

DALILA DE FÁTIMA FERREIRA

**ATRASSO NA MATURAÇÃO DA PLUMAGEM EM *SPOROPHILA*
(AVES: THRAUPIDAE)**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Manejo e Conservação de Ecossistemas Naturais e Agrários, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

FLORESTAL
MINAS GERAIS-BRASIL
2019

Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca da Universidade Federal de Viçosa - Câmpus Florestal

T

F383a
2019
Ferreira, Dalila de Fátima, 1994-
Atraso na maturação da plumagem : em *Sporophila* (Aves: Thraupidae) / Dalila de Fátima Ferreira. – Florestal, MG, 2019. vii, 32 f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Orientador: Leonardo Esteves Lopes.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa
Campus Florestal.

Referências bibliográficas: ref 28-32.

1. Aves. 2. Plumas. 3. Aves - reprodução. I. Universidade Federal de Viçosa Campus Florestal. Instituto de Ciências Biológicas e da Saúde. Mestrado em Manejo e Conservação de Ecossistemas Naturais e Agrários. II. Título.

CDD 23 598.875


DALILA DE FÁTIMA FERREIRA

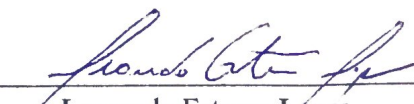
**ATRASO NA MATURAÇÃO DA PLUMAGEM EM *SPOROPHILA* (AVES:
THRAUPIDAE)**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Manejo e Conservação de Ecossistemas Naturais e Agrários, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 24 de junho de 2019.


Márcio Reppening


Lilian Mariana Costa


Leonardo Esteves Lopes
(Orientador)

Pergunto coisas ao buriti; e o que ele responde é: a coragem minha. Buriti quer todo azul, e não se aparta de sua água – carece de espelho. Mestre não é quem sempre ensina, mas quem de repente aprende.

João Guimarães Rosa em Grande Sertão: Veredas.

À Emilie Snethlage e todas as mulheres que vieram antes de mim e lutaram para que eu pudesse estar nesse lugar hoje.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente à minha família pelo apoio, paciência e compreensão incondicional, em especial aos meus pais (Adão e Arlete) e aos meus irmãos (Raul, Lorena, Andréia, Andresa e Luana): vocês são a minha motivação.

À todos que me auxiliaram durante os trabalhos de campo exaustivos, porém sempre animados e muitas vezes também frustrantes: Alexa, Alexia, Ana, Bárbara, Gabriela, Gustavo, Luana, Mayra, Lívia, Vinícius, Mayllin, Lucas, Sarah, Tessa, Robert, Yvonne, Mellindy e a todos os que me auxiliaram de alguma forma. A todos os meus amigos, que sempre estiveram comigo me amparando nessa caminhada.

Aos meus orientadores. Ao Leonardo por ter em 2014 me aberto às portas do laboratório e por me dar de presente o início desse estudo, ao Filipe por nos oferecer a parceria e o apoio da Wageningen University & Research, apoio este que possibilitou a mim e a todo o laboratório inúmeras vivências enriquecedoras e o sonho de fazer ciência de alto nível.

Agradeço ao ICMBio (23439-1), CEUA-UFV e ao CAF pelas autorizações para a realização deste estudo. A FAPEMIG pela concessão da bolsa de mestrado. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001. Aos membros da banca examinadora, Márcio Repenning e Lílian Mariana Costa, por terem aceitado o convite e contribuído com o presente trabalho. Luiza Figueira e Pedro Martins auxiliaram na identificação dos padrões de muda e plumagem em *Sporophila lineola*.

SUMÁRIO

RESUMO	vi
ABSTRACT	vii
INTRODUÇÃO	1
MATERIAIS E MÉTODOS	2
Área de estudo.....	2
Revisão bibliográfica	3
Espécie estudada.....	3
Captura e marcação dos indivíduos.....	4
Descrição da plumagem e caracteres morfométricos	5
Monitoramento dos ninhos	6
Ciência cidadã	6
RESULTADOS	6
Indivíduos anilhados no ninho e reavistados/recapturados.....	6
Indivíduos anilhados fora do ninho e recapturados/reavistados	7
Hipótese sobre a estratégia de muda.....	9
Padrão de coloração da plumagem.....	16
Caracteres morfométricos	17
Produtividade dos machos e plumagem	18
DISCUSSÃO	20
CONCLUSÕES	27
REFERÊNCIAS	28

RESUMO

FERREIRA, Dalila de Fátima, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, junho de 2019. **Atraso na maturação da plumagem em *Sporophila* (Aves:Thraupidae)**. Orientador: Leonardo Esteves Lopes. Coorientador: Filipe Cristovão Ribeiro da Cunha.

O atraso na maturação da plumagem ocorre em espécies de aves que adquirem a plumagem adulta após sua primeira estação reprodutiva potencial. Este fenômeno, bem conhecido na região temperada, ainda é mal compreendido nos trópicos. O gênero *Sporophila* abriga 38 espécies de pequenos Passeriformes com marcado dicromatismo sexual. Nesse estudo investigamos o atraso na maturação da plumagem no gênero *Sporophila*, com foco especial em *S. lineola* (bigodinho). Esta é uma espécie sexualmente dicromática em que machos na primeira estação reprodutiva exibem plumagem semelhante à da fêmea. Para isso foi realizada uma revisão detalhada da literatura e dados do monitoramento durante cinco estações reprodutivas de uma população marcada da espécie foco. Esse estudo é parte do Projeto Bigodinho (*Lined Seedeater Project*) sediado no Campus da Universidade Federal de Viçosa em Florestal, Minas Gerais. Foram encontradas evidências na literatura de atraso na maturação da plumagem em pelo menos doze espécies de *Sporophila*. Na população monitorada foram registrados machos do primeiro ciclo reproduzindo, cantando e defendendo territórios em todas as cinco estações reprodutivas amostradas. Machos no primeiro ciclo e fêmeas de *S. lineola* apresentam diferenças sutis na coloração que merecem uma melhor investigação futura. As análises morfométricas demonstram diferenças no comprimento da cauda, bico e altura do bico entre machos de diferentes plumagens. A estratégia de muda dos *Sporophila* é a Complexa Alternada, com os indivíduos reproduzindo na primeira estação reprodutiva em sua primeira plumagem formativa ou alternada. Dois padrões dessa primeira plumagem alternada plumagem são exibidos dentro do gênero, plumagem parda similar à da fêmea/juvenil, como em *S. lineola*, ou plumagem semelhante à adulta, mas variegada ou de coloração pálida. A plumagem adulta pode ser atingida no segundo ciclo, como em *S. lineola*, ou demorar três ou mais ciclos. As descrições aqui apresentadas, demonstram um avanço no entendimento das estratégias de muda para a espécie alvo e fornece a base para futuros estudos que testem hipóteses evolutivas e ecológicas.

ABSTRACT

FERREIRA, Dalila de Fátima, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, June, 2019. **Delay in plumage maturation in *Sporophila* (Aves:Thraupidae)**. Advisor: Leonardo Esteves Lopes. Co-advisor: Filipe Cristovão Ribeiro da Cunha.

Delay in plumage maturation occurs in bird species that acquire adult plumage only after their first potential breeding period. This phenomenon, well known in temperate regions, is still poorly studied in the tropics. The genus *Sporophila* includes 38 species of small passerines with marked sexual dichromatism. In this study we investigated the delay in plumage maturation in the genus *Sporophila*, with *Sporophila lineola* (Lined seedeater) as a study model. This is a sexually dichromatic species in which subadult males exhibit plumage similar to that of female. For that we performed a thorough literature review and used data from a monitoring of a marked population of the target species along five breeding seasons. This study is part of the *Projeto Bigodinho* (Lined Seedeater Project), which is based at the Campus Florestal of the Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais. The literature review showed evidence that the delay in plumage maturation occurs in at least twelve species of *Sporophila*. In the monitored population we recorded males in the first cycle reproducing, singing and defending territories in all five breeding seasons sampled. Males in the first cycle and females of *S. lineola* have subtle differences in colour that deserve further investigation. Morphometric analyses revealed differences in tail length, bill length, and bill depth between males in different plumage. The moult strategy exhibited by members of *Sporophila* is the Alternate Complex, in which individuals reproduce in the first year in their first formative or alternate plumage. Two patterns of the alternate plumage are exhibited within the genus, brownish plumage similar to that of the female/juvenile, as in *S. lineola*, or plumage similar to that the adults, but variegated or pale coloured. Adult plumage is acquired in the second cycle, as in *S. lineola*, or can take three or more cycles. The descriptions presented here advance the understanding of the moult strategies for the study species and provide the basis for future studies that test evolutionary and ecological hypotheses.

INTRODUÇÃO

Aves usualmente adquirem a plumagem adulta completa ao final do primeiro ciclo de muda (Beauchamp 2003). Entretanto, muitas espécies adquirem tal plumagem apenas após o seu primeiro período reprodutivo potencial, apresentando um atraso na maturação da plumagem (Lyon e Montgomerie 1986, Hawkins et al. 2012). Nessas espécies a plumagem adulta é alcançada após dois ou mais ciclos, como ocorre, por exemplo, nos Pipridae *Chiroxiphia lanceolata* (Duval 2005) e *C. caudata* (Mallet-Rodrigues e Dutra 2012).

Em espécies com atraso na maturação da plumagem, subadultos de um ou ambos os sexos têm um padrão de plumagem diferente daquele de adultos do mesmo sexo, com pouca ou nenhuma sobreposição na expressão de cor (Hawkins et al. 2012). Essa estratégia não implica necessariamente que a ave irá abdicar de reproduzir no seu primeiro ano de vida, pois o atraso na maturação da plumagem não necessariamente vem acompanhado do atraso na maturação das gônadas (Hawkins et al. 2012). Assim, aves podem se reproduzir quando circunstâncias favoráveis surgirem, mesmo que ainda não tenham atingido a plumagem adulta (Hawkins et al. 2012).

Como proposto por Johnson e Wolfe (2017), este trabalho adotou o termo plumagem "adulta" em vez de "definitiva" para se referir ao grau de maturação da plumagem. É importante enfatizar que o termo "adulto" não se refere necessariamente à maturidade reprodutiva, a qual pode ocorrer na plumagem formativa (FCF), primeira alternada (FCA), segunda básica (SCB) e segunda alternada (SCA), entre outras, dependendo da espécie ou indivíduo. Para indivíduos que ainda não atingiram a maturação da plumagem foi adotado o termo "subadulto" (Hawkins et al. 2012), que é um termo genérico e que também não se refere a uma plumagem específica dentro do moderno sistema WRP de classificação de idade de aves (Humphrey e Parkes 1959, Wolfe et al. 2010, Johnson e Wolfe 2017). Portanto, o termo "subadulto" pode indicar diferentes códigos de acordo com a estratégia de muda adotada, tais como FCF, FCA e SCB, entre outras (Johnson e Wolfe 2017)

Rohwer et al. (1980) registraram atraso na maturação da plumagem para mais de um quarto dos machos das espécies de Passeriformes Norte Americanos com forte ou moderado dicromatismo sexual. Os machos de tais espécies geralmente apresentam durante o primeiro período reprodutivo potencial plumagem semelhante

à das fêmeas adultas. Tal fenômeno é comum nos representantes do gênero *Sporophila* (Thraupidae), para os quais existem diversos registros de machos reproduzindo sem que tivessem atingido a plumagem adulta (Meyer de Schauensee 1952, Skutch 1954, Areta 2009, Oliveira et al. 2010, Franz e Fontana 2013, Ferreira e Lopes 2017).

O gênero *Sporophila* abriga 38 espécies de pequenos Passeriformes granívoros, geralmente associados a ambientes abertos (Remsen et al. 2019). Os machos adultos apresentam padrões bem marcados na plumagem, que geralmente assume diferentes tons de cinza, marrom, branco e preto. Já as fêmeas e machos subadultos são pardacentos ou, no caso dos machos, podem também apresentar uma plumagem semelhante à adulta, contudo menos colorida e com padrões não tão marcados (Armani 1985, Stiles e Skutch 1989, Sick 1997). Diante dessa perspectiva, os representantes de *Sporophila* constituem um ótimo modelo para o estudo do atraso na maturação da plumagem entre espécies tropicais socialmente monogâmicas.

O presente trabalho objetivou realizar uma revisão de literatura sobre o atraso na maturação da plumagem no gênero *Sporophila*, buscando compreender as estratégias de muda e o tempo requerido para a aquisição da plumagem adulta. Como estudo de caso, através do monitoramento de longo prazo de uma população reprodutiva marcada com anilhas coloridas, foi investigado o provável atraso na maturação da plumagem em *Sporophila lineola*, bigodinho, uma espécie migratória que se reproduz no sudeste do Brasil (Ferreira e Lopes 2017). Para a espécie foco objetivou-se determinar o tempo necessário para a aquisição da plumagem adulta pelos machos e descrever a estratégia de mudas dentro do sistema WRP. Para auxiliar no processo foram também utilizados registros fotográficos oriundos de plataformas de ciência cidadã. Para a população monitorada, visto que machos subadultos se assemelham fortemente às fêmeas de *S. lineola*, foi investigada a existência de diferenças diagnósticas entre a coloração da plumagem dos sexos, e por fim, a existência de eventuais diferenças morfométricas e na produtividade de machos exibindo diferentes plumagens.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo

O presente estudo foi desenvolvido no Campus Florestal da Universidade

Federal de Viçosa (doravante CAF, centrado em 19°52'51''S e 44°24'49''W, 750 m alt.) no município de Florestal, Minas Gerais. A região está localizada em uma zona de transição entre o Cerrado e a Mata Atlântica (IBGE, 2004). Segundo Alvares et al. (2014) a área de estudo se encontra na zona úmida subtropical, sendo o clima classificado como Cwa onde o inverno é seco e ameno (estação seca de abril a setembro) e o verão é úmido e quente (estação chuvosa de outubro a março). A precipitação anual média é de ~1.450 mm e a temperatura anual média é de ~20,0 °C (Lopes e Marçal 2016).

O CAF possui uma área de ~1500 ha recobertos predominantemente por fragmentos de floresta semidecídua secundária e diferentes tipos de áreas abertas antropizadas (Lopes e Marçal 2016). As áreas abertas, hábitat da espécie, compreendem pastagens artificiais dominadas por gramíneas exóticas, áreas cultivadas ativas e abandonadas, jardins e gramados que rodeiam as construções do *campus*, além de pequenas represas (Ferreira e Lopes 2017).

Revisão bibliográfica

Utilizou-se o motor de busca Google Scholar (<https://scholar.google.com.br/>) para buscar por descrições da sequência de mudas e plumagem nas espécies do gênero *Sporophila*. Para isso foram utilizadas as seguintes palavras chaves em português e suas equivalentes em inglês: “muda”, “ciclo de mudas”, “plumagem”, “*Sporophila*”, “atraso na maturação da plumagem”. Também foram consultados alguns dos principais guias de campo e livros sobre a avifauna Neotropical, totalizando aproximadamente 30 volumes.

Espécie estudada

Sporophila lineola é uma espécie migratória comum nas áreas abertas da América do Sul (Ridgely e Tudor 2009). A população que se reproduz no sudeste do Brasil aparentemente migra através do Brasil-central até o local de invernada, que corresponde ao centro e oeste da Amazônia (Silva 1995, D'Angelo Neto e Vasconcelos 2007, Areta e Almirón 2009, Ferreira e Lopes 2017).

Sporophila lineola é uma espécie socialmente monogâmica com marcado dimorfismo sexual, sendo as fêmeas pardas e os machos de coloração branca e preta (Sick 1997, Ridgely e Tudor 2009). A fêmea em comparação às outras congêneres apresenta mandíbula amarela clara, sendo esta a principal característica diagnóstica

(Sick 1997). Machos em plumagem parda, similar à das fêmeas, são comumente observados defendendo territórios, pareados e reproduzindo com sucesso (Oliveira et al. 2010, Ferreira e Lopes 2017).

A distinção em campo entre machos pardos e fêmeas com base na plumagem é impraticável (Figura 1), sendo apenas possível distingui-los quando capturados (apenas a fêmea apresenta placa de incubação) ou pelo comportamento em campo (apenas o macho canta, ao passo que apenas a fêmea constrói o ninho e incuba) (Marcondes-Machado 1997, Oliveira et al. 2010, Ferreira e Lopes 2017). Ambos os sexos alimentam os ninhegos (Marcondes-Machado 1997, Oliveira et al. 2010, Ferreira e Lopes 2017).

O período reprodutivo da espécie na área de estudo se estende de dezembro a abril (Ferreira e Lopes 2017). O tamanho médio da ninhada é de 2,4 ovos, que são incubados em média por 11 dias, sendo que os ninhegos permanecem em média 10 dias no ninho após a eclosão (Ferreira e Lopes 2017). Os casais realizam mais de uma tentativa reprodutiva por estação, mesmo que tenham obtido sucesso em tentativas anteriores (Ferreira e Lopes 2017).



Figura 1. Comparação entre a coloração da plumagem de uma fêmea de *Sporophila lineola* em plumagem adulta DCA (esquerda) e um macho em sua primeira plumagem alternada FCA (direita). Indivíduos fotografados em 08 de fevereiro de 2019 e 12 de março de 2019, respectivamente, em Florestal, Minas Gerais.

Captura e marcação dos indivíduos

A captura e marcação dos indivíduos teve início em dezembro de 2014,

(Ferreira e Lopes 2017). Desde então, os estudos prosseguiram anualmente até o final da estação reprodutiva de 2018–19, totalizando cinco estações reprodutivas de monitoramento. A captura e marcação de indivíduos ocorreu em todas as estações, com exceção da estação reprodutiva de 2016–17. Os indivíduos foram capturados com redes de neblina, as quais foram posicionadas nas proximidades dos ninhos/territórios visando o anilhamento dos casais. Para a atração dos machos comumente recorreu-se ao playback. Os indivíduos anilhados receberam uma anilha metálica numerada e uma combinação única de anilhas coloridas (Figura 1). Sempre que possível os ninhos foram anilhados da mesma forma descrita acima, geralmente entre o quinto e, no máximo, o sétimo dia de vida, de modo a não promover ou provocar uma saída prematura do ninho.

Os indivíduos capturados nas duas últimas estações (2017–18 e 2018–19) foram fotografados (corpo inteiro, asas abertas e cauda) e posteriormente enquadrados, sempre que possível, dentro do sistema WRP (Wolfe et al. 2010, Johnson e Wolfe 2017). As características da plumagem dos indivíduos anilhados enquanto ainda ninhos e depois recapturados em estações subsequentes também foram utilizadas como fonte adicional de informação.

Descrição da plumagem e caracteres morfométricos

Todos os indivíduos anilhados foram medidos segundo as recomendações de Eck et al. (2011). Com o auxílio de um paquímetro de precisão de 0,1mm foi aferido de cada indivíduo o comprimento do tarso direito (Tar1), a altura do bico (Bd2) e o comprimento do bico (BNdist). Também foi aferido o comprimento da asa direita (Wmax) e da cauda (T1) com uma régua de precisão de 0,5mm. A massa (Wt) dos indivíduos foi medida com uma balança de precisão de 0,1g.

Eventuais diferenças entre as médias dos caracteres morfométricos de machos subadultos e adultos foram investigadas usando o teste *t*-Student, empregando o Programa R (R Core Team 2018) para conduzir as análises e o pacote ggplot2 para a construção dos gráficos.

A descrição detalhada da coloração da plumagem de alguns machos subadultos e fêmeas capturados em rede foi realizada na estação de 2018–2019, seguindo os nomes e as notações de cores do catálogo de Munsell (2000).

Monitoramento dos ninhos

A busca por ninhos ocorreu através da observação dos adultos até a constatação de alguma evidência de atividade reprodutiva. Como já descrito por Marcondes-Machado (1997) e Ferreira e Lopes (2017), os machos de *S. lineola* geralmente cantam próximos ao ninho, o que também auxiliou no direcionamento das buscas. Os ninhos foram monitorados sistematicamente em intervalos de 2–5 dias até sua inatividade. Para cada ninho monitorado foram registrados a cor da plumagem do macho (subadulta ou adulta) e o número de ninhegos que deixaram o ninho. Um ninho foi considerado bem-sucedido quando pelo menos um ninhego conseguiu deixá-lo após o tempo mínimo de 10 dias.

Ciência cidadã

Para complementar as observações de campo, procurou-se por registros aparentes de muda da espécie foco na plataforma de ciência cidadã Wikiaves (<http://www.wikiaves.com>). Todas as pesquisas on-line foram realizadas em maio de 2019, sendo selecionadas apenas fotografias de boa qualidade e que mostrassem o estado das penas de voo e do corpo, permitindo estimar a idade dos indivíduos com base no sistema WRP.

RESULTADOS

Foram anilhados, durante as cinco estações de monitoramento, 97 fêmeas, 130 machos, 15 indivíduos de sexo indeterminado e 117 ninhegos (*fledglings*) de ninhos bem sucedidos. Uma vez que a espécie apresenta filopatria natal e reprodutiva (dados não publicados), muitos desses indivíduos foram reavistados ou recapturados em uma ou mais estações reprodutivas subsequentes, permitindo o entendimento do ciclo de mudas de *S. lineola*.

Indivíduos anilhados no ninho e reavistados/recapturados

Apenas dois ninhegos (2,7%, n=2/73) marcados no ninho foram registrados na área de estudo em uma estação subsequente; os dois pertenciam a diferentes ninhos. Ambos os ninhegos, uma fêmea e um macho anilhados em 2017–18, foram observados em 2018–19 já reproduzindo. A fêmea não foi recapturada, não sendo possível descrever sua plumagem. O macho apresentava a plumagem inteiramente

parda, sem traços da plumagem adulta, sendo identificado um contraste entre o desgaste principalmente nas penas terciárias, retrizes, grandes coberteiras da asa e algumas penas do corpo com a plumagem mais fresca na cabeça e nas pequenas e médias coberteiras da asa (Figura 2), sugerindo um limite de mudas.



Figura 2. Ninhego anilhado em 16 de janeiro de 18 (esquerda superior) com 10 dias de idade e recapturado em 2 de janeiro de 2019 (direita superior e duas inferiores) com um ano de idade, quando foi registrado reproduzindo, em Florestal, Minas Gerais.

Indivíduos anilhados fora do ninho e recapturados/reavistados

As observações descritas nessa seção são baseadas em sua quase totalidade em dados de recaptura, sendo raros os indivíduos que foram apenas reavistados, o que poderia permitir que detalhes da plumagem passassem despercebidos. Assim sendo, todos os indivíduos subadultos (pardos) não juvenis anilhados nas quatro primeiras estações (n=19) e que retornaram à área de estudo em uma estação

subsequente, retornaram em plumagem adulta (n=6) (Figura 3).

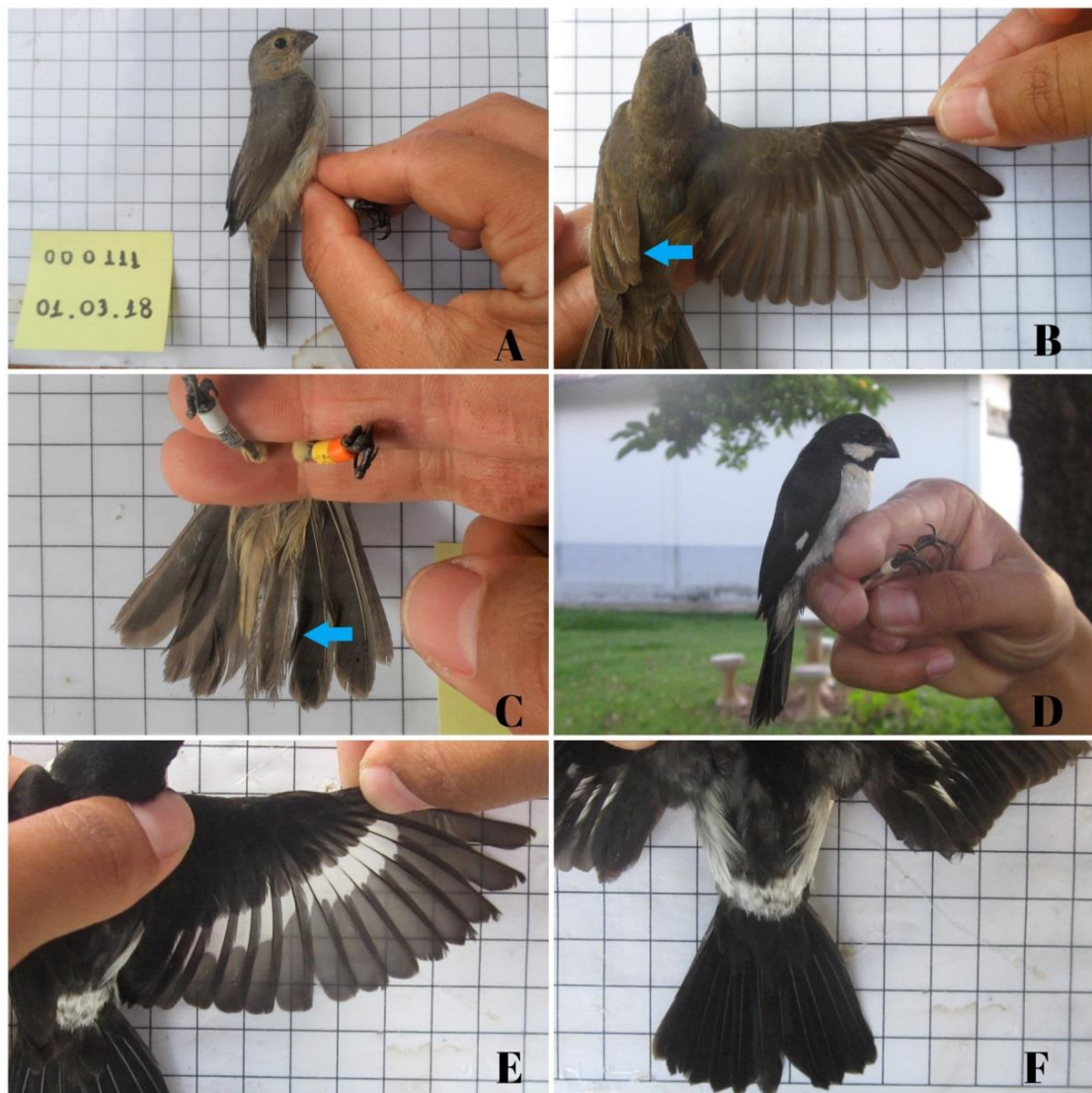


Figura 3. Macho pardo em plumagem formativa FCF (A–C) anilhado em 01 de março de 2018 e recapturado em 25 de fevereiro de 2019 já em plumagem adulta SCA (D–F). Note: Desgaste marcado das terciárias e retrizes centrais (B–C), que são penas retidas da plumagem juvenil (setas). Indivíduo anilhado em Florestal, Minas Gerais.

Um indivíduo subadulto anilhado em 2014–15 retornou na estação seguinte em plumagem adulta ao mesmo território. Em 2017–18 foram anilhados 16 machos subadultos, dos quais cinco atendiam a ninhos naquela estação; desses, três foram reavistados em 2018–19, já na plumagem adulta. Dois machos em plumagem subadulto que defendiam territórios em 2017–18 foram vistos em 2018–19 em plumagem adulta. Nenhum dos indivíduos que retornou em plumagem adulta

apresentou vestígios de penas pardas.

Todos os indivíduos anilhados em plumagem adulta (n=73) nas quatro primeiras estações e que retornaram à área de estudo em uma estação subsequente ao anilhamento (n=27), o fizeram com a plumagem adulta.

Hipótese sobre a estratégia e ciclo de mudas

Com raras exceções, os indivíduos anilhados na área de estudo não apresentavam mudas evidentes, exceção feita aos poucos indivíduos que se encontravam na muda pré-formativa (n=3). Este fato, associado ao comportamento migratório da espécie, que impede o monitoramento dos mesmos indivíduos ao longo de todo um ciclo, dificulta sobremaneira o entendimento das mudas na espécie. Por isso, a hipótese aqui apresentada sobre a estratégia e ciclo de mudas de *S. lineola* ainda necessita ser testada com dados adicionais.

Sabendo dessas limitações, a análise das fotografias dos indivíduos capturados em Florestal, juntamente com as fotografias disponíveis no Wikiaves, sugere que a espécie apresenta uma estratégia Complexa Alternada (*Complex Alternate*) segundo o sistema WRP. O ciclo de mudas e as diferentes plumagens exibidas por *S. lineola* são descritos abaixo em linhas gerais, embora diversos detalhes ainda precisem ser elucidados. Entre parênteses é apresentado o número de indivíduos do acervo fotográfico do Lined Seedeater Project utilizados para a descrição de cada muda/plumagem da espécie. As hipóteses aqui apresentadas são baseadas principalmente na análise dos machos, pois o acervo fotográfico de fêmeas conta com um número muito inferior de indivíduos.

Ainda no ninho os ninhegos realizam a muda pré-juvenil (*Prejuvenile molt – FPJ*), adquirindo a plumagem juvenil (*First cycle juvenile – FCJ*, n=5), com a qual deixam o ninho. Os indivíduos em FCJ podem ser identificados pelas retrizes e rêmiges externas (p7-p9) mais estreitas e pontudas, coberteiras da asa amarronzadas menores e arredondadas em comparação com a plumagem não juvenil. Características adicionais auxiliam na identificação como ventre amarelado contrastando com a garganta em tom marrom escuro, maxila superior escura e inferior tendendo ao amarelo claro (Figura 4). Indivíduos em FCJ são indistinguíveis quanto ao sexo, pois o comportamento ainda não pode ser utilizado como diagnose, visto que os machos ainda não cantam.



Figura 4. Características da plumagem juvenil (FCJ) em *Sporophila lineola*, tendo como base um indivíduo anilhado em 01 de março de 2019 com no máximo 30 dias de idade em Florestal, Minas Gerais. Note as retrizes e rêmiges pontiagudas, as coberteiras menores, mais arredondadas e de coloração marrom clara.

A muda pré-formativa acontece estimamos que dois meses após a saída do ninho (n=4) (*First cycle preformative molt* – FPF), não sendo possível determinar com exatidão a sua extensão, embora ela seja não completa segundo a classificação de Pyle (1997). Nos indivíduos capturados em campo foi observada a substituição de algumas penas do corpo e das grandes e médias coberteiras (Figura 5 superior), resultando em um limite de muda conspícuo, em que as grandes e médias coberteiras apresentam um centro mais escuro e as bordas amarronzadas (Figura 5 inferior) em contraste com as penas juvenis, que são menores e de coloração marrom clara (Figura 4). Em nenhum dos casos foram observadas mudas nas penas de voo. A idade exata dos indivíduos em muda pré-formativa não pôde ser determinada, pois não se tratavam de indivíduos anilhados no ninho. Contudo considerando-se o início do período reprodutivo da espécie na área de estudo (os primeiros ninhegos saem do ninho no início de janeiro) é possível estimar que os indivíduos capturados em FPF deveriam ter entre 40 e 100 dias de idade de acordo com a data de anilhamento (fevereiro, março e abril).



Figura 5. Indivíduos em muda pré-formativa (FPF) anilhados em 01 de março de 2019 e em 12 de abril de 2019 (abaixo), ambos em Florestal, Minas Gerais. Note que as rêmiges e retrizes são retidas da plumagem juvenil (FCJ).

Machos reprodutores de cor parda aparentemente apresentaram duas distintas plumagens (*First cycle formative* – FCF ou *First cycle alternate* – FCA), sendo a aparência entre elas muito similar, não permitindo uma classificação precisa da plumagem dos indivíduos somente com base na observação em campo, sendo necessária a captura. Todos os indivíduos capturados retinham retrizes juvenis, estando, portanto, no seu primeiro ciclo. Aparentemente, machos nascidos ao final da estação reprodutiva (março-abril) retornam de migração na estação subsequente com 9–10 meses de idade, possivelmente ainda na plumagem formativa (*First cycle formative* – FCF, n=6). A plumagem FCF pode ser identificada pelos limites de muda causados pela retenção das retrizes e terciárias juvenis altamente desgastadas,

devido à pior qualidade das penas juvenis em comparação com as penas de adultos (Figura 3 A–C). É importante notar que indivíduos FPF e FCF compartilham o mesmo formato das penas de voo, que são parcialmente retidas da plumagem FCJ (Figura 5), ainda não está claro se algumas das rêmiges primárias e secundárias são substituídas durante a FPF.

Por outro lado, machos nascidos no início da estação reprodutiva retornam de migração na estação subsequente com cerca de 12 meses de idade. Aparentemente estes machos (n=5) foram registrados na estação subsequente exibindo uma plumagem mais fresca e brilhante no corpo e nas pequenas e médias coberteiras em comparação com as penas de voo e outras penas do corpo. Tais características são sugestivas de que esses machos estejam exibindo sua primeira plumagem alternada (Figura 2) (*First cycle alternate* – FCA).

Com base nos dados de recaptura e reavistamento, a plumagem adulta (preta e branca) dos machos é atingida durante o segundo ciclo, embora ainda não esteja claro se ela é atingida através da segunda muda pré-básica (*Second prebasic molt* – SPB) ou da segunda muda pré-alternada (*Second prealternate molt* – SPA). Um único indivíduo com plumagem variegada de preto e pardo, mas sem sinal de mudas, foi capturado em 07 de dezembro de 2017 (Figura 6). Tal plumagem era formada por penas de contorno, médias e pequenas coberteiras escuras com bordas marrons, sendo as penas de voo, grandes coberteiras e coberteiras das primárias quase que completamente pretas. Duas hipóteses podem ser levantadas para explicar a natureza da plumagem desse indivíduo variegado (Figura 8). A: a plumagem variegada seria uma anomalia, podendo estar restrita a alguns poucos indivíduos ou mesmo ser um caso de muda suspensa (algumas das médias coberteiras aparentemente eram marrom uniformes). B: a plumagem variegada seria uma etapa normal do ciclo de mudas da espécie acontecendo usualmente nos locais de invernada, não sendo por isso observada frequentemente na área de estudo. Caso essa hipótese seja correta, esse indivíduo variegado por algum motivo não teria realizado a segunda muda alternada (*Second prealternate molt* – SPA).

Do final do segundo ciclo em diante, machos adultos não alteram de maneira significativa a sua aparência, não sendo mais possível determinar a sua idade após o segundo ano. Os machos na plumagem adulta e sem histórico de anilhamento, portanto, devem ser classificados na plumagem alternada definitiva (*Definitive cycle alternate* – DCA, n= 30). A mesma estratégia de mudas parece ser adotada pelas

fêmeas, que, no entanto, apresentam uma grande semelhança de coloração em todas as suas diferentes plumagens (Figura 7).



Figura 6. Macho anilhado em plumagem variegada de preto e pardo (possivelmente SCB) em 07 de dezembro de 2017 em Florestal, Minas Gerais. Note: As penas de borda marrom estão restritas às coberteiras da asa, alulas e penas do corpo.

A análise das cerca de 6500 fotografias disponíveis no Wikiaves resultou em poucos registros que pudessem auxiliar no entendimento da estratégia e ciclo de mudas de *S. lineola*. Evidências de mudas foram raras e inconclusivas para indivíduos totalmente pardos (FPF e FPA, ou, no caso de fêmeas, também DPB e DPA) ou machos adultos (DPB e DPA) fotografados em condições de campo, obviamente pela dificuldade de se identificar diferenças na aparência de penas de mesma coloração. Os poucos registros identificados (Tabela 1) são quase todos de indivíduos em transição da plumagem parda para a preta ou de indivíduos com plumagem variegada, obviamente pela facilidade de identificar mudas e/ou limites de mudas devido às diferenças de coloração das penas (Tabela 1).

A exemplo, WA2908708 e WA2107986 indicam indivíduos em SPB, fato evidenciado não apenas pelas diferenças de coloração, mas também pelo desgaste das penas pardas em contraste com as penas pretas. No primeiro é observado o início da substituição de algumas das primárias (p1–p4?) e no segundo pelas terciárias, padrões típicos de início das mudas básicas (Pyle 1997). Os registros aqui identificados não permitiram estabelecer claros padrões temporais e geográficos de

ocorrência das mudas.



Figura 7. Fêmea em plumagem alternada definitiva (DCA) (superior) anilhada em 18 de janeiro de 2019 e macho em plumagem alternada definitiva (DCA) (inferior) anilhado em 12 de janeiro de 2018. Note: o aspecto brilhante e fresco das penas de corpo e pequenas coberteiras em contraste com as penas de voo e o formato truncado das retrizes e rêmiges. Indivíduos anilhados em Florestal, Minas Gerais.

Tabela 1. Registros de machos de *Sporophila lineola* com aspectos da plumagem que aparentemente representam muda ou transição para a plumagem adulta e sua possível classificação segundo o sistema WRP. Todos os registros foram feitos no Brasil e obtidos na plataforma WikiAves (<https://www.wikiaves.com>). De todos os registros encontrados, 35 foram descartados por não atenderem as exigências mínimas (confiável identificação, boa qualidade e mostrarem o estado das penas de voo e do corpo).

WA	Dia	Mês	Ano	Município	Estado	Região	WRP
1203383	3	Jan	2014	Campo Grande	MS	S	SCB
2424063	5	Jan	2017	Atibaia	SP	SE	SPB
2450988	5	Jan	2017	São Sebastião	SP	SE	SPB
1348945	10	Fev	2004	Camaçari	BA	NE	SCB
915815	23	Mar	2013	Maringá	PR	S	SCB
2908708	10	Mar	2018	Salesópolis	SP	SE	SPB
2937993	22	Mar	2018	Cananéia	SP	SE	DPB/DPA
3335339	20	Abr	2019	Anastácio	MS	CO	SPB
2107986	26	Abr	2016	Uberaba	MG	SE	SPB
3327170	7	Abr	2019	Unaí	MG	SE	SPB
934716	13	Abr	2013	Paramcabi	RJ	SE	SCB
3325800	2	Abr	2019	Garuva	SC	S	DPB/DPA
1300007	14	Abr	2014	Itapira	SP	SE	SPB
2094855	9	Abr	2016	Iporanga	SP	SE	DPB/DPA
333961	20	Abr	2011	Cananéia	SP	SE	SPB
2107618	1	Mai	2016	Itumbiara	GO	CO	SCB
2060959	17	Mai	2015	Timbó	SC	S	SPB
2173213	26	Jun	2016	Juazeiro	BA	NE	SPB
98418	11	Ago	2018	Nova Friburgo	RJ	SE	SPB
2674464	27	Ago	2017	Boa Vista	RR	N	?
2699871	10	Set	2015	Teresina	PI	NE	SPB
523788	27	Nov	2011	Irاندوبا	AM	N	SCB
1551955	16	Dez	2014	Batayporã	MS	CO	SCB
2629134	20	Dez	2016	Cajati	SP	SE	SPB
3244861	2	Dez	2018	Guaraminga	CE	NE	SPB

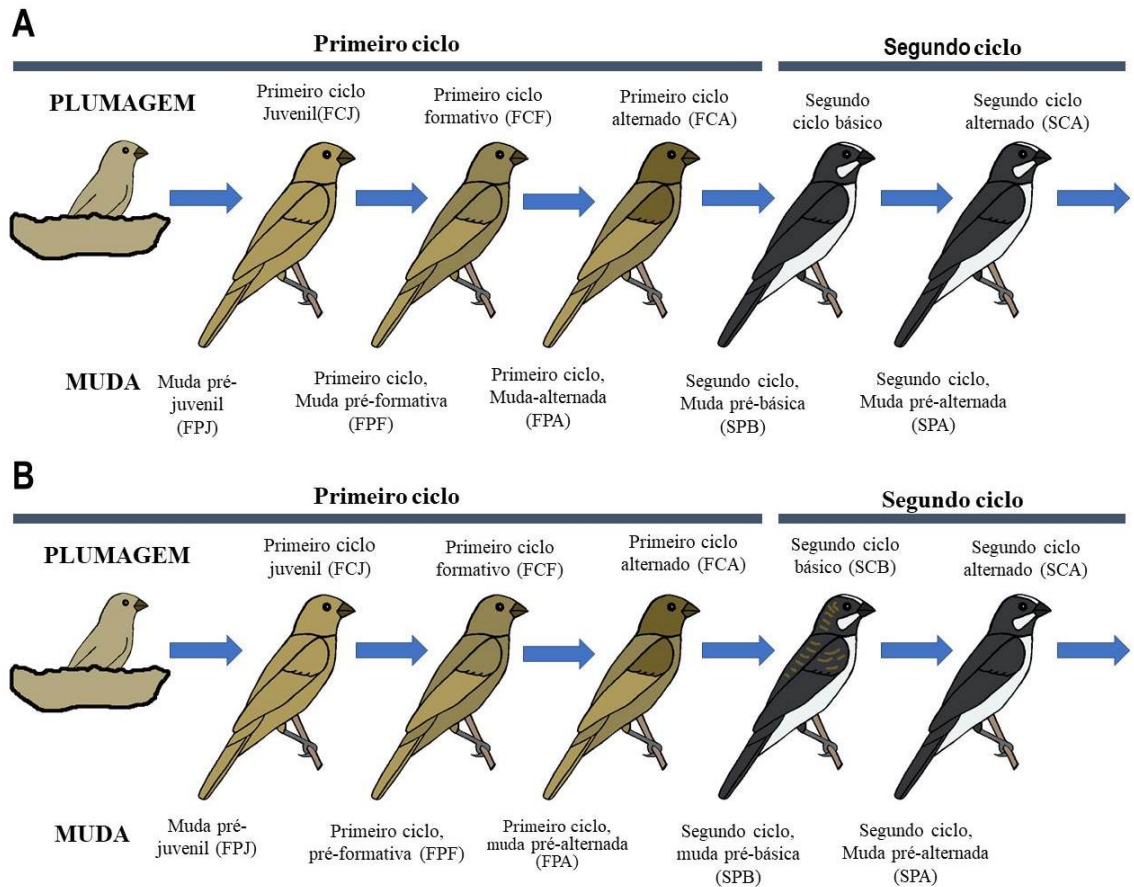


Figura 8. Hipóteses sobre a estratégia e ciclo de mudas adotado por *Sporophila lineola*. Nos indivíduos pardos, cores distintas representam gerações de penas distintas, não necessariamente indicando diferenças reais de coloração. A extensão de cada muda aqui indicada não se encontra ainda completamente elucidada. A espécie provavelmente apresenta uma estratégia complexa alternada, atingindo a plumagem adulta durante o segundo ciclo, o que pode ser dar após a segunda muda pré-básica (A) ou após a pré-alternada (B). A possibilidade de existir variação individual ou mesmo interpopulacional na estratégia adotada não pode ser descartada com base nos dados disponíveis. Esquema baseado nos dados de campo e de ciência cidadã.

Padrão de coloração da plumagem

Três fêmeas e um macho pardo tiveram a sua coloração da plumagem analisado e descrita. O nome e o código de cores (entre parênteses) são apresentados de acordo com Munsell (2000). De um modo geral, a coloração da plumagem de ambos os sexos é muito semelhante, porém o macho apresentou um padrão geral de cor ligeiramente mais pálido na garganta e flanco, apresentando as coberteiras da asa

mais amareladas. As fêmeas apresentaram mento e garganta variando entre amarelo-claro (5Y8/4) ou amarelo (5Y 8/6), sendo no macho o mento amarelo (5Y8/8) e a garganta amarelo-clara (5Y8/4). Fêmeas e macho apresentaram peito amarelo-claro (variando entre 5Y8/4 e 5Y8/3), porém diferindo na coloração do flanco, com o macho apresentando um padrão cinza e oliva (5Y6/1- 5Y5/4) e as fêmeas um padrão amarelo-claro (5Y8/4-5Y7/4). O ventre das fêmeas variou entre amarelo-claro (5Y8/4 e 5Y8/2) e branco (5Y8/1), sendo no macho uma mistura entre branco e amarelo (5Y8/1 e 5Y8/6). As coberteiras superiores da cauda nas fêmeas apresentaram coloração entre oliva e amarelo (5Y4/3, 5Y 4/4-5Y8/6), sendo as coberteiras inferiores oliva ou amarelo-claro (5Y4/4, 5Y8/3). As coberteiras superiores da cauda no macho são amarelo-claras e inferiores amarelas (5Y8/6). As retrizes nas fêmeas variaram entre preto (5Y 2.5/2), oliva escuro (5Y3/2) e marrom escuro (2.5Y3/2), sendo esta última a mesma cor encontrada também no macho. As primárias e secundárias de todos apresentaram coloração marrom acinzentado escuro (2.5Y3/2), apenas uma fêmea mostrou outro padrão de cor, oliva acinzentado escuro (5Y3/2). Nas fêmeas as coberteiras das asas, variaram entre preto (5Y3/2), oliva acinzentado escuro (5Y2.5/2) e marrom acinzentado escuro (2.5Y3/2), sendo esta última descrita para o macho. As escapulares e o píleo de todos os indivíduos mostraram o mesmo padrão de cor oliva (5Y4/4-5Y4/3). A região malar nas fêmeas variou entre amarelo-oliva e oliva-claro (5Y6/4, 5Y6/6) e no macho amarelo (5Y8/8). O bico mostrou-se semelhante entre os sexos e, com uma única exceção, as fêmeas e o macho possuíam a maxila superior escura, variando entre oliva acinzentado escuro (5Y3/2) e preto (5Y 2.5/2), e a inferior entre amarelo e amarelo-claro (5Y8/4, 5Y8/3, 5Y8/6) sendo no macho a ponta preta (5Y2.5/1). Uma fêmea apresentou o padrão inverso, com maxila superior amarelo-pálida (5Y8/4), e a inferior preta (5Y2.5/2).

Caracteres morfométricos

O comprimento da asa, cauda e tarso apresentaram médias ligeiramente maiores em machos em plumagem adulta em comparação a machos subadultos (FCF e FCA), porém essa diferença só foi significativa para o comprimento da cauda. Por outro lado, o comprimento e largura do bico foram menores em machos em plumagem adulta, sendo essa diferença também significativa. A massa corporal mostrou médias semelhantes entre os machos de diferentes plumagens, sendo as

diferenças não significativas (Figura 9) (Tabela 1).

Tabela 2. Medidas morfométricas de machos em plumagem definitiva e em plumagem não definitiva de *S. lineola* anilhados em Florestal, Minas Gerais, durante as estações reprodutivas 2017–18 e 2018–19. Os valores são apresentados como média \pm desvio padrão, seguidos pelos valores mínimo–máximo. Todas as medidas lineares são apresentadas em mm, a massa corporal em g. Diferenças significativas são destacadas em negrito.

Sexo	DCA (n=64)	FCF ou FCA (n=15)	p-value
Tarso direito	16,1 \pm 0,6 (14,3-17,4)	15,8 \pm 0,8 (14,2-16,8)	0,158
Asa direita	59,7 \pm 1,2 (58,0-62,5)	58,9 \pm 1,5 (55,5-61,0)	0,070
Cauda	46,9 \pm 1,6 (43,0-51,0)	44,5 \pm 1,5 (35 -48,5) [n=14]	0,009
Comp. do bico	6,0 \pm 0,2 (5,5-6,6)	6,2 \pm 0,2 (5,7-6,7)	0,028
Altura do bico	6,1 \pm 0,3 (5,5-6,9)	6,3 \pm 0,3 (5,8-6,8)	0,009
Massa	9,7 \pm 0,4 (8,9-10,5) [n=63]	9,7 \pm 0,6 (8,9-10,5)	0,682

Produtividade dos machos e plumagem

Em todas as estações reprodutivas foram registrados machos subadultos (FCF ou FCA) cantando e defendendo territórios, assim como machos em plumagem adulta (DCA). Foram registrados machos subadultos pareados e com ninhos em todas as estações, totalizando 15,5% dos 278 ninhos monitorados (Figura 10). Dos ninhegos que saíram do ninho, 13,6% pertenciam a ninhos de machos de plumagem FCF ou FCA (Figura 11). Machos em plumagem subadulta produziram em média de 1,6 \pm 0,4 (n=19) ninhegos por ninho bem sucedido, enquanto que machos em plumagem adulta produziram 1,9 \pm 0,6 (n=102) ninhegos. O número de ninhegos bem sucedidos por ninho variou de um a três, sendo que apenas em ninhos de machos em plumagem adulta foram registrados três ninhegos bem sucedidos.

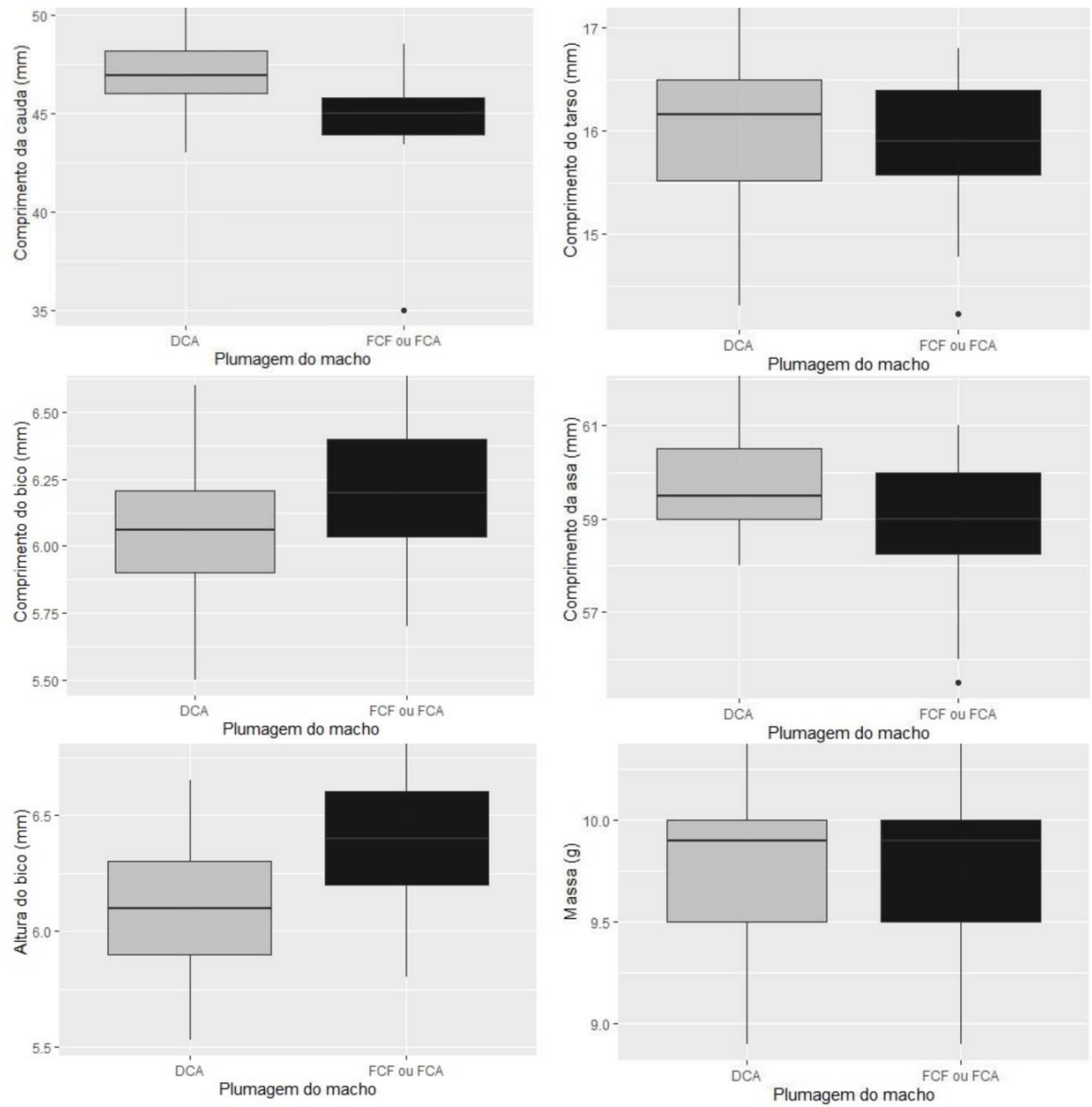


Figura 9. Comparação entre as médias das medidas morfométricas comprimento da cauda, comprimento do bico, altura do bico, comprimento do tarso, comprimento da asa e massa entre machos reprodutores em diferentes plumagens, observados em Florestal, Minas Gerais.

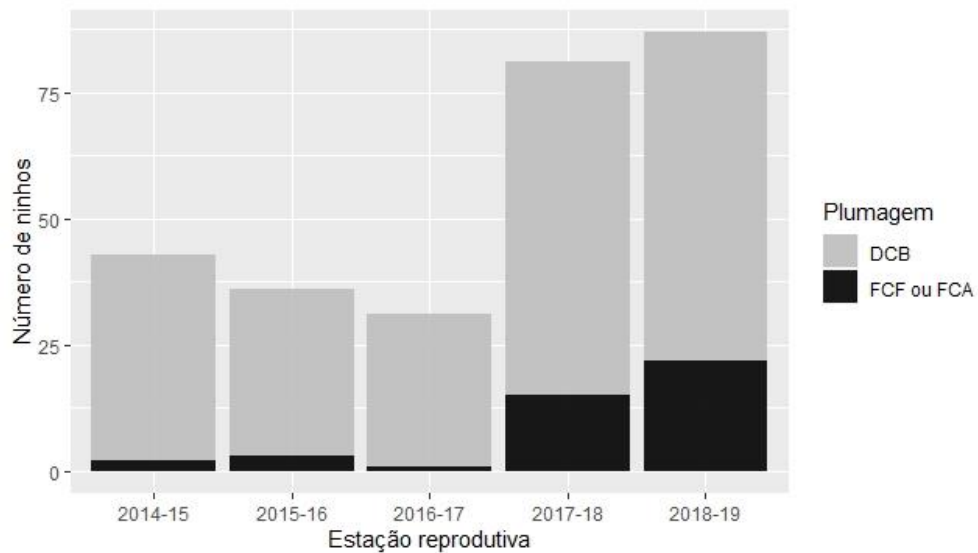


Figura 10. Número de ninhos de *S. lineola* em relação à coloração da plumagem dos machos. Dados obtidos após o monitoramento de cinco estações reprodutivas (2014 a 2019) da espécie em Florestal, Minas Gerais.

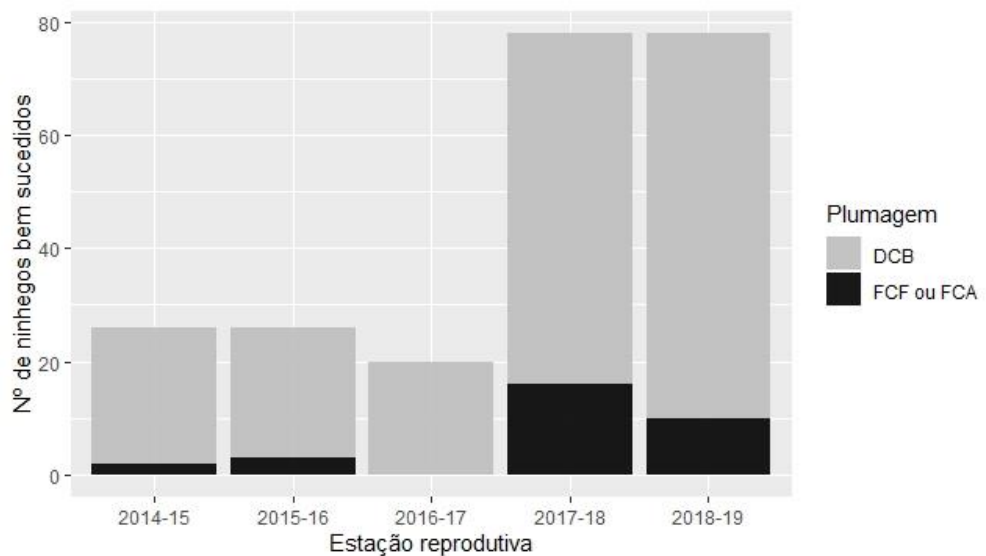


Figura 11. Número de ninhos de *S. lineola* bem-sucedidos por estação reprodutiva em relação à coloração da plumagem dos machos. Dados obtidos após o monitoramento de cinco estações reprodutivas (2014 a 2019) da espécie em Florestal, Minas Gerais.

DISCUSSÃO

A reprodução de machos de *Sporophila* em plumagem subadulta é um fenômeno comum. Os termos originalmente utilizados pelos seguintes autores para

descrever as plumagens estão sendo aqui mantidos, pois eles geralmente não adotaram o sistema WRP, o qual foi desenvolvido apenas recentemente. Meyer de Schauensee (1952) observa que em *Sporophila* provavelmente a plumagem “adulta”, pelo menos para alguns de seus integrantes, não é adquirida antes de um tempo considerável, pois machos de diferentes espécies são capazes de reproduzir em plumagem “imatura”. Aparentemente os machos do gênero em plumagem “juvenil”, com cerca de seis meses de idade, já estão aptos a nidificar (Sick 1967, Armani 1985).

Uma revisão da literatura revelou evidências reprodutivas para pelo menos doze espécies do gênero em plumagem não adulta. Estes registros incluem observações de machos de *S. schistacea*, *S. plumbea*, *S. minuta*, *S. ruficollis*, *S. bouvronides* e *S. beltoni* reproduzindo em plumagem “imatura” (Miller 1932, Meyer de Schauensee 1952, Olson 1968, Armani 1985, Ffrench 1991, Areta 2009, Oliveira et al. 2010, Repenning e Fontana 2012), *S. torqueola* em plumagem “transicional” (Skutch 1954) e *S. bouvronides* em “plumagem de fêmea” (Hilty 2002). Também existem relatos de machos em condições reprodutivas (gônadas desenvolvidas) de *S. pileata* em plumagem “feminina” (Belton 1985), *S. bouvreuil* em plumagem “subadulta” (Machado e Silveira 2011), *S. palustris* em plumagem “indistinta da fêmea” (Areta 2009), *S. minuta* em plumagem “juvenil” (Haverschmidt 1968), *S. corvina* em plumagem “transicional” (Olson 1968), *S. schistacea* em plumagem “imatura” (Junge e Mees 1961) e *S. angolensis* em plumagem “marrom” (Wetmore et al. 1984) e “juvenil” (Haverschmidt 1968).

Estudos prévios com *S. lineola* relatam machos reproduzindo em plumagem “imatura” (Meyer de Schauensee 1952, Oliveira et al. 2010). Armani (1985) afirma que os machos “jovens” de *S. lineola*, aparentemente em cativeiro, cantam rapidamente por volta dos dois ou três meses de idade e muitas vezes acasalam já no final do primeiro ano, ainda com sua aparência parda. Na área de estudo já haviam sido registrados ninhos pertencentes a machos em plumagem similar à plumagem de fêmea, os quais foram classificados anteriormente como “primeira plumagem básica” (Ferreira e Lopes 2017). Em *S. hypoxantha* machos em plumagem “feminina” (3%, n =140) são vistos apenas defendendo territórios, sendo considerados “machos satélites” (Franz e Fontana 2013).

Para algumas congêneres que apresentam estudos detalhados de sua biologia reprodutiva, casos de machos reproduzindo em plumagem subadulta ainda não foram

relatados. Estas espécies incluem *S. caerulescens* (Francisco 2006), *S. nigricollis* (Alderton 1961), *S. melanogaster* (Rovedder e Fontana 2012) e *S. iberaensis* (Turbek et al. 2019). Embora a reprodução de machos de *Sporophila* em plumagem subadulta seja comum e recorrente, tendo sido registrada por diversos estudos, a falta de utilização de uma nomenclatura padronizada como o sistema WRP dificulta sobremaneira o entendimento do fenômeno. Portanto, é muito difícil enquadrar termos imprecisos (e.g. imaturo, juvenil, subadulto, plumagem transicional etc.) nos códigos WRP para a classificação da idade desses indivíduos.

Em regra, todas as aves fazem pelo menos uma muda por ano, durante a qual substituem todas ou quase todas as penas (muda pré-básica). A plumagem produzida por essa muda é chamada de plumagem básica (Howell 2010). As *Sporophila* são conhecidas por possuírem plumagem alternada (Ryder e Wolfe 2009), a qual é adquirida após uma muda pré-alternada. Essa plumagem compreende penas de diferentes gerações, pois embora parte das penas do corpo sejam mudadas, algumas penas da plumagem básica, especialmente as rêmiges e retrizes, são retidas (Humphrey e Parkes 1959). A plumagem alternada muitas vezes é mais ornamentada e brilhante do que a plumagem básica, podendo não atingir a aparência adulta até o terceiro ou quarto ano; já a plumagem básica é mais conservada, podendo não sofrer mais nenhuma mudança significativa após o segundo ano (Humphrey e Parkes 1959). Em *S. lineola* a aparente existência de uma plumagem alternada é sugerida pelo aspecto mais brilhante e fresco das médias e pequenas coberteiras e das penas do corpo, sendo então a muda pré-alternada provavelmente limitada ou parcial.

Estudos detalhados sobre o ciclo de muda e plumagens dos representantes do gênero *Sporophila* são escassos na literatura, estando disponíveis apenas para *S. hypoxantha*, *S. castaneiventris*, *S. intermedia*, *S. angolensis* e *S. americana* (Wolfe et al. 2010, Facchinetti et al. 2011, Moreno-Palacios et al. 2017, Johnson e Wolfe 2017). A estratégia comum a todas essas espécies é a Complexa Alternada (Wolfe et al. 2010, Johnson e Wolfe 2017), na qual os indivíduos passam por três mudas no primeiro ciclo, pré-básica (FPB), pré-formativa (FPF) e pré-alternada (FPA), enquanto que nos ciclos subsequentes ocorrem duas mudas, pré-básica e pré-alternada (Johnson e Wolfe 2017). As mudas pré-alternadas são parciais (Ryder e Wolfe. 2009) e o ciclo de mudas é anual (Howell 2010). Nessas espécies, a muda pré-alternada ocorre aproximando-se ou sobrepondo-se à estação reprodutiva, enquanto a muda pré-básica (muda completa) ocorre após a estação reprodutiva (Pyle

1997).

O *timing* das mudas em relação à migração é insuficientemente conhecido nas *Sporophila*. Para *S. caerulescens* e *S. beltoni*, considerados migrantes de longa distância (Silva 1999, Repenning e Fontana 2012), os adultos realizam a muda completa (pré-básica) ao final da estação reprodutiva, ainda nos locais de reprodução (Ortiz e Capllonch 2007, Repenning e Fontana 2012). Ainda não está claro em qual região ocorre a muda pré-básica na população de *S. lineola* monitorada e, embora os registros de ciência cidadã sugiram que ela pode ocorrer no sudeste do Brasil, isso deve ser melhor investigado uma vez que o amostragem disponível é fortemente enviesada para a região sudeste.

Embora na área de estudo não tenham praticamente sido registradas mudas em *S. lineola*, a falta de registros de muda ao final da estação reprodutiva pode ser devida ao menor esforço de captura realizado nesse período, pois as capturas foram sempre direcionadas para indivíduos em atividade reprodutiva. Dessa maneira, mudas ocorridas na área de estudo, mas fora do território reprodutivo, podem não ter sido detectadas. O Projeto Bigodinho pretende, ao final das próximas estações reprodutivas, direcionar um maior esforço de captura para indivíduos que não estejam mais em atividade reprodutiva (i.e. meses de abril e maio), de modo a identificar possíveis mudas ocorrentes em Florestal, preenchendo assim essas lacunas. Já a muda pré-alternada deve provavelmente ser realizada no local de invernada.

Apesar do déficit de informações e falta de padronização das descrições sobre as estratégias de muda para a maioria das espécies do gênero, as descrições da literatura permitem algumas generalizações. Assumindo que a estratégia de mudas adotada por todos os representantes do gênero é a Complexa Alternada, as aves estariam em sua primeira plumagem alternada (FCA) ao final do primeiro ciclo, já aptas a reproduzir. Dentro do grupo *Sporophila*, dois padrões dessa plumagem são exibidos por machos: 1) plumagem parda similar à da fêmea/juvenis, ou 2) plumagem similar à do macho adulto, geralmente com aparência variegada ou pálida.

Em *S. hypoxantha* e *S. angolensis*, por exemplo, os machos em FCA ou UCA respectivamente, apresentam plumagem similar à da fêmea (Facchinetti et al. 2011, Johnson e Wolfe 2017), o que também ocorre em *S. lineola*. Na espécie foco, os machos adquirem a plumagem adulta após sua primeira estação reprodutiva potencial, em sua segunda muda pré-básica (hipótese A) ou segunda pré-alternada

(hipótese B). Em outros congêneres a plumagem adulta é atingida já na segunda muda pré-básica, como em *S. hypoxantha* (Facchinetti et al. 2011). Já em *S. castaneiventris*, *S. telasco*, *S. peruviana*, *S. intermedia* e *S. luctuosa*, o macho FCA é semelhante ao macho em plumagem adulta, porém mais pálido e/ou com babador menos extenso ou menos colorido (Restall et al. 2006). Já em *S. corvina* o que foi aqui interpretado como a plumagem FCA é variegada (Stiles e Skutch 1989). Em algumas espécies são observados vários estágios de desenvolvimento da plumagem como em *S. schistacea*, *S. minuta* e *S. beltoni*, sendo que a última adquire sua plumagem adulta apenas no seu quarto ano (Dickey e Van Rossem 1938, Restall et al. 2006, Repenning e Fontana 2012). Em *S. falcirostris* a plumagem definitiva é provavelmente adquirida entre dois ou três anos de idade, porém não há informações sobre os estágios de desenvolvimento (Armani 1985). Algumas espécies parecem apresentar polimorfismo (*sensu* Galeotti et al. 2003), como *S. schistacea*, em que dois morfos são observados em ambos os sexo e em todas as idades, o morfo cinza e o morfo oliva (Restall et al. 2006).

Além da variação interespecífica, pode haver variação intraespecífica nos padrões de aquisição da plumagem, possivelmente com variação até dentro de uma mesma ninhada. Segundo Stiles e Skutch (1989) em *S. torqueola* o macho adquire penas pretas na cabeça e no peito na primeira estação reprodutiva e atinge a plumagem adulta em dois anos. Porém Dickey e Van Rossem (1938) relatam dois indivíduos da espécie supostamente em sua primeira plumagem “pré-nupcial” (FCA?), um semelhante à fêmea e outro mais semelhante aos machos adultos. Em *S. ruficollis*, Areta (2009) monitorou dois indivíduos da mesma ninhada: um adquiriu a plumagem definitiva normalmente (período não informado), enquanto o outro manteve a plumagem como a da fêmea por quatro anos, até sua morte.

A longa espera de alguns indivíduos a atingir a plumagem definitiva levou Areta (2009) a sugerir a existência de pedomorfose em *S. palustris* e *S. ruficollis*. Esse fenômeno consiste na retenção das características juvenis da plumagem por toda a vida do indivíduo. Pedomorfose é descrito por Sick (1997) para *S. falcirostris* em cativado e também para “*S. bouvreuil crypta*”, uma suposta subespécie restrita a uma pequena região do Rio de Janeiro (Sick 1967), a qual foi recentemente considerada inválida e tratada como sinônimo de *S. bouvreuil* (Machado e Silveira 2011). Até o presente momento inexistem evidências de pedomorfose para *S. lineola*.

Em algumas espécies de *Sporophila*, após o período reprodutivo, os machos

mudam para uma plumagem semelhante à das fêmeas, podendo nesta ocasião não apenas a plumagem, mas também a cor do bico mudar, passando do negro para o amarelado (Sick 1997). Dentro do sistema WRP, tal plumagem (popularmente chamada de “plumagem de eclipse”) provavelmente é adquirida por uma muda pré-básica, sendo a coloração normal da plumagem adulta retomada pela muda pré-alternada. Esse padrão é descrito para *S. ruficollis*, *S. melanogaster* e *S. pileata* (Sick 1997, Blaauw 1919), bem como para *S. telasco* onde os machos perdem o babador na muda que ocorre após a reprodução (Restall et al. 2006). Tal fenômeno aparentemente não ocorre na espécie foco, na qual a plumagem variegada pode ocorrer apenas uma vez durante o ciclo de vida da espécie (SPB) ou mesmo se tratar de uma anomalia ainda não plenamente compreendida e que pode estar restrito a algumas populações ou mesmo poucos indivíduos.

A distinção morfológica em campo entre machos pardos e fêmeas de *S. lineola* não é uma tarefa simples, sendo muito sutis as diferenças entre eles. Portanto, faz-se necessário um maior esforço de pesquisa, pois tais diferenças podem existir e apenas estarem passando despercebidas. Em *S. hypoxantha*, por exemplo, os machos nos primeiros dois anos são indistintos das fêmeas aos olhos humanos, porém diferenças foram detectadas por espectrofotometria e utilizando modelo de discriminação de cor, indicando que as aves devem ser capazes de detectar tais diferenças (Facchinetti et al. 2011).

Os registros aqui sumariados revelam que dentro do gênero o atraso na maturação da plumagem é um fenômeno comum e presente ao longo de toda a filogenia do grupo (Mason e Burns 2013). Contudo, o padrão de aquisição da plumagem adulta parece variável no grupo em distintos níveis, indicando que possivelmente diferentes estratégias são adotadas, mas apenas estudos mais detalhados poderão melhor descrevê-las. Hawkins et al. (2012) sumariou duas hipóteses gerais para explicar o atraso na maturação da plumagem: a hipótese de restrição de muda e a hipótese de investimento tardio. Sob a hipótese de restrição de muda, que é um fenômeno não-adaptativo, a plumagem subadulta é um estado de transição necessário entre a plumagem juvenil e a plumagem adulta. Esse estado de transição seria necessário devido às restrições ao desenvolvimento de uma muda direta entre essas duas plumagens. Sob a hipótese de investimento tardio, o atraso na maturação da plumagem é uma estratégia adaptativa de história de vida que se origina na incapacidade de jovens adultos competirem com adultos por recursos

reprodutivos limitados, tais como parceiros ou territórios (Hawkins et al. 2012).

Sob a hipótese de investimento tardio, há três benefícios potenciais da plumagem subadulta, os quais supostamente podem aumentar a sobrevivência e reprodução dos jovens (Hawkins et al. 2012): 1) Mimetismo - machos adultos permitem que as fêmeas tenham acesso a recursos e, conseqüentemente, machos subadultos poderiam obter acesso a esses recursos imitando a aparência de fêmeas (Rohwer et al. 1980). O primeiro passo para se testar essa hipótese é a verificação de eventuais diferenças morfológicas (especialmente no espectro UV) entre machos pardos e fêmeas, tal como em *S. hypoxantha*. 2) Criptismo - a plumagem adulta poderia aumentar a predação e a agressão intraespecífica; conseqüentemente atrasar a aquisição desta plumagem pode significar uma redução nesses custos em subadultos (Hill 1988), no entanto um estudo recente demonstrou que plumagens mais conspícuas nas aves não necessariamente implicam em um maior risco de predação (Cain et al. 2019). 3) sinalização de status - subadultos sinalizariam honestamente seu status subordinado, de modo a reduzir o risco de agressão por machos adultos durante a reprodução ou mesmo forrageamento em grupo (Conover et al. 2000, Beauchamp 2003). Os dados referentes à produtividade, demonstram que machos no primeiro ciclo contribuem com uma pequena parcela da produtividade, possivelmente devido à menor capacidade de competir por parceiras e/ou por se estabelecerem em territórios de pior qualidade devido à inexperiência e/ou incapacidade de defenderem melhores territórios. As análises morfométricas também sugerem diferenças sutis entre os machos reprodutores em plumagens distintas, porém ainda não está claro se essas diferenças refletem distintas condições corporais.

CONCLUSÕES

O presente trabalho fornece um avanço no entendimento dos padrões de muda e plumagem para *Sporophila lineola*, permitindo a formulação e teste de hipóteses ecológicas e evolutivas durante os próximos anos dentro do Projeto Bigodinho. Os dados aqui apresentados tornam possível a classificação da idade dos indivíduos da espécie observados em campo o que, permite avaliar as relações entre idade e outras variáveis, tais como qualidade do território, qualidade das parceiras, sucesso reprodutivo e data de chegada às áreas reprodutivas. Como discutido, o atraso na maturação da plumagem pode ser um sinal de subordinação de machos subadultos a machos adultos. Em experimentos futuros pretende-se avaliar as agressões entre os machos de diferentes plumagens, as taxas de invasão de territórios, bem como as taxas de cópulas extra-par, uma vez que estudos prévios em outras espécies de aves demonstram que indivíduos que não atingiram a plumagem adulta podem ter vantagens como a facilidade de acesso a territórios vizinhos e menos agressões por machos adultos (Conover et al. 2000, Karubian et al. 2008), porém possuem um menor sucesso reprodutivo quando medido pela taxa de paternidade extra par (Webster et al. 2008).

REFERÊNCIAS

- Alderton CC. 1961. The breeding cycle of the Yellow-bellied Seedeater in Panama. *Condor*. 63:390–398.
- Alvares CA, Stape JL, Sentelhas PC, de Moraes G, Leonardo J, Sparovek G. 2014. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorol Zeitschrift*. 22:711–728.
- Areta JI. 2009. Paedomorphosis in *Sporophila* seedeaters. *Bull Br Ornithol Club*. 129:98–103.
- Areta JI, Almirón. D. 2009. Comentarios sobre la presencia, voces y alimentación del Corbatita Overo. *Cotinga*. 31:59–62.
- Armani GC. 1985. Guide des passereaux granivores Embérizinés. Paris: Societe Nouvelle des Editions Boubée.
- Beauchamp G. 2003. Delayed maturation in birds in relation to social foraging and breeding competition. *Evol Ecol Res*. 5:589–596.
- Belton W. 1985. Birds of Rio Grande do Sul , Brazil, Part 2, Formicariidae through Corvidae. *Bull Am Museum Nat Hist*. 180:1-241.
- Blaauw FE. 1919. On the eclipse plumage of *Spermophila pileata*. *Ibis*. 1:83–84
- Bruinzeel LW, Van De Pol M. 2004. Site attachment of floaters predicts success in territory acquisition. *Behav Ecol*. 15:290–296.
- Cain KE, Hall ML, Medina I, Leitao AV, Delhey K, Brouwer L, Peters A, Pruett-Jones S, Webster MS, Langmore NE, Mulder RA. 2019. Conspicuous plumage does not increase predation risk: A continent-wide test using model songbirds. *Am Nat*. 193:359–372.
- Conover MR, Reese JG, Brown AD. 2000. Costs and benefits of subadult plumage in Mute Swans: Testing hypotheses for the evolution of delayed plumage maturation. *Am Nat*. 156:193–200.
- D'Angelo Neto S, de Vasconcelos MF. 2007. Distribuição geográfica de duas populações migratórias do bigodinho, *Sporophila lineola* (Linnaeus, 1758), em Minas Gerais, Brasil. *Ornithologia*. 2:25–27.
- Dickey D, Van Rossem A. 1938. Birds of El Salvador. *F Museum Nat Hist Zool Ser*. 23:1–658.
- DuVal EH. 2005. Age-based plumage changes in the Lance-tailed Manakin: a two-year delay in plumage maturation. *Condor*. 107(4):915–920.
- Eck S., Fiebig J, Fiedler W, Heynen I, Nicolai B, Töpfer T, van den Elzen R,

- Winkler R, Woog F. 2011. Measuring birds. Wilhelmshaven: Deutsche Ornithologen-Gesellschaft.
- Facchinetti C, Mahler B, Di Giacomo AG, Reboreda JC. 2011. Stages of plumage maturation of the Tawny-bellied Seedeater: Evidence of delayed plumage maturation and cryptic differentiation between juveniles and females. *Condor*. 113:907–914.
- Ferreira D de F, Lopes LE. 2017. Natural history of the Lined Seedeater *Sporophila lineola* (Aves: Thraupidae) in southeastern Brazil. *J Nat Hist*. 51:1425–1435.
- Francisco MR. 2006. Breeding biology of the Double-Collared Seedeater (*Sporophila caerulescens*). *Wilson J Ornithol*. 118:85–90.
- Franz I, Fontana CS. 2013. Breeding biology of the Tawny-Bellied Seedeater (*Sporophila hypoxantha*) in southern Brazilian upland grasslands. *Wilson J Ornithol*. 125:280–292.
- French R. 1991. A guide to the birds of Trinidad & Tobago. Ithaca: Cornell University Press.
- Galeotti P, Rubolini D, Dunn PO, Fasola M. 2003. Colour polymorphism in birds: Causes and functions. *J Evol Biol*. 16:635–646.
- Haverschmidt F. 1968. Birds of Suriname. London: Oliver & Boyd.
- Hawkins GL, Hill GE, Mercadante A. 2012. Delayed plumage maturation and delayed reproductive investment in birds. *Biol Rev*. 87:257–274.
- Hill GE. 1988. Age, plumage brightness, territory quality, and reproductive success in the Black-Headed Grosbeak. *Condor*. 90:379–388.
- Hilty SL. 2002. Birds of Venezuela. Princeton: Princeton University Press.
- Howell SNG. 2010. Molt in North American Birds. New York: Houghton Mifflin Harcourt.
- Humphrey PS, Parkes KC. 1959. An approach to the study of molts and plumages. *Auk*. 76:1–31.
- Johnson EI, Wolfe JD. 2017. Molt in Neotropical Birds: Life History and Aging Criteria. Boca Raton: CRC Press/Taylor & Francis Group.
- Junge GCA, Mees GF. 1961. The avifauna of Trinidad and Tobago. *Zool Verh*. 37:1–172.
- Karubian J, Sillett TS, Webster MS. 2008. The effects of delayed plumage maturation on aggression and survival in male Red-backed Fairy-wrens. *Behav Ecol*. 19:508–516.

- Kirwan GM, Areta JI. 2009. Black-and-tawny Seedeater *Sporophila nigrorufa* in the cerrados of western Mato Grosso, Brazil. *Neotrop Bird*. 4:69–72.
- Lopes LE, Marçal B de F. 2016. Avifauna do campus Florestal da Universidade Federal de Viçosa, Minas, Brasil. *Atual Ornitol*. 193:41–56.
- Lyon BE., Montgomerie RD. 1986. Delayed plumage maturation in passerine birds: Reliable signaling by subordinate males? *Evolution*. 40:605–615.
- Machado É, Silveira LF. 2011. Plumage variability and taxonomy of the Capped Seedeater *Sporophila bouvreuil* (Aves: Passeriformes: Emberizidae). *Zootaxa*. 62:49–62.
- Mallet-Rodrigues F, Dutra R. 2012. Acquisition of definitive adult plumage in male Blue Manakins *Chiroxiphia caudata*. *Cotinga*. 34:24–27.
- Marcondes-Machado LO. 1997. Comportamento reprodutivo de *Sporophila lineola* (Linnaeus) (Passeriformes, Emberizidae). *Rev Bras Zool*. 11:517–522.
- Mason NA, Burns KJ. 2013. Molecular Phylogenetics of the Neotropical Seed-eaters and Seed-Finches (*Sporophila*, *Oryzoborus*, *Dolospingus*). *Ornitol Neotrop*. 24:139–155.
- Meyer de Schauensee R. 1952. A review of the genus *Sporophila*. *Proc Acad Nat Sci Philadelphia*. 104:153–196.
- Miller AH. 1932. Observations on some breeding birds of El Salvador, Central America. *Condor*. 34:8–17.
- Moreno-Palacios M, Losada-Prado S, Echeverry-Gálvis MÁ. 2017. Secuencia de mudas y plumajes de *Volatinia jacarina* y *Sporophila intermedia* en el valle del Magdalena. *Ornitol Colomb*. 16:1-21
- Munsell. 2000. Munsell soil color charts. New York: Gretag Macbeth.
- Oliveira LS, Sousa LMS, Davanço PV, Francisco MR. 2010. Breeding behaviour of the Lined Seedeater (*Sporophila lineola*) in Southeastern Brazil. *Ornitol Neotrop*. 21:251–261.
- Olson SL. 1968. Possible breeding of some seedeaters in subadult plumage. *Florida Nat*. 1:20.
- Ortiz D, Capllonch P. 2007. Distribución y migración de *Sporophila c. caerulescens* en Sudamérica. *Rev Bras Ornitol*. 15:377–385.
- Pyle P. 1997a. Identification Guide to North American Birds Part I. California: Slate Creek Press.
- Remsen JVJ, Areta JI, Cadena CD, Claramunt S, Jaramillo A, Pacheco JF, Robbins

- MB, Stiles FG, Stotz DF, Zimmer KJ. 2019. A classification of the bird species of South America. Am Ornithol Union. Available from: <http://www.museum.lsu.edu/~Remsen/SACCBaseline.htm>
- Repenning M. 2012. História natural, com ênfase na biologia reprodutiva, de uma população migratória de *Sporophila* aff. *plumbea* (Aves, Emberizidae) do sul do Brasil. Dissertação de mestrado. Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul.
- Restall R, Rodner C, Lentino M. 2006. Birds of Northern South America: an identification guide. London: Christopher Helm.
- Ridgely R, Tudor G. 2009. Field guide to the songbirds of South America: the passerines. Austin: University of Texas Press.
- Rohwer S, Fretwell SD, Niles DM. 1980. Delayed maturation in passerine plumages and the deceptive acquisition of resources. *Am Nat.* 115:400–437.
- Rovedder CE, Fontana CS. 2012. Nest, eggs, and nest placement of the Brazilian endemic Black-bellied Seedeater (*Sporophila melanogaster*). *Wilson J Ornithol.* 124:173–176.
- Ryder TB, Wolfe J. 2009. The current state of knowledge on molt and plumage sequences in selected tropical families: a review. *Ornitol Neotrop.* 20:1–18.
- Sick H. 1967. “Bico de Ferro”: Overlooked seedeater from Rio de Janeiro (*Sporophila*, Fringillidae, Aves). *An Acad Bras Cienc.* 39:307–314.
- Sick H. 1997. *Ornitologia brasileira*. Rio de Janeiro: Nova Fronteira.
- Silva JD. 1995. Seasonal distribution of the Lined Seedeater *Sporophila lineola*. *Bull Br Ornithol Club.* 115:14–21.
- Silva JMC. 1999. Seasonal movements and conservation of seedeaters of the genus *Sporophila* in South America. *Stud Avian Biol.* 19:272–280.
- Skutch AF. 1954. Life histories of Central American birds. Families Fringillidae, Thraupidae, Icteridae, Parulidae and Coerebidae. *Pac Coast Avif.* 31:1–448.
- Stiles GF, Skutch AF. 1989. *A guide to the birds of Costa Rica*. New York: Cornell University Press.
- Stutchbury BJ, Morton ES. 2001. *Behavioral ecology of tropical birds*. London: Academic Press.
- Turbek SP, Browne M, Pasion C, Di Giacomo AS. 2019. First nest description of the Iberá Seedeater (*Sporophila iberaensis*). *Wilson J Ornithol.* 131:156–160.
- Webster MS, Varian CW, Karubian J. 2008. Plumage color and reproduction in the

- Red-backed Fairy-wren : Why be a dull breeder ? *Behav Ecol.* 19:517–524.
- Wetmore A, Pasquier RF, Olson SL. 1984. The birds of the Republic of Panama, Part 4 - Passeriformes: Hirundinidae (swallows) to Fringillidae (finches). *Smith Misc Collect.* 150:1–670.
- Wolfe JD, Ryder TB, Pyle P. 2010. Using molt cycles to categorize the age of tropical birds: An integrative new system. *J Field Ornithol.* 81:186–194.
- Zack S, Stutchbury BJ. 1992. Delayed breeding in avian social systems: the role of territory quality and “floater” tactics. *Behaviour.* 123:194–219.