

Universidade Federal de Minas Gerais

Instituto de Ciências Biológicas

Departamento de Biologia Geral

Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre

Frugivoria por aves em duas espécies de *Miconia*  
(Melastomataceae) em área de campo rupestre  
ferruginoso

Alessandra Monteiro de Oliveira Santos

Orientador: Prof. Dr. Fernando Augusto de Oliveira e Silveira

Co-orientadora: Prof. Dra. Claudia Maria Jacobi

Fevereiro de 2015

Belo Horizonte, Minas Gerais

Alessandra Monteiro de Oliveira Santos

Frugivoria por aves em duas espécies de *Miconia*  
(Melastomataceae) em uma área de campo rupestre  
ferruginoso

Dissertação apresentada ao Instituto de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre.

Orientador: Prof. Dr. Fernando Augusto de Oliveira e Silveira

Co-orientadora: Prof. Dra. Claudia Maria Jacobi

Fevereiro de 2015

Belo Horizonte, Minas Gerais

## ÍNDICE

AGRADECIMENTOS .....	4
RESUMO .....	6
ABSTRACT .....	8
INTRODUÇÃO.....	10
MÉTODOS.....	12
RESULTADOS .....	19
DISCUSSÃO .....	30
REFERÊNCIAS .....	34
MATERIAL SUPLEMENTAR .....	41

## AGRADECIMENTOS

A todos que participaram direta e indiretamente desse trabalho minha profunda e sincera gratidão! Que essas boas vibrações que vocês despertaram em mim possam chegar até vocês! Sem tamanha contribuição eu certamente não seria capaz de concluir esse trabalho e realizar o sonho de me tornar ecóloga!

Não há palavras para expressar o que uma família representa na vida de uma pessoa... E o quanto nada seria possível sem a presença insubstituível de meus pais que me apoiaram, cuidaram e amaram sem restrições, desde que perceberam que eu não seria mesmo advogada (ufa!). Agradeço então a toda minha família, especialmente a meus pais, Cláudia e Ricardo, a meus irmãos, Leonardo e Frederico, e a meu sobrinho, Rafael, pela presença essencial na minha vida.

Agradeço ao Prof. Fernando Augusto de Oliveira e Silveira por se tornar professor da Universidade Federal de Minas Gerais no ano em que eu fiz a seleção para o mestrado e aceitar me orientar, permitindo que a vontade de trabalhar com interação entre animais e plantas se tornasse realidade! Agradeço toda orientação, estímulo e paciência, principalmente na reta final, quando algo muito importante começou a acontecer e de certa forma mudar completamente minha posição diante da vida...

Agradeço à Prof. Claudia Maria Jacobi pelo apoio, financeiro, estrutural e acadêmico, pela disponibilidade em contribuir com meu projeto e formação e toda orientação ao longo deste trabalho.

Aos membros da Banca Examinadora Prof. Cristiano Schetini e Dr. Tadeu Guerra por avaliarem minha dissertação e pelas contribuições indispensáveis.

A todos que me ajudaram em campo e no laboratório: Laurindo Júnior, Júlio Chaves, Rafael Paiva, Guilherme Telles, Letícia Boratto, Pedro Loureiro, João Victor Muniz, Diego Maximiano, Fernanda Trancoso, Luisa Azevedo, Rodrigo Augusto, Caroline Assunção, Renato Fernandes, Alberto Teixido, Agnello Picorelli, Lisieux Fuzessy. Sem vocês esse trabalho realmente não seria possível!!!

Ao Daniel Vilela por toda ajuda, tanto como profissional como companheiro nessa jornada. Sem você o experimento com a aves não teria dado certo! Mas agradeço ainda mais tudo que você se tornou na minha vida, seu carinho, sua força e toda sua paciência. Especialmente e infinitamente te agradeço por compartilhar essa oportunidade maravilhosa de gerar a vida e ser mãe!

Aos colegas dos Laboratórios de Ecologia e Evolução de Plantas Tropicais e de Interação Animal-Planta pela convivência agradável, trocas de informações e discussões enriquecedoras. À Rafaella Ribeiro que, de longe e de perto, nas horas difíceis e de desespero, sempre se dispôs a me ajudar! À Debora Salles que fez o mapa para mim!

Aos colegas Bernardo Santos, Raoni Rodrigues e Luiz Eduardo Macedo (Dudu) pela ajuda indispensável com as análises no programa R e ao Arleu Barbosa com a curva de espécies.

Aos alunos do Laboratório de Fisiologia (Fernanda, Matheus, Bárbara...), às Profs. Queila e Luzia pelo apoio na realização dos meus experimentos em laboratório.

Ao Prof. Marcelo Vasconcelos do Museu da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais que me ajudou com a biometria das aves.

Ao pessoal do Parque Estadual da Serra do Rola Moça e do Instituto Estadual de Florestas de Minas Gerais por concederem a licença necessária à realização da minha pesquisa.

À equipe do Centro de Triagem de Animais Silvestres do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis em Belo Horizonte, Minas Gerais, por permitirem a realização dos experimentos com as aves em cativeiro.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre, todos os professores, colegas e funcionários pelo simples fato de existirem e tonar esse sonho realidade! Agradeço todas as ótimas disciplinas, a ótima convivência e os excelentes exemplos de trabalhos que deram o suporte para minha formação.

Ao Instituto de Ciências Biológicas e à Universidade Federal de Minas Gerais pelo oferecimento da estrutura e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pela bolsa de mestrado que me permitiram chegar até aqui.

Agradeço também a todos os amigos, cuja existência é indispensável na minha vida! Um agradecimento especial às amigas biólogas Lívia Echternacht e Luiza Angelini que me inspiraram a tomar esse caminho. A Carol Campos e André Sampaio pelo forte incentivo a trabalhar no que gosto.

Agradeço ao Kundalini Yoga, cuja prática e ensinamentos sustentaram minha felicidade e radiância ao longo do caminho.

E, finalmente, agradeço à mãe Natureza, pela inspiração e admiração que despertou em mim e me fizeram escutar esse chamado.

Gratidão!

## RESUMO

A dispersão de sementes por frugívoros é um processo ecológico chave nos ambientes tropicais. A efetividade da dispersão de sementes (EDS) é influenciada por diversos fatores como grau de frugivoria, modo de apanhar e manipular os frutos e tratamento no tubo digestório do dispersor. A passagem pelo tubo digestório dos frugívoros pode influenciar positivamente a germinação por meio da escarificação mecânica ou química e do despulpamento das sementes. Na região Neotropical, as aves são os principais dispersores de sementes e Melastomataceae é uma das famílias dominantes e mais diversificadas. *Miconia* é o maior gênero de Melastomataceae e seus frutos carnosos são consumidos especialmente por aves. A frutificação sequencial de espécies do gênero foi observada em diversas vegetações florestais na América do Sul, sendo possivelmente resultante da competição interespecífica por agentes dispersores. Muitos trabalhos foram feitos sobre a EDS em ambientes temperados ou em florestas tropicais, mas poucos foram feitos em ambientes tropicais abertos, onde frugívoros especialistas são virtualmente inexistentes. Em nosso estudo focamos a ecologia da dispersão de sementes por aves de *Miconia ligustroides* e *Miconia pepericarpa*, aplicando o arcabouço teórico da EDS a um ambiente tropical aberto e utilizando como modelo plantas ornitocóricas conspícuas na vegetação. Aqui, buscamos responder às seguintes perguntas em relação às espécies vegetais estudadas: (1) Qual o período de frutificação e a disponibilidade de frutos para os dispersores? (2) As espécies de aves dispersoras são igualmente efetivas? (3) Como a passagem das sementes pelo tubo digestório de aves afeta a germinação das sementes? Realizamos o estudo em duas áreas (campo rupestre e campo sujo) no Parque Estadual da Serra do Rola Moça, localizado no Quadrilátero Ferrífero, região centro-sul do estado de Minas Gerais, sudeste do Brasil. Marcamos e acompanhamos 15 indivíduos de cada espécie para definir o período de frutificação e realizamos observação planta-focal nesse período. Na área de campo sujo a frequência de visitação foi baixa e optamos por concentrar o esforço amostral na área de campo rupestre. Registramos espécies de aves visitantes, horário e duração da visita, número de indivíduos, consumo e número de frutos consumidos e modo de apanhar e manipular os frutos. Consideramos dispersoras as espécies de aves que consumiram frutos inteiros e as que mascaram os frutos em seus bicos. Representamos graficamente o componente quantitativo (número de visitas de um dispersor x número de sementes removidas por visita) em uma paisagem de dispersão, onde as isolinhas representam

todas as combinações do componente quantitativo que produzem a mesma EDS. Para analisar o efeito da passagem das sementes pelo trato digestório de aves, oferecemos frutos para aves em cativeiro frequentemente observadas em campo e coletamos as sementes defecadas. A seguir, realizamos três tratamentos experimentais: sementes extraídas manualmente de frutos, sementes defecadas por aves e frutos intactos, e monitoramos a germinação em intervalos de 24 h por 60 dias para avaliar a germinação em função do tempo, o tempo médio necessário para germinar 50% das sementes e o efeito dos tratamentos sobre a proporção de sementes germinadas. A segregação temporal entre os picos de frutificação de *M. ligustroides* e *M. pepericarpa* e a sobreposição entre suas assembleias de dispersores oferecem um indicativo de que a frutificação sequencial de espécies simpátricas de *Miconia* evita a competição interespecífica por agentes dispersores, conforme anteriormente sugerido em ambientes florestais. *Mimus saturninus* e *Schistochlamys ruficapillus* foram os dispersores mais efetivos para *M. ligustroides*, seguidos de *Elaenia* spp. e de *Turdus leucomelas*. Para *M. pepericarpa* foram *Zonotrichia capensis* e *S. ruficapillus*, seguidos de *Elaenia* spp. e de *M. saturninus*. Considerando que a aptidão da planta-mãe depende fortemente das taxas de remoção das sementes pelos dispersores, tais aves desempenham papel crucial na ecologia reprodutiva das espécies vegetais estudadas. Os resultados obtidos no experimento de germinação mostraram um efeito positivo bastante significativo do despulpamento provido pelas aves na germinação das sementes, mas ausência de efeito de escarificação, o que está de acordo com o esperado para os sistemas de dispersão generalistas. Por fim, destacamos que as diferenças anuais na composição da assembleia de frugívoros, as várias fases que envolvem a dispersão, bem como a condução de experimentos de germinação em campo constituem temas interessantes para futuras pesquisas nesse tipo de ambiente.

**Palavras-chave:** Efetividade da dispersão de sementes, fenologia de frutificação, germinação, EDS, sistemas generalistas.

## ABSTRACT

Seed dispersal by frugivorous is a key ecological process in tropical ecosystems. The seed dispersal effectiveness (SDE) is influenced by several factors such as the degree of frugivory, how to catch and handle the fruits and gut treatment by disperser. The passage through frugivorous digestive tract may positively influence seed germination by means of mechanical or chemical scarification and pulp removal. In Neotropical region, birds are the main seed dispersers, and Melastomataceae is one of the dominants and most diversified plant families. *Miconia* is the Melastome largest genus and its fleshy fruits are especially consumed by birds. The staggered fruiting seasons in some species of the genus was observed in many South America forests, and possibly results from interspecific competition for dispersers. Much work has been done on SDE in temperate and tropical forests, but few were made in open tropical ecosystems where frugivorous experts are virtually absent. In our study, we focus on *Miconia ligustroides* and *Miconia pepericarpa* ecology of seed dispersal by birds, applying SDE theoretical framework to an open tropical site and using conspicuous ornithocores plants in the vegetation as a model. Here, we aim to answer the following questions about the studied plant species: (1) What are the fruiting season and the fruit availability for dispersers? (2) The dispersers bird species are equally effective? (3) How seed passage through birds' digestive tube affects seed germination? We conducted the study in two areas (*campo rupestre* and *campo sujo*) in Serra do Rola Moça State Park that is located in the Iron Quadrangle, in Minas Gerais central-south region, southeastern Brazil. We marked and followed 15 individuals of each species to define the fruiting season and we perform focal observation on plants during this period. In the *campo sujo* area the visitation frequency was low and we focused the sampling effort in the *campo rupestre* area. We recorded bird species visitors, visit time and duration, number of individuals, consumption and number of fruits consumed and how to catch and handle the fruit. We consider the bird species that fed whole fruits and that mask the fruits in their beaks as dispersers. We graphically represented the quantitative component (number of visits a disperser makes x number of seeds removed per visit) in a seed dispersal effectiveness landscape, where the isolines represent all quantitative component combinations that produce the same SDE. To analyze the effect of the seed passage through birds' digestive tract, we provided fruits for captive birds often observed in the field and we

collected defecated seeds. Next, we performed three experimental treatments: seeds manually collected from fruits, seeds defecated by birds and intact fruits, and we monitored germination in 24 h intervals for 60 days to evaluate germination versus time, the average time to germinate 50 % of the seeds and the effect of treatments on the proportion of germinated seeds. Temporal segregation between *M. ligustroides* and *M. pepericarpa* fruiting peaks and their dispersers assemblages overlap offer an indication that staggered fruiting seasons in *Miconia* sympatric species avoids interspecific competition for dispersers, as previously suggested for forest environments. *Mimus saturninus* and *Schistochlamys ruficapillus* were the most effective *M. ligustroides* dispersers, followed by *Elaenia* spp. and *Turdus leucomelas*. For *M. pepericarpa* they were *Zonotrichia capensis* and *S. ruficapillus*, followed by *Elaenia* spp. and *M. saturninus*. Given that the parent plant fitness strongly depends on seed removal rates by dispersers, such birds play a crucial role in these plant species reproductive ecology. The results obtained in the germination experiment showed a very significant positive effect of pulp removal provided by birds on seed germination, but there were no scarification effect, which were expected for generalized dispersal systems. Finally, we highlight that the annual differences in the composition of frugivorous assemblages, the various phases involving the dispersal and the germination experiments in the field are interesting topics for future research in this type of ecosystems.

**Keywords:** Fruiting phenology, generalized dispersal systems, germination, SDE, seed dispersal effectiveness.

## INTRODUÇÃO

A dispersão de sementes por animais frugívoros é um processo ecológico chave frequentemente observado nos ambientes tropicais (Howe & Smallwood 1982, Levin *et al.* 2003, Fleming & Kress 2011) e fundamental para determinar a estrutura espacial e genética das populações vegetais (Boucher *et al.* 1982). Nesta interação mutualista, as plantas são beneficiadas com o movimento dos diásporos, a redução da predação e da competição próximas à planta mãe, a colonização de novos ambientes e a chegada em locais mais favoráveis ao estabelecimento (Janzen 1970, Howe & Miriti 2004). Em contrapartida, os animais são beneficiados com os recursos providos pelas plantas, como frutos carnosos e outras estruturas nutritivas (Jordano 1987).

A efetividade da dispersão de sementes (EDS – do inglês *seed dispersal effectiveness*) é definida como a contribuição de uma espécie de frugívoro para a aptidão de uma planta. A EDS é determinada pelos componentes quantitativo e qualitativo (Schupp 1993, Schupp *et al.* 2010), ambos por sua vez com dois subcomponentes. O componente quantitativo é resultante do número de visitas de um dispersor multiplicado pelo número de sementes dispersadas por visita; o componente qualitativo é resultante da probabilidade de uma semente dispersada permanecer viável após manipulação pelo dispersor (qualidade do tratamento na boca e/ou intestino) multiplicada pela probabilidade de que uma semente viável dispersada sobreviva, germine e produza um novo adulto (qualidade de deposição) (Schupp 1993, Schupp *et al.* 2010).

Diversos fatores como o grau de frugivoria, o modo de apanhar e manipular os frutos e o tratamento no tubo digestório, que dependem de restrições da morfologia do animal em seu comportamento, afetam a EDS de um dispersor (Moermond & Denslow 1985). Aves que engolem os frutos inteiros (engolidores) raramente deixam cair sementes, enquanto aquelas que mascam os frutos em seus bicos (mascadores) geralmente deixam cair muitas sementes próximo à planta-mãe sem ingeri-las (Levey 1987). As sementes dentro de frutos que caem naturalmente sob a planta mãe ou que são derrubados pelas aves podem não ser efetivamente dispersadas (Galetti *et al.* 2013). Assim, na maioria dos sistemas de dispersão, a aptidão da planta mãe está mais fortemente relacionada às taxas de remoção das sementes pelas aves do que ao padrão de dispersão da prole (Willson & Traveset 2000).

Entretanto, o tratamento recebido pelas sementes no tubo digestório animal pode determinar sua capacidade de germinar e é um subcomponente da EDS essencial para a dinâmica das populações de muitas espécies vegetais com frutos carnosos (Traveset *et al.* 2007). Um dos fatores é que a passagem das sementes através do tubo digestório dos frugívoros pode influenciar positivamente a germinação por meio da escarificação mecânica ou química, aumentando o número de sementes germinadas e reduzindo o tempo gasto para germinar (Traveset & Verdú 2002). O outro é que o despulpamento das sementes tem o potencial de melhorar a qualidade da dispersão ao eliminar componentes dos frutos que inibem a germinação ou bloqueiam a entrada de luz (Samuels & Levey 2005, Traveset *et al.* 2007).

Na região Neotropical, as aves são os principais dispersores de sementes consumindo frutos de plantas de diversas famílias em diversos tipos vegetacionais (Snow 1981, Galetti & Pizo 1996, Loiselle & Blake 1999, Fleming & Kress 2011, Maruyama *et al.* 2013). Em geral, as plantas tropicais ornitocóricas apresentam uma estratégia de dispersão inserida em um gradiente que varia entre dois extremos (Mckey 1975, Howe 1993): especialista e generalista. Na estratégia especialista, as plantas produzem uma quantidade limitada de frutos, com polpa rica em lipídeos e proteínas, e sementes grandes que são dispersas por aves especializadas capazes de procurar por alimento raro, mas bastante nutritivo, proporcionando uma dispersão confiável. Da perspectiva da planta, uma ave é especialista se prefere e consome seus frutos em detrimento dos frutos de outras plantas (Howe 1993). Na estratégia generalista, as plantas produzem frutos abundantes, mas pouco nutritivos, com alto teor de água e carboidratos, e sementes pequenas, atraindo aves frugívoras oportunistas comuns que coletivamente dispersam suas sementes de forma efetiva.

Melastomataceae, uma das famílias mais dominantes e diversificadas em ambientes neotropicais, possui espécies que são arquétipo da síndrome de dispersão generalista (Silveira *et al.* 2013a). Tais espécies produzem frutos do tipo baga que são pequenos, ricos em água e açúcares, e são alimento para vertebrados e invertebrados, contribuindo em grande parte para a dieta de aves de menor porte, roedores, marsupiais, répteis e formigas (Snow 1981, Silveira *et al.* 2013a). No entanto, a ornitocoria é forma de dispersão mais expressiva (Loiselle & Blake 1999). *Miconia* Ruiz e Pavón (ca. 1050 espécies) é o maior gênero de Melastomataceae e suas espécies são elementos conspicuos e endêmicos da flora Neotropical (Goldenberg *et al.* 2013). Apesar de ter limitada relevância econômica, representa papel ecológico importante (Goldenberg *et*

al. 2008), pois seus frutos carnosos são consumidos por animais, especialmente aves que frequentemente são seus dispersores (Snow 1965, Levey 1990, Poulin *et al.* 1999, Manhães *et al.* 2003, Maruyama *et al.* 2013). A frutificação sequencial de espécies do gênero foi observada em diversas vegetações florestais na América do Sul e pode ser resultado da competição interespecífica por agentes dispersores (Snow 1965, Poulin *et al.* 1999, Kessler-Rios & Kattan 2012). Desse modo, as espécies de *Miconia* e seus frugívoros constituem um modelo adequado para estudarmos a efetividade da dispersão de sementes em sistemas generalistas de dispersão.

Até o momento muitos trabalhos foram feitos sobre a EDS em ambientes temperados e em florestas tropicais (Graham *et al.* 1995, Loiselle & Blake 1999, Jordano & Schupp 2000, Jacomassa & Pizo 2010, Cestari & Pizo 2013, Saavedra *et al.* 2014), mas poucos foram feitos em ambientes tropicais abertos (Guerra & Pizo 2014), onde frugívoros especialistas são virtualmente inexistentes (Macedo 2002). Devido às especificidades desses ambientes, estudos envolvendo seus sistemas de dispersão são essenciais para a compreensão da dinâmica e conservação de suas comunidades. Em nosso estudo focamos a ecologia da dispersão de sementes por aves de duas espécies de *Miconia*, aplicando a teoria da EDS em ambiente tropical aberto e utilizando como modelo plantas ornitocóricas conspícuas na vegetação. Aqui, buscamos responder às seguintes perguntas em relação às espécies vegetais estudadas: (1) Qual o período de frutificação e a disponibilidade de frutos para os dispersores? (2) Quais são as espécies de aves dispersoras quantitativamente mais efetivas? (3) Como a passagem das sementes pelo tubo digestório de aves afeta a germinação das sementes?

## MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDO. – O Parque Estadual da Serra do Rola Moça (PESRM) está localizado no Quadrilátero Ferrífero (QF), região centro-sul do estado de Minas Gerais, sudeste do Brasil, abrangendo 3.941,09 hectares (Figura 1A). O PESRM está a uma altitude de aproximadamente 1.450 m, entre as coordenadas 20°00'26" – 20°08'42" S e 43°96'74" – 44°06'62" W (Jacobi *et al.* 2008, Guarçoni *et al.* 2010). Essa é uma região de transição entre os domínios fitogeográficos do Cerrado e da Floresta Atlântica, abrindo fitofisionomias como cerrado senso estrito, campo sujo, floresta estacional

semidecidual, florestas ciliares, campos rupestres ferruginosos e quartzíticos (Jacobi *et al.* 2008).

Realizamos nosso estudo em duas áreas do PESRM. A primeira área é um campo rupestre ferruginoso (CR), vegetação herbáceo-arbustiva esclerófila associada a solos litólicos (Oliveira-Filho *et al.* 1996, Pirani *et al.* 2008), localizada próximo à sede do parque com altitude de aproximadamente 1.350 m (Figura 1B). A segunda área é um campo sujo (CS), vegetação aberta dominada pelo estrato herbáceo com vegetação lenhosa esparsa (Munhoz & Felfili 2006), localizada no Morro do Cachimbo com altitude de aproximadamente 1.240 m.

ESPÉCIES ESTUDADAS. – *Miconia ligustroides* (DC.) Naudin é uma espécie polimórfica, arbustiva-arbórea, com altura variando de 0,5 a 8 m e cujos frutos do tipo baga são verdes quando imaturos e negro-violáceos quando maduros (Goldenberg 2004, Martins *et al.* 1996) (Figura 1C). *Miconia pepericarpa* DC. é uma espécie mais comumente encontrada em clareiras ou margens de florestas, arbustiva-arbórea, medindo de 2 a 8 m de altura e cujos frutos do tipo baga são vermelhos-rosados quando imaturos e azul-pálido quando maduros (Martins *et al.* 1996) (Figura 1D). *M. ligustroides* e *M. pepericarpa* têm distribuição conhecida apenas no Brasil, mas dentro do país apresentam ampla ocorrência, sendo encontradas nas regiões centro-oeste, nordeste, sudeste e sul, e centro-oeste, nordeste e sudeste, respectivamente (Goldenberg *et al.* 2013). Ambas apresentam dormência fisiológica (Silveira *et al.* 2013b). Amostras férteis das duas espécies na área de estudo foram depositadas como material testemunho no Herbário BHCB da Universidade Federal de Minas Gerais.

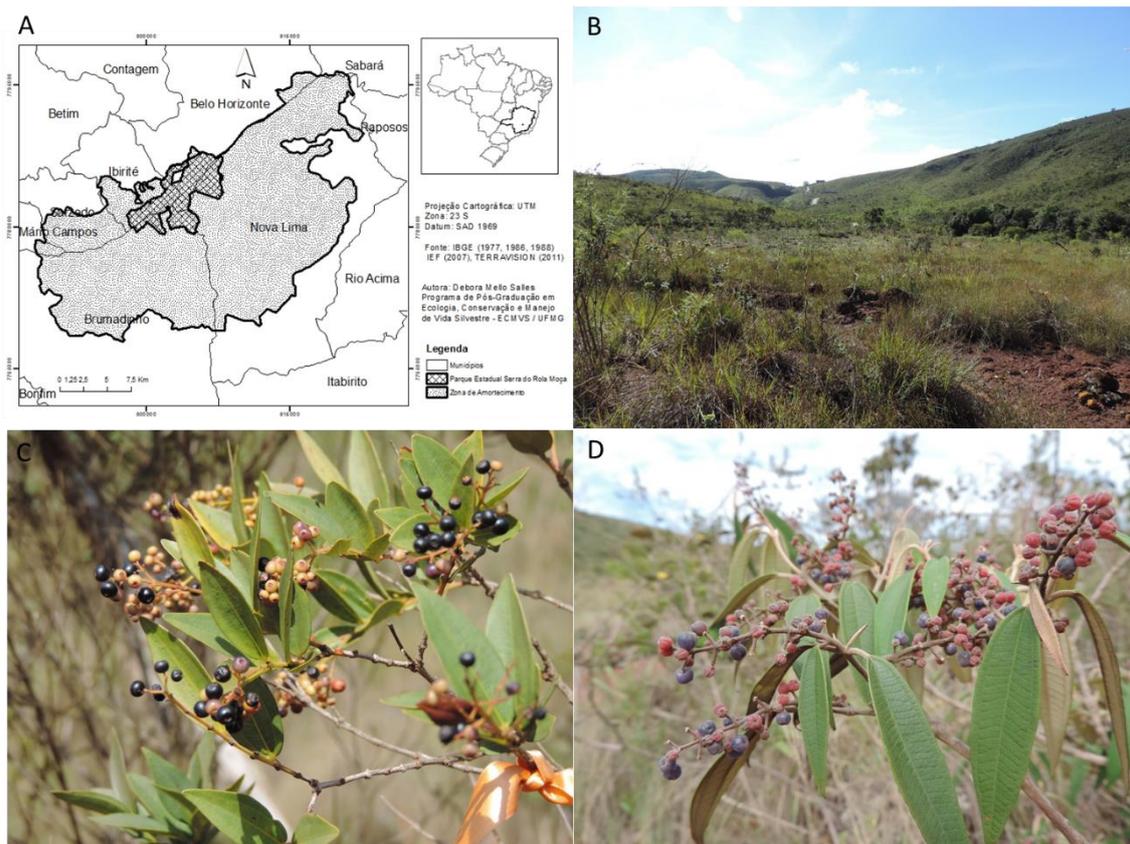


FIGURA 1 – (A) Mapa do Parque Estadual da Serra do Rola Moça, Minas Gerais, Brasil (Autora: Debora Mello Salles); (B) Área de campo rupestre ferruginoso no Parque Estadual da Serra do Rola Moça; (C) Frutos verdes e maduros de *Miconia ligustroides*; e (D) Frutos verdes e maduros de *Miconia pepericarpa*.

BIOMETRIA DE FRUTOS. – Para relacionar o tamanho dos frutos à assembleia de dispersores, medimos e pesamos 48 frutos de *M. ligustroides* e 82 de *M. pepericarpa* utilizando paquímetro *Digimes* e balança digital *Shimadzu*, com precisão de 0,0001 g. A massa fresca foi obtida no mesmo dia da coleta em campo e a massa seca após os frutos permanecerem em estufa a 70°C por seis dias. Após a secagem, para cada fruto extraímos as sementes manualmente que foram contadas e pesadas em conjunto. Obtivemos, então, a razão entre a massa seca do conjunto das sementes e dos frutos. Realizamos testes t para avaliar diferenças entre as espécies quanto as referidas medidas.

FENOLOGIA DE FRUTIFICAÇÃO. – Para investigar a disponibilidade de recursos, marcamos 15 indivíduos de cada espécie em cada área e contamos os frutos maduros utilizando contadores manuais semanalmente de fevereiro a julho de 2014. O período de frutificação foi definido com base no início e no término da produção de frutos maduros

pelas plantas marcadas. Na área CR, onde as populações de ambas as espécies são relativamente pequenas, marcamos arbitrariamente os indivíduos a medida que os avistamos em campo até completar o total de 15 para cada espécie. Na área CS, que abriga populações maiores de ambas as espécies, marcamos aleatoriamente os indivíduos. Para tanto, estabelecemos sete transectos de 20 m cada, distantes no mínimo 10 m entre si. Em cada transecto sorteamos cinco números correspondentes à posição dos indivíduos a serem marcados.

FRUGIVORIA E EFETIVIDADE DE DISPERSÃO DE SEMENTES. – Para identificar os dispersores e caracterizar seu comportamento, a observação planta-focal foi realizada por dois a três observadores no período de frutificação das espécies estudadas (Pizo & Galetti 2010), de março a junho de 2014, utilizando binóculos *Nikon* 10x42. Selecionamos as plantas focais priorizando a presença de maior quantidade de frutos (Pizo & Galetti 2010). Devido à proximidade entre as plantas e a relativa baixa frequência de visitas de aves, foi possível observar de um a dez indivíduos de uma ou ambas as espécies de planta simultaneamente. Observamos ao longo do dia com intervalo em horário variável para que a amostragem fosse feita em todos os horários, entre 6:00 h e 18:00 h (Tabela 1). A amplitude de variação nos tempos de observação dos indivíduos deveu-se à grande variação na disponibilidade de frutos verificada na área.

TABELA 1 – Esforço amostral (média  $\pm$  desvio padrão) em observação focal de *Miconia ligustroides* e de *Miconia pepericarpa* em áreas do Parque Estadual da Serra do Rola Moça, Minas Gerais, Brasil.

Área	Espécie	N	Dias de observação*	Tempo total de observação (horas)	Tempo médio de observação por indivíduo (horas)
Campo rupestre	<i>M. pepericarpa</i>	12	25	129	27,0 $\pm$ 23,1
Campo rupestre	<i>M. ligustroides</i>	17	21	113	47,3 $\pm$ 21,8
Campo sujo	<i>M. pepericarpa</i>	6	8	22	10,2 $\pm$ 8,6
Campo sujo	<i>M. ligustroides</i>	25	12	30	3,5 $\pm$ 3,0

\*Dias não consecutivos.

Permanecemos a uma distância mínima de 10 m das plantas observadas, evitando interferir no comportamento das aves. Registramos todas as espécies visitantes, bem como horário e duração da visita, número de indivíduos, consumo e número de frutos consumidos e modo de apanhar e manipular os frutos (Galetti *et al.* 2004). Quando mais de um indivíduo da mesma espécie de ave visitou a planta focal simultaneamente, acompanhamos apenas o indivíduo que primeiro ingeriu frutos e registramos a presença dos demais. Identificamos as aves utilizando Sigris (2009), Gwynne *et al.* (2010), a nomenclatura científica do Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos (CBRO 2014) e consulta a especialistas. Devido à dificuldade de se identificar espécies do gênero *Elaenia* em campo (Straube 2013), optamos por agrupar os registros do gênero em *Elaenia* spp..

O modo de apanhar e manipular os frutos influencia a efetividade dos frugívoros como dispersores de sementes (Moermond & Denslow 1985). Em nosso estudo, devido ao pequeno tamanho das sementes, consideramos dispersoras tanto as espécies de aves que consumiram frutos inteiros quanto as que mascaram os frutos em seus bicos, utilizando somente as visitas em que houve consumo de frutos nas análises estatísticas. Calculamos o consumo médio de frutos por visita (taxa de consumo), o número total de visitas com consumo de frutos dividido pelo número total de horas de observação (taxa de visita) e o tempo médio de permanência na planta para cada espécie de ave, e o número de visitas por hora (taxa de visitação) e o número de frutos removidos por hora para cada espécie de planta. Utilizamos o índice de Jaccard para verificar o grau de similaridade entre as assembleias de aves dispersoras das espécies estudadas (Jost *et al.* 2011).

A EDS pode ser representada bidimensionalmente a partir das possíveis combinações dos componentes quantitativos e qualitativos. Nestas representações gráficas, chamadas *seed dispersal effectiveness landscape*, as isolinhas representam todas as combinações dos componentes qualitativos e/ou quantitativos que produzem a mesma EDS (Schupp *et al.* 2010). Devido à dificuldade de obter dados qualitativos em estudos de curto prazo, utilizamos os dados referentes ao componente quantitativo (número de visitas de um dispersor x número de sementes removidas por visita) da EDS. Estes dados permitiram estimar a contribuição quantitativa de cada espécie de ave para a dispersão de sementes (Galetti *et al.* 2013) de *M. ligustroides* e *M. pepericarpa*. Fizemos os gráficos do componente quantitativo (CQ) da dispersão baseados no código de Pedro Jordano e no código para cálculo automático de isolinhas de Bernardo Santos,

disponíveis em <https://github.com/pedroj/effectiveness/blob/master/auto-isolines.R> no Programa R (R Core Team 2014).

BIOMETRIA DE AVES. – Para inferir sobre a existência de relação entre a taxa de consumo de frutos e atributos das aves, obtivemos medidas biométricas das espécies observadas em campo consumindo os frutos de *M. ligustroides* e *M. pepericarpa* por meio da consulta às coleções científicas de aves da UFMG e do Museu de Ciências Naturais da Pontifícia Universidade Católica. Os exemplares amostrados são originários da região do QF, da Cadeia do Espinhaço e/ou de altitudes iguais ou superiores a 900 m no Estado de Minas Gerais. Medimos a abertura do bico (Baldwin *et al.* 1931) utilizando paquímetro digital *Digimess* e anotamos a massa corporal e o comprimento total (ponta do bico à ponta da cauda) quando presentes na ficha catalográfica. Utilizamos exemplares de *Elaenia cristata* como referência para *Elaenia* spp., uma vez que essa foi a espécie do gênero *Elaenia* mais frequentemente identificada a partir do registro fotográfico pelos especialistas consultados.

PASSAGEM PELO TRATO DIGESTÓRIO DE AVES E GERMINAÇÃO DAS SEMENTES. – Para analisar o efeito da passagem das sementes pelo trato digestório de aves, coletamos frutos maduros de pelo menos dez indivíduos de cada espécie estudada no campo. Oferecemos os frutos de *M. pepericarpa* para quatro indivíduos de *Schistochlamys ruficapillus* (Thraupidae) e seis de *Zonotrichia capensis* (Passerellidae), e frutos de *M. ligustroides* para cinco indivíduos de *S. ruficapillus* e dois de *Turdus leucomelas* (Turdidae). Entretanto, os indivíduos de *Z. capensis* em cativeiro não consumiram ou apenas deram bicadas nos frutos e não foi possível encontrar sementes em suas fezes. As espécies utilizadas foram frequentemente observadas em campo consumindo os frutos de *M. ligustroides* e *M. pepericarpa*. A amostragem diferenciada deveu-se à disponibilidade de animais em cativeiro no Centro de Triagem de Animais Silvestres do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis no momento do experimento.

Separamos e mantivemos as aves em gaiolas individuais e oferecemos os frutos pela manhã nos respectivos comedouros. Após todos os frutos serem ingeridos, aguardamos pelo menos 1 h para que ocorresse a defecação de todas as sementes. Coletamos as sementes, lavamos por cinco minutos em água corrente e armazenamos (Silveira *et al.* 2012a). As sementes de *M. ligustroides* ficaram armazenadas por 30 dias

e as de *M. pepericarpa* por cerca de 80 dias. Em geral, sementes de Melastomaceae são bastante longevas e podem ser armazenadas sem perder a viabilidade (Silveira 2013a). Também extraímos sementes de frutos manualmente, que passaram pelo mesmo procedimento. As sementes de *M. ligustroides* extraídas manualmente dos frutos não foram armazenadas, pois foram extraídas de frutos coletados no dia da montagem do experimento de germinação. Antes da montagem, tanto as sementes defecadas quanto as extraídas manualmente dos frutos foram submersas por 2 min em solução de hipoclorito de sódio (2,0 a 2,5% p/p de cloro ativo) para desinfecção (Brasil 2009, Souza & Fagundes 2014). Em seguida, lavamos as sementes por 10 min em água corrente e as secamos em papel filtro.

Para avaliar a germinação, realizamos três tratamentos experimentais (Samuels & Levey 2005): (1) sementes extraídas manualmente de frutos (seis repetições com 25 sementes de cada espécie de planta); (2) sementes defecadas por *S. ruficapillus* e por *T. leucomelas* para *M. ligustroides* (cinco e duas repetições com 25 sementes, respectivamente) / sementes defecadas por *S. ruficapillus* para *M. pepericarpa* (quatro repetições de 25 sementes); (3) frutos intactos (seis repetições com cinco frutos de *M. ligustroides* / seis repetições com dez frutos de *M. pepericarpa*) para avaliar o efeito da remoção da polpa sobre a germinação das sementes.

Nos três tratamentos, colocamos as sementes e os frutos intactos para germinar em placas de Petri contendo cerca de 30 g de solo coletado próximo às plantas em campo. Esterilizamos o solo em autoclave por 20 min, para eliminar a possibilidade de germinação de sementes presentes no banco, e secamos em estufa a 70° C por 5 h para que pudéssemos umedecer igualmente todas as placas. Essas foram incubadas em câmara de germinação a 25°C sob ciclos de 12:12 h claro:escuro, condições ótimas para sementes de Melastomataceae (Silveira 2013a), e umedecidas regularmente com solução de nistatina (1%) para controlar a proliferação de fungos (Lemos-Filho *et al.* 1997). A germinação, determinada pela protrusão da radícula, foi monitorada em intervalos de 24 h durante um intervalo de 60 dias, que é considerado suficiente para que ocorra a germinação de sementes não dormentes (Baskin & Baskin 2004) e permitir que a maior parte das sementes germine (Traveset & Verdú 2002). Ao final do experimento, as sementes que não germinaram foram embebidas em solução de cloreto de tetrazólio a 1% para verificar se os respectivos embriões permaneceram viáveis (Brasil 2009) e realizamos uma ANOVA para comparar as médias das sementes inviáveis dos tratamentos, seguida de Tukey ( $\alpha=0,05$ ).

A capacidade das sementes germinarem ao longo do tempo é um aspecto importante para prever o grau de sucesso de uma espécie (Donohue 2005). A análise de sobrevivência pode ser usada para avaliar a probabilidade das sementes germinarem em um determinado tempo, evitando a pseudoreplicação temporal inerente aos dados (Souza & Fagundes 2014). Portanto, avaliamos como a germinação (proporção de sementes germinadas) variou no tempo para cada tratamento e determinamos o tempo médio necessário para germinar 50% das sementes por meio de uma análise de sobrevivência com regressão de Weibull. Além disso, testamos o efeito dos tratamentos sobre a proporção de sementes germinadas em cada espécie de planta utilizando um GLM (Sileshi 2012, Crawley 2013) no Programa R (R Core Team 2014).

## RESULTADOS

BIOMETRIA DE FRUTOS. – Os frutos de *M. ligustroides* são maiores, mais pesados e contém em média seis vezes mais sementes do que os frutos de *M. pepericarpa* (Tabela 2). As sementes pesaram em conjunto 26,6% ( $4 \pm 1$  SD mg) da massa do fruto seco ( $15 \pm 4$ ) em *M. ligustroides* e 16,6% ( $1 \pm 0,8$  SD mg) da massa do fruto seco ( $6 \pm 2$ ) em *M. pepericarpa*. As massas secas dos frutos e das sementes também foram menores em *M. pepericarpa*, correspondendo a 40% e 25%, respectivamente, dos valores obtidos para *M. ligustroides*.

TABELA 2 – Biometria de frutos e sementes de *Miconia ligustroides* e de *Miconia pepericarpa* em áreas do Parque Estadual da Serra do Rola Moça, Minas Gerais, Brasil. (média  $\pm$  desvio padrão). \*\*\* $p < 0,001$ .

Espécie	N	Massa média fresca (mg)	Maior diâmetro médio (mm)	Massa média seca (mg)	Nº. médio sementes por fruto	Massa média sementes (mg)
<i>M. ligustroides</i>	48	$62 \pm 20$	$4,6 \pm 0,6$	$15 \pm 4$	$11,3 \pm 2,8$	$4 \pm 1$
<i>M. pepericarpa</i>	82	$27 \pm 7$	$3,6 \pm 0,4$	$6 \pm 2$	$1,86 \pm 0,7$	$1 \pm 0,8$
Teste t		14,4***	11,4***	15,6***	28,8***	14,9***

FENOLOGIA DE FRUTIFICAÇÃO. – Na área CR, o início da frutificação de *M. ligustroides* e *M. pepericarpa* ocorreu no fim da estação chuvosa, em março, quando os primeiros frutos maduros foram contabilizados, e o final ocorreu em julho (Figura 2A). A

disponibilidade de frutos para os dispersores foi maior nos meses de abril e maio para *M. ligustroides* e em março e abril para *M. pepericarpa*. Ao longo do período amostrado, a média de frutos produzidos por indivíduo de *M. ligustroides* foi de  $1332 \pm 837$  DP, o número de frutos contabilizados para um único indivíduo variou de zero a 697 em um dia e de 430 a 3213 no total. Para *M. pepericarpa*, a média de frutos produzidos por indivíduo durante a amostragem foi de  $1358 \pm 1412$  DP, o número de frutos contabilizados para um único indivíduo variou de zero a 1162 em um dia e de 78 a 4041 no total.

Na área CS, o início da frutificação de *M. ligustroides* e *M. pepericarpa* também ocorreu em março e o final em julho (Figura 2B). A disponibilidade de frutos para os dispersores foi maior nos meses de abril e maio tanto para *M. ligustroides* quanto para *M. pepericarpa*. A média de frutos produzidos por indivíduo de *M. ligustroides* foi de  $2340 \pm 2791$  DP ao longo do período amostrado, o número de frutos contabilizados para um único indivíduo variou de zero a 2088 em um dia e de dois a 10254 no total. Para *M. pepericarpa*, a média de frutos produzidos por indivíduo durante a amostragem foi de  $1217 \pm 1384$  DP, o número de frutos contabilizados para um único indivíduo variou de zero a 1162 em um dia e de 34 a 4606 no total.

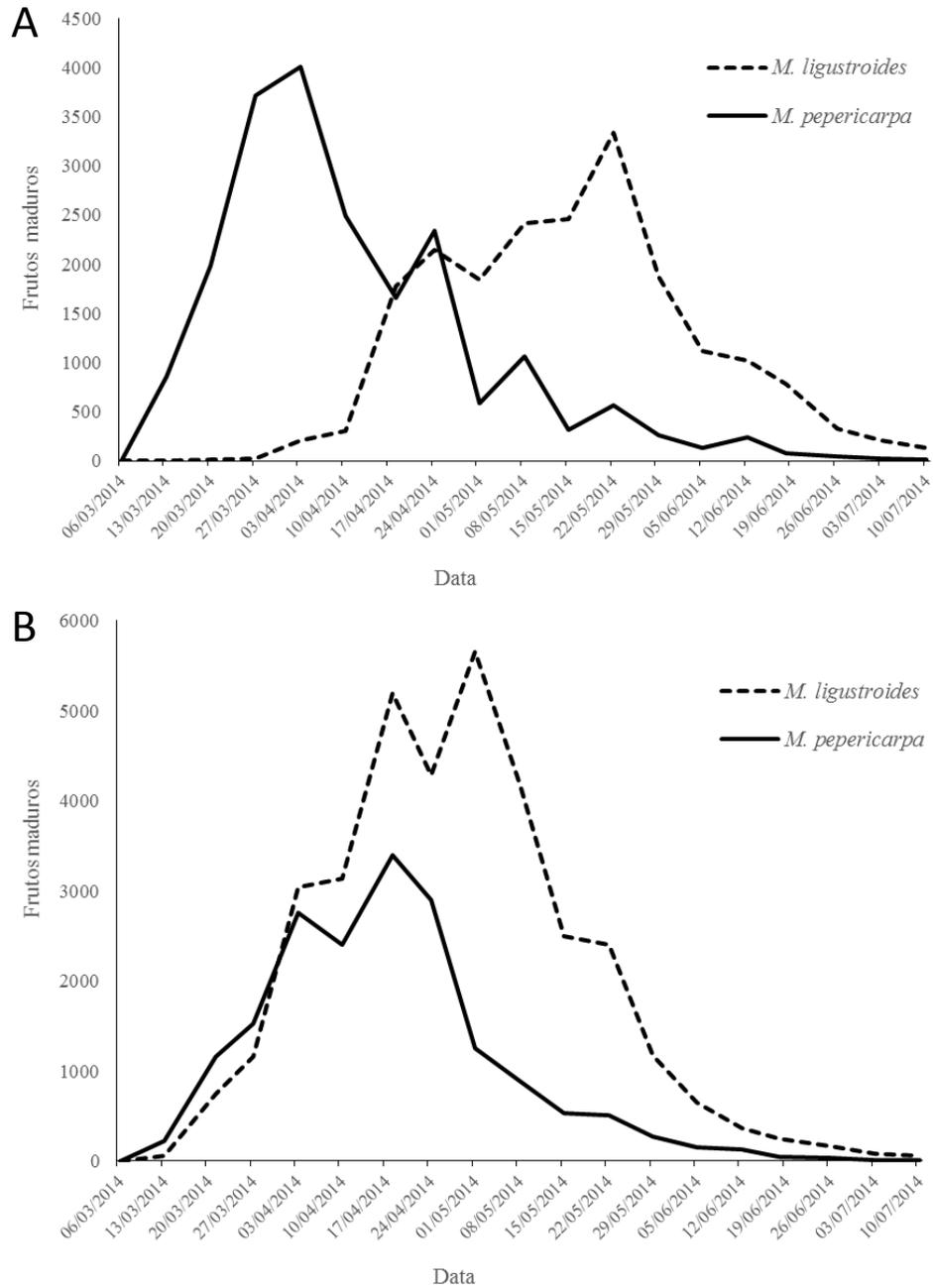


FIGURA 2 – Total de frutos maduros produzidos por 15 indivíduos de *Miconia ligustroides* e 15 indivíduos de *Miconia pepericarpa* (A) em área de campo rupestre ferruginoso e (B) em área de campo sujo entre março e julho de 2014 no Parque Estadual da Serra do Rola Moça, Minas Gerais, Brasil.

FRUGIVORIA E EFETIVIDADE DE DISPERSÃO DE SEMENTES. – Na área CR, registramos 93 visitas de aves a *M. ligustroides*, sendo 76 (81,7%) com consumo de frutos. Oito espécies pertencentes a quatro famílias ingeriram os frutos, com dominância de *Mimus saturninus* (Mimidae), seguida de *Schistochlamys ruficapillus* (Thraupidae) e *Elaenia* spp. (Tyrannidae) (Figura 3 e Tabela 3). *Embernagra longicauda* (Thraupidae) e

*Tangara cayana* (Thraupidae) foram os visitantes menos comuns, registrados uma e duas vezes, respectivamente, consumindo frutos de *M. ligustroides* no período amostrado. Todas as oito espécies engoliram os frutos inteiros. A taxa de visitação de aves foi de 0,82 visita/h e o número de frutos removidos por hora foi de 4,34 frutos/h.



FIGURA 3 – Aves que consumiram frutos de *Miconia ligustroides* em área de campo rupestre ferruginoso no Parque Estadual da Serra do Rola Moça, Minas Gerais, Brasil, (A) *Mimus saturninus*, (B) *Schistochlamys ruficapillus* e (C) *Elaenia* spp.; e de *Miconia pepericarpa* (D) *Elaenia* spp., (E) *Zonotrichia capensis* e (F) *S. ruficapillus*.

TABELA 3 – Espécies de aves observadas consumindo os frutos de *Miconia ligustroides*, número de visitas com ingestão de frutos, consumo médio de frutos por visita e tempo médio de visita em área de campo rupestre ferruginoso do Parque Estadual da Serra do Rola Moça, Minas Gerais, Brasil. (média ± desvio padrão). \*Inclui as visitas com e sem consumo de frutos.

Espécie	Visitas com ingestão de frutos	Consumo médio de frutos por visita	Tempo de visita (seg)*
Tyrannidae			
<i>Elaenia</i> spp.	14	2,1 ± 1,1	45,0 ± 24,5
<i>Knipolegus lophotes</i>	3	1,0 ± 0	30,0 ± 0
Turdidae			
<i>Turdus leucomelas</i>	3	7,0 ± 3,6	67,5 ± 37,7
Mimidae			
<i>Mimus saturninus</i>	29	9,7 ± 6,2	107,6 ± 63,9
Thraupidae			
<i>Cypsnagra hirundinacea</i>	4	3,0 ± 1,4	52,5 ± 15,0
<i>Embernagra longicauda</i>	1	5,0	30,0
<i>Schistochlamys ruficapillus</i>	20	6,6 ± 5,0	80,9 ± 53,8
<i>Tangara cayana</i>	2	2,5 ± 0,7	75,0 ± 63,6

Para *M. pepericarpa*, foram registradas 173 visitas de aves, sendo 131 (75,7%) com consumo de frutos. Dez espécies pertencentes a cinco famílias ingeriram os frutos, com predominância de *Zonotrichia capensis* (Passerellidae), seguida de *Elaenia* spp. e *S. ruficapillus* (Figura 3 e Tabela 4). *Neothraupis fasciata* (Thraupidae), *Eupsittula aurea* (Psittacidae) e *T. cayana* (Thraupidae) foram os visitantes menos comuns, registrados uma única vez ingerindo frutos de *M. pepericarpa*. Oito das dez espécies engoliram os frutos inteiros. *E. aurea* mascou os frutos, engolindo-os inteiros e *Z. capensis* frequentemente mascou os frutos deixando, em algumas ocasiões, cair parte dos frutos ou sementes. Entretanto, o pequeno tamanho do fruto dificultou quantificar as sementes ingeridas e/ou perdidas nestes casos. A taxa de visitação de aves foi de 1,34 visita/h e o número de frutos removidos por hora foi de 5,32 frutos/h.

As assembleias de aves dispersoras das espécies de *Miconia* estudadas foram similares (Índice de Jaccard = 0,64). Com exceção de *Turdus leucomelas* (Turdidae), registrado apenas para *M. ligustroides*, e de *E. aurea*, *N. fasciata* e *Z. capensis*, registrados apenas para *M. pepericarpa*, as outras sete aves foram comuns às duas espécies de planta.

TABELA 4 – Espécies de aves observadas consumindo os frutos de *Miconia pepericarpa*, número de visitas com ingestão de frutos, consumo médio de frutos por visita e tempo médio de visita em área de campo rupestre ferruginoso do Parque Estadual da Serra do Rola Moça, Minas Gerais, Brasil. (média ± desvio padrão). \*Inclui as visitas com e sem consumo de frutos.

Espécie	Visitas com ingestão de frutos	Consumo médio de frutos por visita	Tempo de visita (seg)*
Psittacidae			
<i>Eupsittula aurea</i>	1	10,0	120,0
Tyrannidae			
<i>Elaenia</i> spp.	20	3,25 ± 2,4	109,3 ± 132,2
<i>Knipolegus lophotes</i>	4	3,5 ± 3,7	53,4 ± 13,0
Mimidae			
<i>Mimus saturninus</i>	4	15,5 ± 12,9	128,6 ± 120,9
Thraupidae			
<i>Cypsnagra hirundinacea</i>	2	4,0 ± 1,4	150 ± 42,4
<i>Embernagra longicauda</i>	2	6,0 ± 1,4	67,5 ± 37,7
<i>Neothraupis fasciata</i>	1	4,0	52,5 ± 15,0
<i>Schistochlamys ruficapillus</i>	15	6,3 ± 5,9	136,9 ± 96,7
<i>Tangara cayana</i>	1	2,0	120,0
Passerellidae			
<i>Zonotrichia capensis</i>	80	5,1 ± 4,4	141,8 ± 163,9

Pizo & Galetti (2010) apontaram um esforço amostral de 60 h como suficiente para oferecer uma boa estimativa da comunidade de aves dispersoras de espécies da flora do cerrado. Consideramos nosso esforço suficiente para amostrar os principais visitantes de ambas as espécies na área CR, uma vez que o total observado de espécies dispersoras para *M. ligustroides* (oito) e *M. pepericarpa* (10) foi próximo aos valores estimados (7,05 - 8,99 e 11,46 - 13,98, respectivamente) conforme os estimadores de riqueza utilizados (veja Curvas de Acumulação de Espécies em Material Suplementar). Além disso, o número máximo observado de espécies foi alcançado com 76 h para *M. ligustroides* e 106 h para *M. pepericarpa*. Na área CS a frequência de visitação foi baixa e optamos por concentrar o esforço amostral na área CR.

Os CQs da efetividade da dispersão de *M. ligustroides* e de *M. pepericarpa* podem ser visualizados nas paisagens de EDS (*seed dispersal effectiveness landscape*), nas quais as isolinhas conectam todas as combinações de valores de taxa de visita e de consumo de frutos por visitas que geram a mesma efetividade quantitativa da dispersão (Figuras 4 e 5). *M. saturninus* (CQ=2,5) e *S. ruficapillus* (CQ=1,17) apresentaram os

maiores valores de CQ para *M. ligustroides*, seguidos de *Elaenia* spp. (CQ=0,26) e de *T. leucomelas* (CQ=0,18). Para *M. pepericarpa* foram *Z. capensis* (CQ=3,16) e *S. ruficapillus* (CQ=0,73), seguidos de *Elaenia* spp. (CQ=0,50) e de *M. saturninus* (CQ=0,48).

### Componente Quantitativo

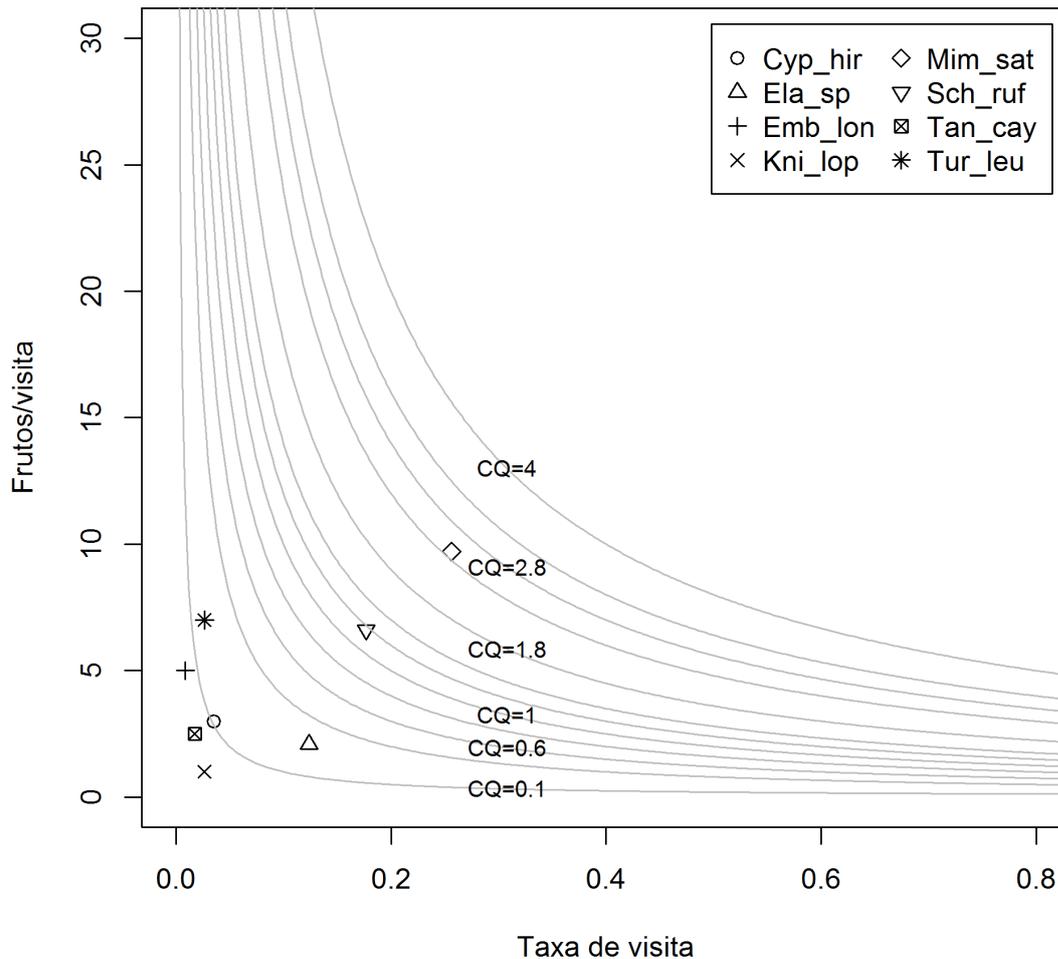


FIGURA 4 – Componente quantitativo (CQ) da efetividade da dispersão de sementes (EDS) de *Miconia ligustroides* em área de campo rupestre ferruginoso, de abril a junho de 2014, no Parque Estadual da Serra do Rola Moça, Minas Gerais, Brasil.

## Componente Quantitativo

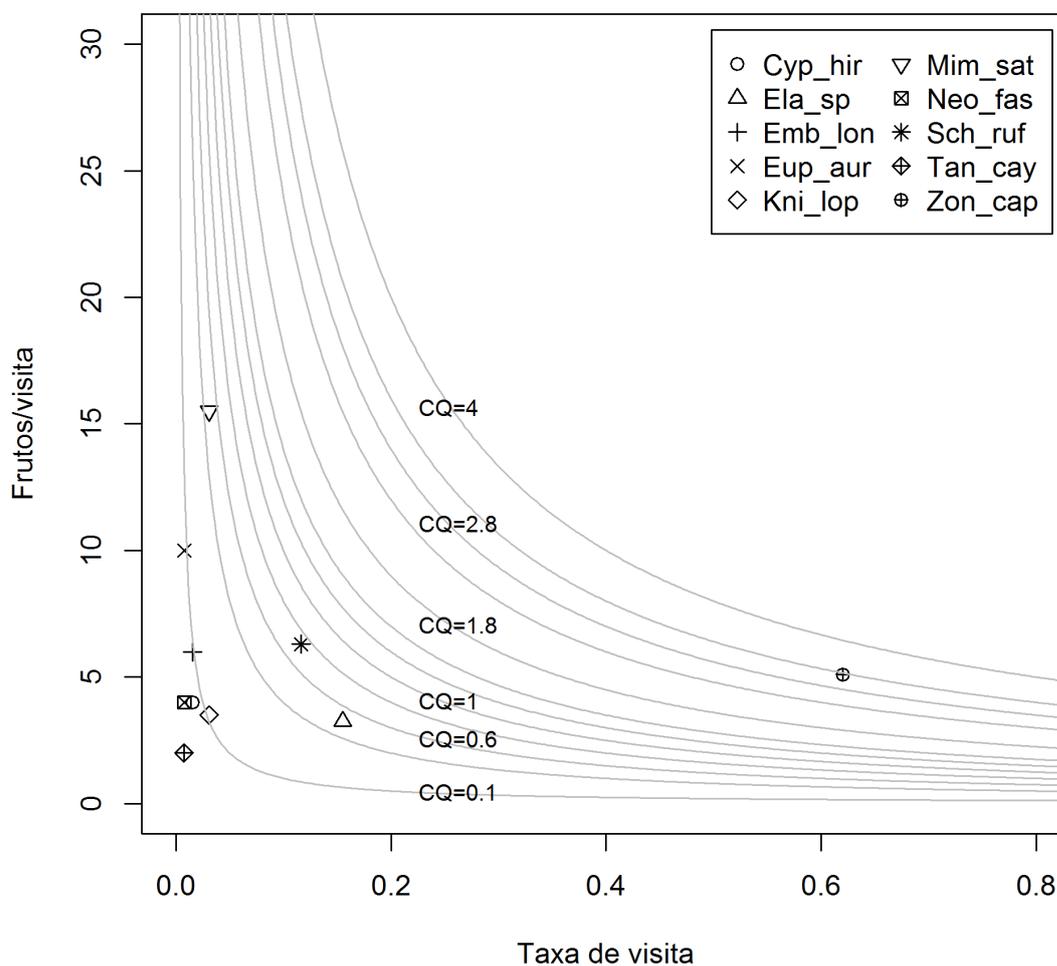


FIGURA 5 – Componente quantitativo (CQ) da efetividade da dispersão de sementes (EDS) de *Miconia pepericarpa* em área de campo rupestre ferruginoso, de março a maio de 2014, no Parque Estadual da Serra do Rola Moça, Minas Gerais, Brasil.

Na área CS, observou-se apenas três visitas de aves a *M. ligustroides*, duas com ingestão de frutos. Em ambas as visitas, *T. leucomelas* foi a única espécie vista se alimentando dos frutos. Para *M. pepericarpa*, apenas *Z. capensis* foi registrada três vezes visitando a planta, com dois registros de consumo de frutos. Devido à baixa taxa de visitação registrada nessa área tanto para *M. ligustroides* (0,1 visita/ h) quanto para *M. pepericarpa* (0,14 visita/ h), e ao baixo número de frutos removidos por hora (0,43 frutos/h e 0,59 frutos/h, respectivamente), o esforço amostral foi interrompido.

BIOMETRIA DE AVES. – *E. aurea* e *M. saturninus* foram as maiores e mais pesadas aves que registramos em campo consumindo os frutos de *M. pepericarpa* (Tabela 5). Para *M. ligustroides*, as aves maiores e mais pesadas foram *M. saturninus* e *T. leucomelas*.

TABELA 5 – Média  $\pm$  desvio padrão da massa corporal, comprimento corporal e abertura do bico de aves que consomem frutos de *Miconia ligustroides* e *Miconia pepericarpa* em área de campo rupestre ferruginoso do Parque Estadual da Serra do Rola Moça, Minas Gerais, Brasil. Os espécimes pertencem às coleções científicas de aves da Universidade Federal de Minas Gerias e do Museu de Ciências Naturais da Pontifícia Universidade Católica.

Espécie	N	Massa corporal (g)	Comprimento total (mm)	Abertura do bico (mm)
<i>Cypsnagra hirundinacea</i>	1	34,0	168,0	11,0
<i>Elaenia cristata</i>	15	19,4 $\pm$ 1,6	151,4 $\pm$ 7,9	9,0 $\pm$ 1,4
<i>Embernagra longicauda</i>	8	39,0 $\pm$ 4,4	207 $\pm$ 22,7	10,8 $\pm$ 0,6
<i>Eupsittula aurea</i>	7	87,2 $\pm$ 6,6	286,4 $\pm$ 10,3	11,8 $\pm$ 0,9
<i>Knipolegus lophotes</i>	6	36,5 $\pm$ 4,5	217,7 $\pm$ 8,1	11,2 $\pm$ 1,2
<i>Mimus saturninus</i>	5	80,3 $\pm$ 4,7	277,0 $\pm$ 8,0	13,4 $\pm$ 1,1
<i>Neothraupis fasciata</i>	4	35,6 $\pm$ 1,25	177,0 $\pm$ 6,2	10,6 $\pm$ 0,8
<i>Schistochlamys ruficapillus</i>	15	35,0 $\pm$ 3,0	184,6 $\pm$ 9,4	10,6 $\pm$ 0,8
<i>Tangara cayana</i>	15	20,8 $\pm$ 2,2	148,5 $\pm$ 10,5	8,0 $\pm$ 0,6
<i>Turdus leucomelas</i>	15	67,3 $\pm$ 7,0	241,3 $\pm$ 13,2	11,0 $\pm$ 1,5
<i>Zonotrichia capensis</i>	15	20,8 $\pm$ 2,3	147,1 $\pm$ 9,0	7,8 $\pm$ 0,6

PASSAGEM PELO TRATO DIGESTÓRIO DE AVES E GERMINAÇÃO DAS SEMENTES. – Em todos os tratamentos realizados, observamos a germinação de sementes. Entretanto, no tratamento de frutos intactos, em uma réplica de *M. ligustroides* e em quatro réplicas de *M. pepericarpa*, nenhuma semente germinou durante o experimento. Para *M. ligustroides* o percentual de germinação foi de 58,1  $\pm$  31,2% nos frutos intactos e 100% nas sementes extraídas manualmente de frutos e nas defecadas por *S. ruficapillus* e em *T. leucomelas*. Para *M. pepericarpa* o percentual de germinação foi de 22,2  $\pm$  34,4% nos frutos intactos, 95,4  $\pm$  5,5% nas sementes extraídas manualmente de frutos e 100% em *S. ruficapillus*. Os resultados do GLM mostraram que os tratamentos tiveram efeito significativo (*M. ligustroides*: F=56,845, P<0,001; *M. pepericarpa*: F=36,553, P<0,001) sobre a germinação das sementes de ambas as espécies de planta, sendo o percentual de germinação no tratamento frutos intactos menor que os demais (Figura 6A e B). Além disso, não houve diferença entre o número de sementes inviáveis em cada tratamento ao

final do experimento ( $F=0,1757$  e  $P=0,8404$ ;  $F=1,504$  e  $P=0,2586$ , *M. ligustroides* e *M. pepericarpa* respectivamente).

O tempo médio necessário para 50% da germinação de sementes de *M. ligustroides* foi de aproximadamente 58 dias em frutos intactos, 21 dias em sementes extraídas manualmente de frutos, 20 dias em *S. ruficapillus* e 19 dias em *T. leucomelas* (Figura 7A). Para *M. pepericarpa* o tempo para 50% da germinação de sementes foi cerca de 27 dias em sementes extraídas manualmente de frutos e 31 dias em *S. ruficapillus* (Figuras 7B). Não foi possível calcular esse tempo para o tratamento de frutos intactos de *M. pepericarpa*, uma vez que menos de 50% das sementes germinaram no conjunto de suas réplicas. A análise de sobrevivência com regressão de Weibull mostrou que para *M. ligustroides* a germinação em função do tempo diferiu entre os tratamentos ( $QV= 1554,58$ ,  $P<0,001$ ) e as sementes dentro de frutos intactos germinaram em menor proporção e demoraram mais tempo para germinar (Figura 7A). Para *M. pepericarpa*, a germinação em função do tempo também diferiu entre os tratamentos ( $QV=1246,19$ ,  $P<0,001$ ), mas todos foram diferentes entre si (Figura 7B).

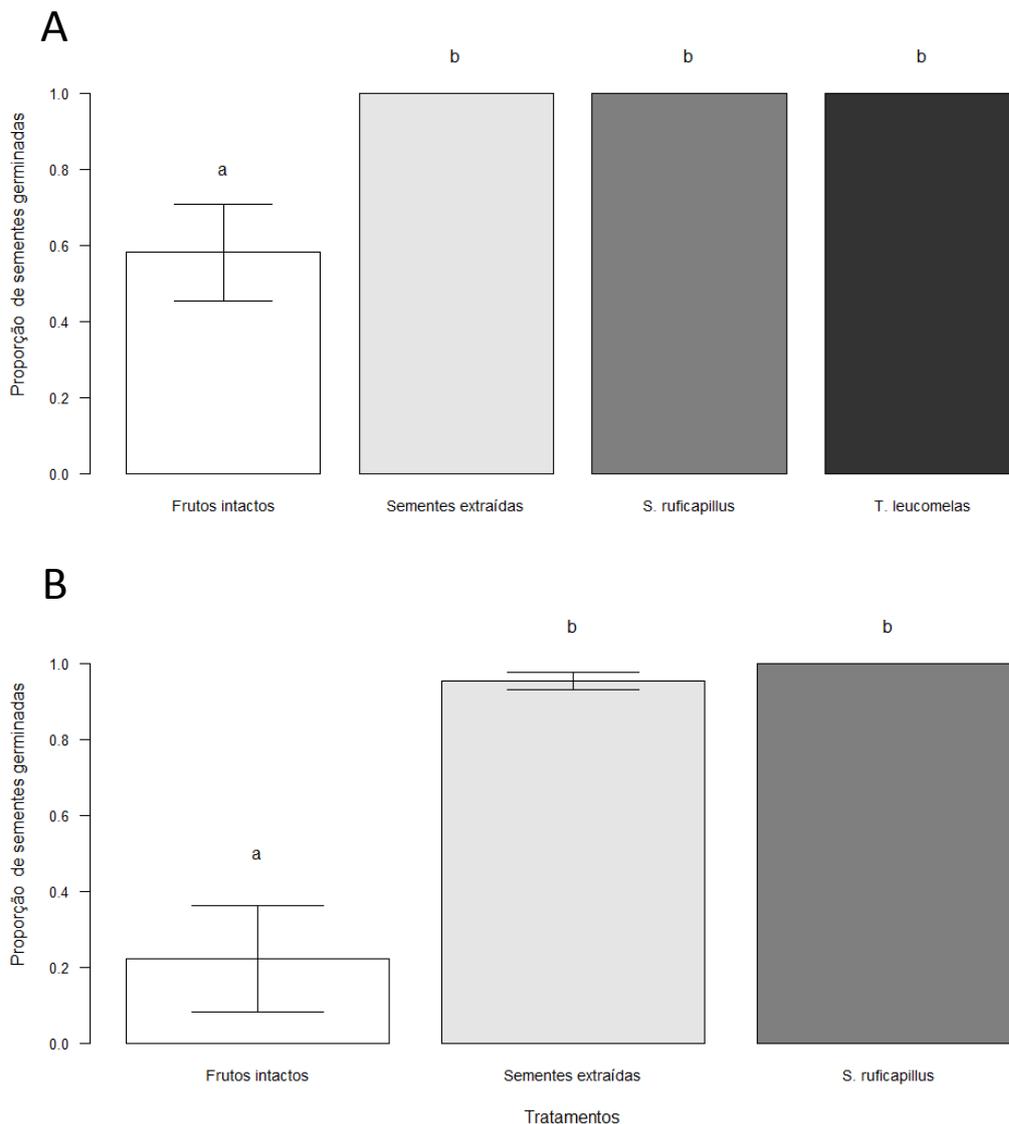


FIGURA 6 – Porcentagem final de germinação de sementes de (A) *Miconia ligustroides* em quatro tratamentos experimentais: frutos intactos, sementes extraídas manualmente de frutos, sementes defecadas por *Schistochlamys ruficapillus* e *Turdus leucomelas*; e de (B) *Miconia pepericarpa* em três tratamentos experimentais: frutos intactos, sementes extraídas manualmente de frutos e sementes defecadas por *S. ruficapillus*. O GLM mostra que o percentual de germinação no tratamento frutos intactos é menor do que nos demais tratamentos (*M. ligustroides*:  $F=56,845$ ,  $P<0,001$ ; *M. pepericarpa*:  $F=36,553$ ,  $P<0,001$ ).

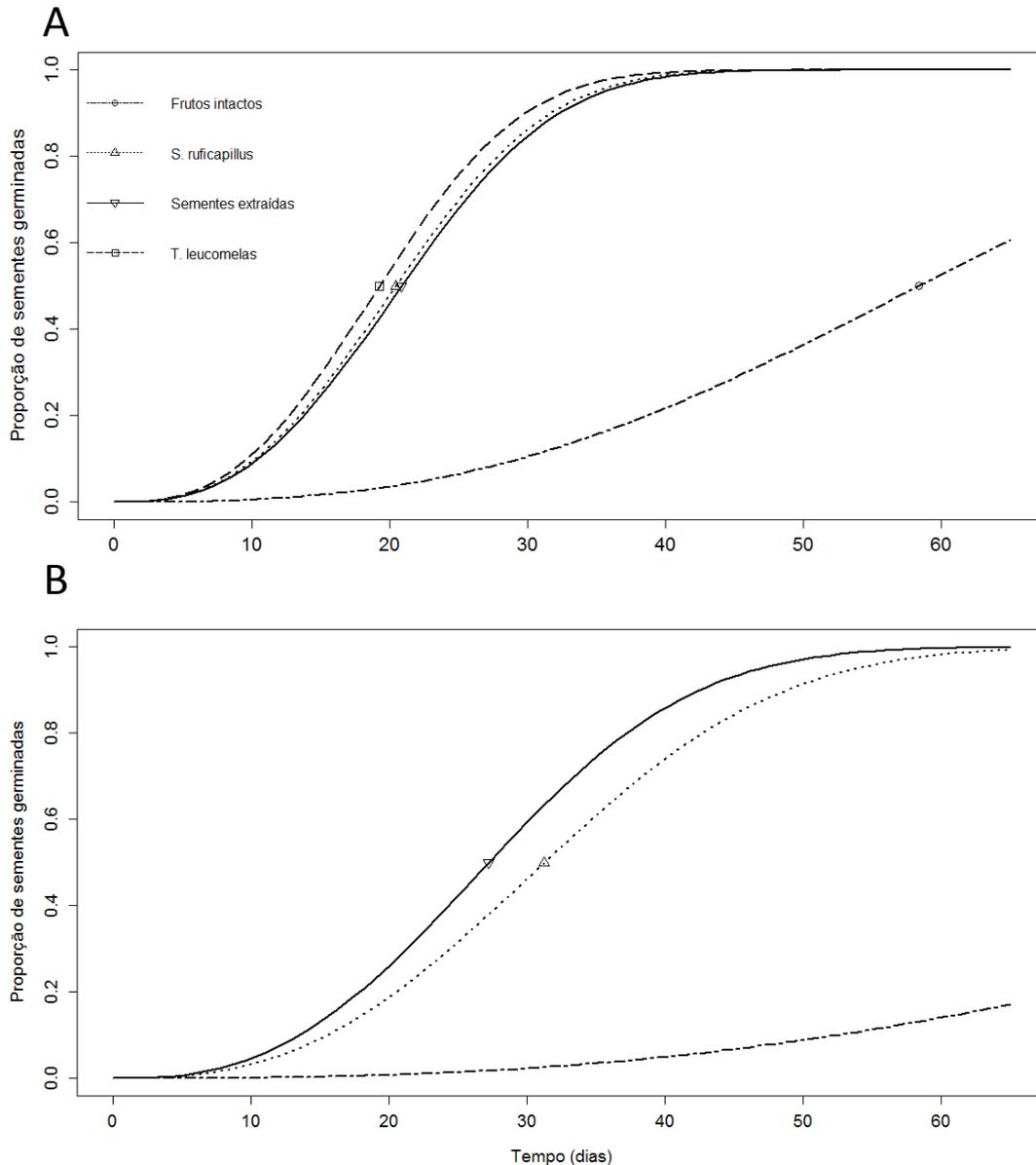


FIGURA 7 – Proporção de sementes germinadas em função do tempo (A) de *Miconia ligustroides* e (B) de *Miconia pepericarpa* em diferentes tratamentos experimentais. A análise de sobrevivência mostra que a germinação em função do tempo difere entre os tratamentos (*M. ligustroides*: QV= 1554,58, P<0,001, *M. pepericarpa*: QV=1246,19, P<0,001), sendo que sementes dentro de frutos intactos difere dos demais tratamentos para *M. ligustroides* e para *M. pepericarpa* todos os tratamentos são diferentes entre si.

## DISCUSSÃO

Em relação ao CQ da EDS, *M. saturninus* e *S. ruficapillus* foram os dispersores quantitativamente mais efetivos para *M. ligustroides*. É possível que o elevado consumo nessas espécies esteja associado ao maior tamanho corporal em relação às outras aves e também a preferências alimentares, já que essas aves foram frequentemente observadas

consumindo os frutos de outras espécies de *Miconia* em ambientes neotropicais (Allenspach & Dias 2012, Allenspach *et al.* 2012, Maruyama *et al.* 2013). *Elaenia* spp. (14 visitas) foi quase tão observada quanto *S. ruficapillus* (15 visitas), mas seu consumo relativamente baixo em cada visita fez com que seu CQ ficasse próximo ao de *T. leucomelas*, um visitante pouco comum, mas com elevada taxa de consumo. Um dos fatores que determinaram o baixo consumo de *Elaenia* spp. em *M. ligustroides* foi seu comportamento frequente de pairar para capturar os frutos (Moermond & Denslow 1985), de modo que apenas um fruto fosse capturado de cada vez. Logo, as espécies de dispersores não são igualmente confiáveis, podendo diferir tanto no componente quantitativo quanto no componente qualitativo da EDS (Loiselle & Blake 1999). Diferenças nos padrões de seleção de frutos e no comportamento de forrageamento tem consequências imediatas para a dispersão de sementes, interferindo diretamente no número absoluto de sementes removidas de uma planta (Jordano & Schupp 2000).

Para *M. pepericarpa*, *Z. capensis* e *S. ruficapillus* foram os visitantes com mais alto valor de CQ. Entretanto, *Z. capensis* é um mascador e sua contribuição pode apresentar uma redução correspondente às sementes que eventualmente caíram ao se alimentar dos frutos, mas o pequeno tamanho de frutos e sementes impossibilitou quantificar o número de sementes perdidas. Nesse sentido, engolidores devem ser dispersores mais efetivos do que mascadores, pois engolem os frutos inteiros (Levey 1987). Apesar disso, Allenspach *et al.* (2012) observaram que mesmo nas ocasiões em que indivíduos de *Z. capensis* mascaram os frutos de *M. ligustroides*, que foram em média 28% maiores do que os frutos de *M. pepericarpa* em nosso estudo, os engoliam totalmente.

Considerando que a aptidão da planta mãe depende fortemente das taxas de remoção das sementes pelos dispersores (Willson & Traveset 2000), tais aves desempenham papel crucial na ecologia reprodutiva das espécies vegetais estudadas. No entanto, os aspectos que determinam as diferenças na EDS ainda não estão claros. Allenspach *et al.* (2012) não encontraram correlação entre o consumo médio de frutos por visitas e a massa corporal em área de cerrado. Loiselle & Blake (1999), em estudo feito em florestas úmidas na Costa Rica, observaram que a abundância de aves não é um preditor da EDS e que diferenças na seleção dos frutos influenciam o componente quantitativo da dispersão. Logo, é possível que a frequência de visitação esteja relacionada à abundância das aves, que a taxa de consumo esteja relacionada ao tamanho corporal das mesmas e que ambos se relacionem com as preferências

alimentares das espécies, mas são necessários estudos mais amplos nesse sentido. Independente das causas, o padrão geral observado em *M. ligustroides* e *M. pepericarpa*, em que uma ou duas espécies são responsáveis por altos valores de CQ, tem implicações diretas para a resiliência dos seus sistemas de dispersão, pois a EDS total de cada planta se torna mais sensível a mudanças na abundância de uma única espécie de dispersor quantitativamente importante do que se houvesse mais redundância de dispersores com altos CQ (Schupp *et al.* 2010).

Em relação à qualidade da dispersão, a germinação de sementes presentes nas fezes dos frugívoros é dos aspectos que mais tem sido avaliados (Schupp *et al.* 2010). Os resultados obtidos no experimento realizado com frugívoros em cativeiro mostraram um efeito positivo bastante significativo do despulpamento provido pelas aves na germinação das sementes (Samuels & Levey 2005, Traveset *et al.* 2007), semelhante ao descrito para algumas espécies de Melastomataceae do cerrado (Silveira *et al.* 2012). Apesar da dormência relatada para ambas as espécies estudadas (Silveira *et al.* 2013b), observou-se a germinação bem sucedida das sementes no experimento, o que pode resultar de distintas respostas genéticas a variações ambientais experimentadas pelas populações (Donohue 2005). É provável que a fenologia da floração e da dispersão sejam fatores mais importantes para determinar o tempo de germinação (Donohue 2005). Além disso, não verificamos efeito de escarificação sobre o tegumento das sementes devido à passagem pelo tubo digestório das aves (Traveset & Verdú 2002). Dessa forma, nossos dados sugerem que as aves podem ser igualmente confiáveis quanto ao subcomponente qualitativo da EDS resultante da probabilidade de uma semente dispersada sobreviver em condição viável à manipulação pelo dispersor (Schupp 1993, Schupp *et al.* 2010). Este resultado está de acordo com o esperado para os sistemas de dispersão generalistas, nos quais é o conjunto de frugívoros oportunistas que dispersa as sementes coletivamente de forma efetiva (Mckey 1975, Howe 1993). Portanto, no sistema estudado, a EDS parece ser mais determinada pelo componente quantitativo do que pelo qualitativo.

Portanto, podemos considerar que os sistemas de dispersão envolvendo as espécies de *Miconia* aqui estudadas e seus dispersores são exemplos de estratégia generalista. Nossos resultados estão de acordo com outros estudos que mostraram que as espécies do gênero produzem frutos abundantes durante o período de frutificação e que estes são consumidos por espécies de aves frugívoras oportunistas, incluindo um estudo realizado com *M. ligustroides* em um fragmento de cerrado no sudeste do Brasil

(Manhães *et al.* 2003, Fadini & Marco Jr. 2004, Gridi-Papp *et al.* 2004, Allenspach & Dias 2012, Allenspach *et al.* 2012, Maruyama *et al.* 2013). Nesses estudos, o número de frugívoros observados consumindo os frutos de *Miconia* variou de quatro a 33 espécies. Aqui, observamos um número relativamente baixo de espécies consumindo frutos de *M. ligustroides* (8) e *M. pepericarpa* (10). Os fatores que determinaram essa grande variação no número de frugívoros que se alimentam dos frutos de *Miconia* podem envolver diferenças na comunidade de frugívoros desses ambientes, no grau de perturbação das áreas, no método e nos diferentes esforços de amostragem em cada estudo.

O período de frutificação de *M. ligustroides* e *M. pepericarpa* ocorreu na transição entre o período de chuvas e o período seco, quando em geral poucos frutos estão disponíveis para a comunidade de aves frugívoras. A produção de frutos pelos indivíduos marcados de *M. ligustroides* e *M. pepericarpa* apresentou o mesmo padrão descrito para *Struthanthus flexicaulis* (Loranthaceae) em afloramento rochoso no sudeste do Brasil, no qual houve uma contribuição desproporcional de poucos indivíduos para a produção total da população (Guerra & Pizo 2014). Esse padrão pode ser explicado pela existência de variação intra-populacional nos tamanhos dos indivíduos amostrados.

Além disso, a segregação temporal entre os picos de frutificação de ambas as espécies e a sobreposição entre suas assembleias de dispersores (Índice de Jaccard = 0,64) verificadas na área CR, oferecem um indicativo de que a frutificação sequencial de espécies simpátricas de *Miconia* evite a competição interespecífica por agentes dispersores, conforme anteriormente sugerido em ambientes florestais (Snow 1965, Poulin *et al.* 1999, Kessler-Rios & Kattan 2012). Por outro lado, os resultados de um estudo feito em três áreas de cerrado no sudeste brasileiro não corroboraram a hipótese de frutificação sequencial (Maruyama *et al.* 2013).

*Z. capensis* constitui uma diferença importante entre as assembleias de dispersores, já que foi um visitante muito frequente em *M. pepericarpa*, mas quase ausente da área durante a observação focal de *M. ligustroides*. Possivelmente, essa diferença entre as assembleias decorra da associação entre o menor tamanho do bico de *Z. capensis* e o menor tamanho dos frutos de *M. pepericarpa* mas, conforme mencionado acima, *Z. capensis* alimentou-se de *M. ligustroides* em uma área de cerrado (Allenspach *et al.* 2012). Tal fato sugere que a frugivoria observada nessa espécie

decorra da escassez de recursos nesses ambientes e seja regional ou sazonal, oferecendo um campo interessante para pesquisas futuras.

Por fim, perturbações no hábitat, como a poluição sonora, afetam negativamente a dispersão de sementes, reduzindo a riqueza de espécies de aves frugívoras e as taxas de visitação e de remoção de frutos (Galetti *et al.* 2003, Staggemeier & Galetti 2007, Francis *et al.* 2009, 2012). Possivelmente, o barulho proveniente do tráfego é o fator que mais contribui para a redução de diversidade, riqueza e abundância média de aves nas imediações de rodovias movimentadas (Rheindt 2003). A área CS está localizada nas proximidades de uma rodovia (BR – 356), onde pode ser percebido um ruído constante ao longo do dia. Então, é provável que a baixa taxa de visitação e a baixa taxa de consumo de frutos registradas nessa área para as espécies de *Miconia* estudadas, seja consequência dos níveis elevados de ruídos provocados pelo fluxo de veículos na referida rodovia.

Concluindo, é importante destacar que diferenças anuais na composição da assembleia de frugívoros podem gerar efeitos importantes na dinâmica e no sucesso da dispersão de sementes produzindo efeitos imediatos no componente quantitativo da EDS (Jordano & Schupp 2000). Além disso, uma questão chave é que a dispersão raramente é mediada por um único agente de dispersão, podendo implicar movimentos subsequentes à ação do dispersor primário envolvendo outros agentes (Levin *et al.* 2003, Silveira *et al.* 2013a). Outra questão importante é que para determinar o quão crucial o despolpamento das sementes é para permitir a germinação, é necessário que os experimentos sejam também conduzidos em campo, onde as condições físico-químicas e os processos biológicos são bastante diferentes dos laboratoriais (Traveset *et al.* 2007). Diante do exposto, consideramos que as diferenças anuais na composição da assembleia de frugívoros, as várias fases que envolvem a dispersão, bem como a condução de experimentos de germinação em campo constituem temas interessantes para futuras pesquisas nesse tipo de ambiente.

## REFERÊNCIAS

- Allenspach N., Dias M.M. 2012. Frugivory by birds on *Miconia albicans* (Melastomataceae), in a fragment of cerrado in São Carlos, southeastern Brazil. *Brazilian Journal of Biology* 72(2): 407-413.

- Allenspach N., Telles M., Dias M.M. 2012. Phenology and frugivory by birds on *Miconia ligustroides* (MELASTOMATACEAE) in a fragment of cerrado, southeastern Brazil. *Brazilian Journal of Biology* 72(4): 859-864.
- Baldwin S.P., Oberholser H.C., Worley L.G. 1931. Measurements of birds. *Scientific Publications of the Cleveland Museum of Natural History* 2: 1-165.
- Baskin J.M., Baskin C.C. 2004. A classification system for seed dormancy. *Seed Science Research* 14: 1-16.
- Boucher D.H., James S., Keeler K.H. 1982. The ecology of mutualism. *Annual Review of Ecology and Systematics* 13: 315-347.
- Brasil. 2009. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regras para análise de sementes. Mapa/ACS, Brasília. Disponível em: [http://www.agricultura.gov.br/arq\\_editor/file/2946\\_regras\\_analise\\_\\_sementes.pdf](http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/2946_regras_analise__sementes.pdf) [10.11.2014].
- CBRO. 2014. Lista das aves do Brasil. Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos, Sociedade Brasileira de Ornitologia. Disponível em: <http://www.cbro.org.br/CBRO/listabr.htm> [19.01.2014].
- Cestari C., Pizo M.A. 2013. Context dependence in seed removal by lekking and non-lekking frugivorous birds in Atlantic forest. *Wilson Journal of Ornithology* 125(3): 546-551.
- Crawley M.J. 2013. *The R book*. 2ed. Chichester, United Kingdom, John Wiley & Sons, Ltd.
- Donohue K. 2005. Seeds and seasons: interpreting germination timing in the field. *Seed Science Research* 15: 175-187.
- Fadini R.F., Marco Jr. P. 2004. Interações entre aves frugívoras e plantas em um fragmento de mata atlântica de Minas Gerais. *Ararajuba* 12(1): 15-21.
- Fleming T.H., Kress W.J. 2011. A brief history of fruits and frugivores. *Acta Oecologica* 37(6): 521-530.
- Francis C.D., Kleist N.J., Ortega C.P., Cruz A. 2012. Noise pollution alters ecological services: enhanced pollination and disrupted seed dispersal. *Proceedings of the Royal Society B* 279: 2727-2735.
- Francis C.D., Ortega C.P., Cruz A. 2009. Noise pollution changes avian communities and species interactions. *Current Biology* 19 (16): 1415-1419.

- Galetti M., Alves-Costa C.P., Cazetta E. 2003. Effects of forest fragmentation, anthropogenic edges and fruit colour on the consumption of ornithocoric fruits. *Biological Conservation* 111: 269–273.
- Galetti M., Guevara R., Côrtes M.C., Fadini R., Matter S.V., Leite A.B., Labecca F., Ribeiro T., Carvalho C.S., Collevatti R.G., Pires M.M., Guimarães Jr. P.R., Brancalion P.H., Ribeiro M.C., Jordano P. 2013. Functional extinction of birds drives rapid evolutionary changes in seed size. *Science* 340: 1086–1090.
- Galetti M., Pizo M.A. 1996. Fruit eating by birds in a forest fragment in southeastern Brazil. *Ararajuba* 4: 71-79.
- Galetti M., Pizo M.A., Morellato P.C. 2004. Fenologia, frugivoria e dispersão de sementes. In: Cullen Jr. L., Rudran R., Valladares-Pádua C. (org.) *Métodos de estudo em biologia da conservação e manejo da vida silvestre*. Editora Universidade Federal do Paraná. 665 p.
- Goldenberg R. 2004. O gênero *Miconia* (Melastomataceae) no Estado do Paraná, Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 18(4): 927-947.
- Goldenberg R., Penneys D.S., Almeda F., Judd W.S., Michelangeli F.A. 2008. Phylogeny of *Miconia* (Melastomataceae): patterns of stamen diversification in a megadiverse neotropical genus. *International Journal of Plant Sciences* 169(7): 963–979.
- Goldenberg R., Almeda F., Meirelles J., Caddah M.K., Michelangeli F.A., Martins A.B., Weiss M. 2013. Nomenclator botanicus for the neotropical genus *Miconia* (Melastomataceae: Miconieae). *Phytotaxa* 106 (1).
- Graham C.H., Moermond T.C., Kristensen K.A., Mvukiyumwami J. 1995. Seed dispersal effectiveness by two bulbuls on *Maesa lanceolata*, an African montane forest tree. *Biotropica* 27(4): 479-486.
- Gridi-Papp C.O., Gridi-Papp M. & Silva W.R. 2004. Differential fruit consumption of two Melastomataceae by birds in Serra da Mantiqueira, Southeastern Brazil. *Ararajuba* 12: 5–10.
- Guarçoni E.A.E., Paula C.C., Costa A.F. 2010. Bromeliaceae do Parque Estadual da Serra do Rola-Moça, Minas Gerais. *Rodriguésia* 61(3): 467-490.
- Guerra T.J., Pizo M.A. 2014. Asymmetrical dependence between a neotropical mistletoe and its avian seed disperser. *Biotropica* 46(3): 285–293.
- Gwynne J.A., Ridgely R.S., Tudor G., Argel M. 2010. *Aves do Brasil: Pantanal e Cerrado*. Editora Horizonte, São Paulo. 322 p.

- Howe H.F. 1993. Specialized and generalized dispersal systems: where does ‘the paradigm’ stand? *Vegetatio* 107/108: 3–13.
- Howe H.F., Miriti M.N. 2004. When seed dispersal matters. *BioScience* 54(7): 651-660.
- Howe H.F., Smallwood J. 1982. Ecology of seed dispersal. *Annual Review of Ecology and Systematics* 13: 201-228.
- Jacobi C.M., Carmo F.F., Vincent R.C. 2008. Estudo fitossociológico de uma comunidade vegetal sobre canga como subsídio para a reabilitação de áreas mineradas no quadrilátero ferrífero, MG. *R. Árvore* 32(2): 345-353.
- Jacomassa F.A.F., Pizo M.A. 2010. Birds and bats diverge in the qualitative and quantitative components of seed dispersal of a pioneer tree. *Acta Oecologica* 36:493-496.
- Janzen D.H. 1970. Herbivores and the number of tree species in tropical forests. *The American Naturalist* 104(940): 501-528.
- Jordano P. 1987. Patterns of mutualistic interactions in pollination and seed dispersal: connectance, dependence asymmetries, and coevolution. *The American Naturalist* 129(5): 657-677.
- Jordano P., Schupp E.W. 2000. Seed disperser effectiveness: the quantity component and patterns of seed rain for *Prunus mahaleb*. *Ecological Monographs* 70(4): 591–615.
- Jost L., Chao A., Chazdon R.L. 2011. Compositional similarity and  $\beta$  (beta) diversity. In: Magurran A.E., MacGill B.J. (eds.) *Biological Diversity: Frontiers in measurement and assessment*. United States, Oxford University Press. P. 66-84.
- Kessler-Rios M.M., Kattan G.H. 2012. Fruits of Melastomataceae: phenology in Andean forest and role as food sources for birds. *Journal of Tropical Ecology* 28: 11–21.
- Lemos-Filho J.P., Guerra S.T.M., Lovato M.B., Scotti M.R.M.M.L. 1997. Germinação de sementes de *Senna macranthera*, *Senna multijuga* e *Stryphnodendron polyphyllum*. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 34(4): 357-361.
- Levey D.J. 1987. Seed size and fruit-handling techniques of avian frugivores. *The American Naturalist* 129(4): 471-485.
- Levey D.J. 1990. Habitat-dependent fruiting behaviour of an understory tree, *Miconia centrodesma*, and tropical treefall gaps as keystone habitats for frugivores in Costa Rica. *Journal of Tropical Ecology* 6: 409-420.

- Levin S.A., Muller-Landau H.C., Nathan R., Chave J. 2003. The ecology and evolution of seed dispersal: a theoretical perspective. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 34: 575–604.
- Loiselle B.A., Blake J.G. 1999. Dispersal of melastome seeds by fruit-eating birds of tropical forest understory. *Ecology* 80(1): 330-336.
- Macedo R.H.F. 2002. The avifauna: ecology, biogeography, and behavior. In: Oliveira P.S., Marquis R.J. (eds.) *The cerrados of Brazil: ecology and natural history of a neotropical savanna*. New York, Columbia University Press. P. 242-265.
- Manhães M.A., Assis L.C.S., Castro R.M. 2003. Frugivoria e dispersão de sementes de *Miconia urophylla* (Melastomataceae) por aves em um fragmento de Mata Atlântica secundária em Juiz de Fora, Minas Gerais, Brasil. *Ararajuba* 11(2): 173-180.
- Martins A.B., Semir J., Goldenberg R., Martins E. 1996. O gênero *Miconia* Ruiz & Pav. (Melastomataceae) no Estado de São Paulo. *Acta Botanica Brasilica* 10(2): 267-316.
- Maruyama P.K., Borges M.R., Silva P.A., Burns K.C., Melo C. 2013. Avian frugivory in *Miconia* (Melastomataceae): contrasting fruiting times promote habitat complementarity between savanna and palm swamp. *Journal of Tropical Ecology* 29: 99–109.
- McKey D. 1975. The ecology of coevolved seed dispersal systems. In: Gilbert L.E., Raven P.H. (eds.) *Coevolution of Animals and Plants*. Austin, University of Texas Press. P. 159–191.
- Moermond T.C, Denslow J.S. 1985. Neotropical avian frugivores: patterns of behavior, morphology, and nutrition, with consequences for fruit selection. *Ornithological Monographs* (36): 865-897.
- Munhoz C.B.R, Felfili J.M. 2006. Fitossociologia do estrato herbáceo-subarbustivo de uma área de campo sujo no Distrito Federal, Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 20(3): 671-685.
- Oliveira-Filho A.T., Camisão-Neto A.A., Volpato M.M.L. 1996. Structure and dispersion of four tree populations in an area of montane semideciduous forest in southeastern Brazil. *Biotropica* 28(4): 762-769.
- Pirani A., Ribeiro P.L., Lambert S., Pirani J.R. 2008. A flora dos campos rupestres da Cadeia do Espinhaço. *Megadiversidade* 4 (1-2): 16-24.

- Pizo M.A., Galetti M. 2010. Métodos e perspectivas da frugivoria e dispersão de sementes por aves. *In: Von Matter S., Straube F.C., Accordi I., Piacentini V., Cândido-Jr J. F. (eds.) Ornitologia e Conservação: Ciência Aplicada, Técnicas de Pesquisa e Levantamento.* Rio de Janeiro, Technical Books Editora. P. 493-506.
- Poulin B., Wright S.J., Lefebvre G., Calderón O. 1999. Interspecific synchrony and asynchrony in the fruiting phenologies of congeneric bird-dispersed plants in Panamá. *Journal of Tropical Ecology* 15: 213-227.
- R Core Team. 2014. *R: A language and environment for statistical computing.* R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponível em: <http://www.R-project.org/>.
- Rheindt F.E. 2003. The impact of roads on birds: does song frequency play a role in determining susceptibility to noise pollution? *Journal of Ornithology* 144: 295-306.
- Samuels I. A., Levey D.J. 2005. Effects of gut passage on seed germination: do experiments answer the questions they ask? *Functional Ecology* 19: 365–368.
- Saavedra F., Hensen I., Beck S.G., Böhning-Gaese K., Lippok D., Töpfer T., Schleuning M. 2014. Functional importance of avian seed dispersers changes in response to human-induced forest edges in tropical seed-dispersal networks. *Oecologia* 176: 837–848.
- Schupp E. 1993. Quantity, quality and the effectiveness of seed dispersal by animals. *Vegetatio* 108: 15-29.
- Schupp E.W., Jordano P., Gomez J. M. 2010. Seed dispersal effectiveness revisited: a conceptual review. *New Phytologist* 188: 333-353.
- Sigrist T. 2009. *Guia de Campo Avis Brasilis: Avifauna Brasileira.* Avis Brasilis, São Paulo. 480 p.
- Sileshi G.W. 2012. A critique of current trends in the statistical analysis of seed germination and viability data. *Seed Science Research* 22: 145-159.
- Silveira F.A.O., Fernandes G.W., Lemos-Filho J.P. 2013a. Seed and seedling ecophysiology of neotropical Melastomataceae: implications for conservation and restoration of savannas and rainforests. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 99(1): 82-99.
- Silveira F.A.O., Ribeiro R.C., Soares S., Rocha D., Moura C.O. 2013b. Physiological dormancy and seed germination inhibitors in Melastomataceae. *Plant Ecology and Evolution* 146 (3): 290–294.

- Silveira F.A.O., Mafia P.O., Lemos-Filho J.P., Fernandes G.W. 2012. Species-specific outcomes of avian gut passage on germination of Melastomataceae seeds. *Plant Ecology and Evolution* 145 (3): 350–355.
- Snow D. W. 1965. A possible selective factor in the evolution of fruiting seasons in tropical Forest. *Oikos* 15(2).
- Snow D. W. 1981. Tropical frugivorous birds and their food plants: a world survey. *Biotropica* 13(1): 1-14.
- Souza M.L., Fagundes, M. 2014. Seed size as key factor in germination and seedling development of *Copaifera langsdorffii* (Fabaceae). *American Journal of Plant Sciences* 5: 2566-2573.
- Staggemeier V.G., Galetti M. 2007. Impacto humano afeta negativamente a dispersão de sementes de frutos ornitócoricos: uma perspectiva global. *Revista Brasileira de Ornitologia* 15(2): 281-287.
- Straube F.C. 2013. Um incômodo consenso: estudo de caso sobre *Elaenia*. *Atualidades Ornitológicas* 172: 37-48.
- Traveset A., Robertson A.W., Rodríguez-Pérez J. 2007. A review on the role of endozoochory in seed germination. In: *Seed Dispersal: theory and its application in a changing world*. Dennis A.J., Schupp E.W., Green R.J., Westcott D.A. (eds). CAB International, Oxfordshire, United Kingdom. pp 78–103.
- Traveset A., Verdú M. 2002. A meta-analysis of the effect of gut treatment on seed germination. In: *Seed dispersal and frugivory: ecology, evolution and conservation*. Levey D.J., Silva W.R., Galetti M. (eds). CAB International, Wallingford, United Kingdom. pp 339–350.
- Willson M., Traveset A. 2000. The ecology of seed dispersal. In: *Seeds: The ecology of regeneration in plant communities*. 2ed. Fenner M. (ed.). CAB International, Wallingford, United Kingdom. pp 85-110.

## MATERIAL SUPLEMENTAR

Curvas de acumulação de espécies. – Estimamos as curvas de acumulação de espécies utilizando o Programa R (R Core Team 2014) a partir dos estimadores Chao, Jackknife 1 e 2 e Bootstrap, com 1000 permutações. As curvas observadas e estimadas estão representadas nas Figuras S1, S2 e S3 abaixo.

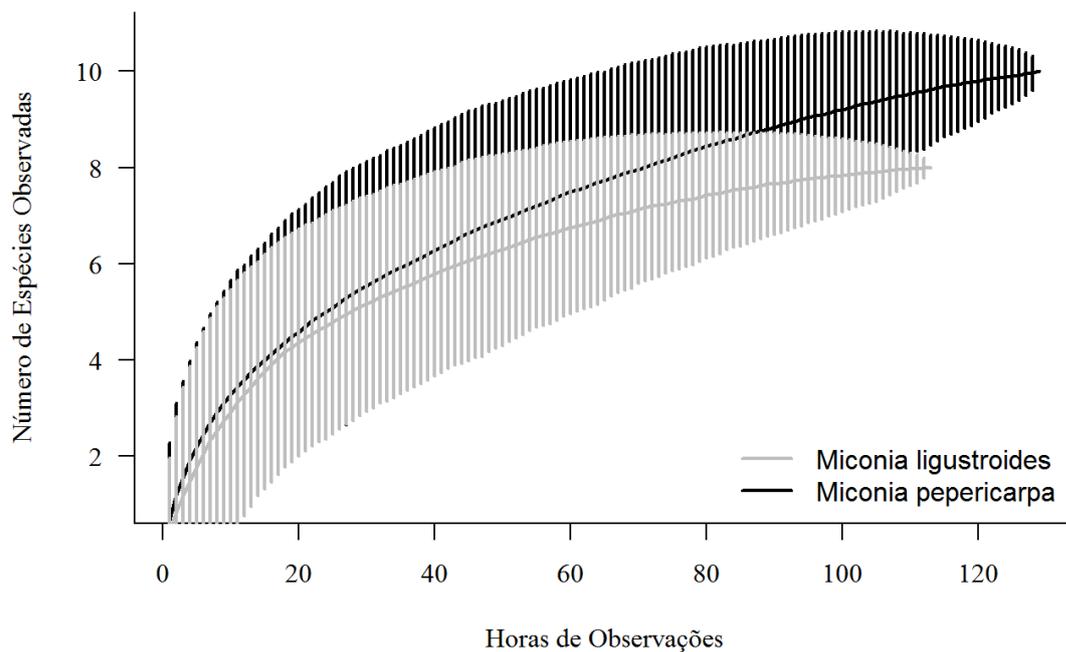


Figura S1 – Curva observada de acumulação de espécies de aves dispersoras de sementes de *Miconia ligustroides* (cinza) e *Miconia pepericarpa* (preto) em área de campo rupestre ferruginoso, entre março e junho de 2014, no Parque Estadual da Serra do Rola Moça, Minas Gerais, Brasil.

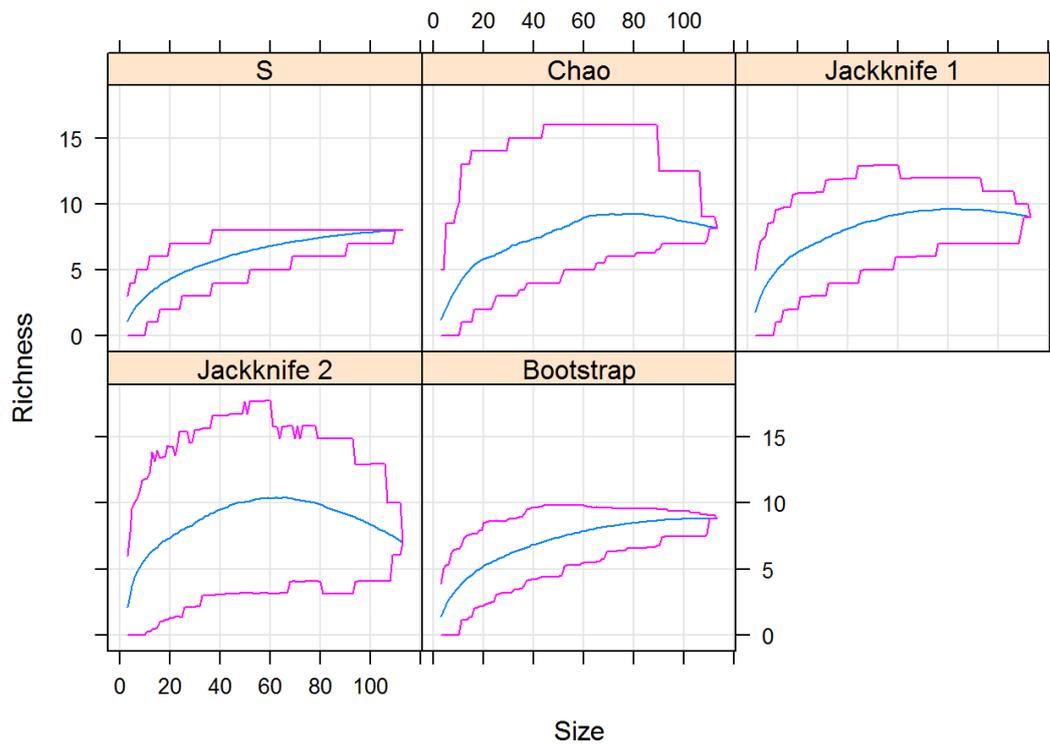


Figura S2 – Curvas estimadas de acumulação de espécies de aves dispersoras de sementes de *Miconia ligustroides* em área de campo rupestre ferruginoso, entre março e junho de 2014, no Parque Estadual da Serra do Rola Moça, Minas Gerais, Brasil. S = Observado, Chao = 8.17, Jackknife1 = 8.99, Jackknife2 = 7.05, Bootstrap = 8.81. Número de permutações = 1000.

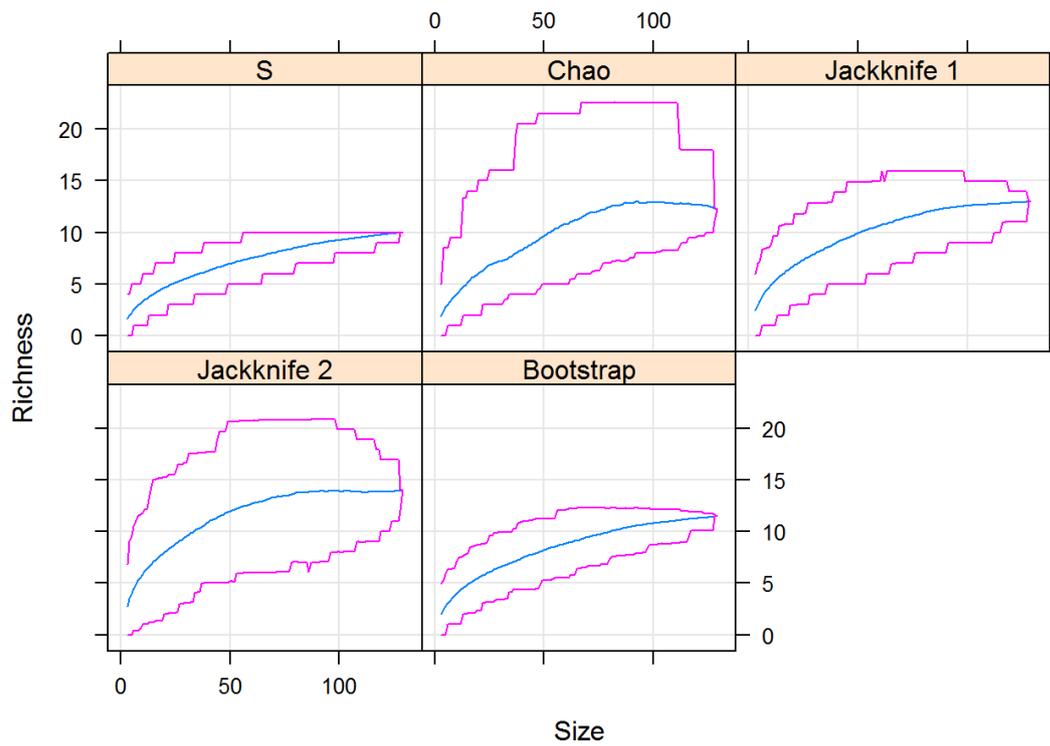


Figura S3 – Curvas estimadas de acumulação de espécies de aves dispersoras de sementes de *Miconia pepericarpa* em área de campo rupestre ferruginoso, entre março e junho de 2014, no Parque Estadual da Serra do Rola Moça, Minas Gerais, Brasil. S = Observado, Chao = 12.25, Jackknife1 = 12.98, Jackknife2 = 13.98, Bootstrap = 11.46. Número de permutações = 1000.