



Universidade de Brasília

Instituto de Ciências Biológicas

Departamento de Botânica

Programa de pós-graduação em Botânica

**Matas ripárias no Cerrado: variação sazonal e espacial
na diversidade de espécies zoocóricas e na oferta de
recursos para a fauna**

Adriano Antonio Brito Darosci

Brasília-DF

2016

Adriano Antonio Brito Darosci

Matas ripárias no Cerrado: variação sazonal e espacial na diversidade de espécies
zoocóricas e na oferta de recursos para a fauna

**Tese apresentada à Universidade de Brasília
como requisito parcial para a obtenção do título
de Doutor em Botânica pelo Programa de Pós-
graduação em Botânica.**

Orientadora: Dra. Cássia Beatriz Rodrigues Munhoz

Brasília-DF

2016

AGRADECIMENTOS

À minha esposa Fabiane, por ser minha família, minha amiga, meu alicerce, minha mentora e minha inspiração... Amo você!

À minha família catarinense e goiana, meus pais, meus sogros, meus irmãos, meus cunhados e meus sobrinhos... Amo vocês!

Entre esses últimos, destaco a minha “mãezinha” que a coloco no diminutivo apenas por forma de carinho, já que, na realidade, trata-se de uma guerreira... Obrigado por tudo, mãe! Sem a senhora eu não seria ninguém!

Aos meus mestres e antigos orientadores a quem devo o apreço, o respeito e o exemplo.

À minha atual orientadora, professora Cássia Munhoz, que me acolheu e encarou junto todas as empreitadas, estando sempre à disposição. Muito obrigado pelo companheirismo e dedicação!

Aos professores Miguel Marini, Frederico Takahashi, Lúcia Helena Soares Silva, Manoel Cláudio, Cristiane Ferreira (todos UnB), José Carlos Motta-Junior (USP), Emilio Bruna, John Blake (ambos University of Florida), Marco Pizo e Mauro Galetti (ambos Unesp) pelas imensas contribuições para a concretização dessa presente tese e pelo bom exemplo que deixaram.

Aos meus amigos de trabalho e de doutorado, em especial Marcos Schlieve e Marcelo Kuhlmann. Grato pela parceria e que ela seja duradoura e ainda mais frutífera!

Aos meus amigos de infância que mesmo distantes me trouxeram momentos de descontração e alento... e grato à tecnologia atual que permitiu isso!

Aos amigos que fiz durante o doutorado-sanduíche, em especial aos brasileiros Yves e Diego (vulgo Pardal) que contribuíram para deixar tudo mais fácil... Thanks, guys!

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás (IFG) por ter colaborado ao me conceder licença para o término das minhas atividades de doutorado.

À Fundação de Apoio à Pesquisa do Distrito Federal (FAP-DF) por ter fornecido auxílio para a participação em congresso internacional com apresentação parcial dos resultados obtidos por essa tese.

Ao Instituto Brasília Ambiental (IBRAM) por ter permitido a execução dos trabalhos de campo na Estação Ecológica de Águas Emendadas (ESEC-AE) e aos funcionários da ESEC-AE que sempre foram muito prestativos.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	vi
LISTA DE FIGURAS	vii
RESUMO	ix
ABSTRACT	xi
INTRODUÇÃO GERAL	13
OBJETIVO GERAL	20
<i>Objetivos específicos</i>	<i>20</i>
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	21
CAPÍTULO 1	31
<i>Resumo</i>	<i>31</i>
<i>Introdução</i>	<i>32</i>
<i>Material e Métodos</i>	<i>34</i>
<i>Coleta dos dados</i>	<i>34</i>
<i>Análise dos dados</i>	<i>36</i>
<i>Resultados</i>	<i>39</i>
<i>Discussão</i>	<i>43</i>
<i>Referências bibliográficas</i>	<i>47</i>
<i>Apêndice 1. Espécies arbóreas definidas como típicas em cada mata de galeria (estimativa de diversidade de Hill com $q=1$) e classificadas quanto ao tipo de dispersão (Zoocoria/Ornitocoria: Zoo/Ornit Zoocoria/Não-ornitocoria: Zoo/N-ornit; e Não-zoocoria: N-zoo) com suas respectivas abundâncias (número de indivíduos). NA: Não aplicável. Indet.: Indeterminável</i>	<i>56</i>
<i>Apêndice 2. Mês pico de frutificação com o índice de previsibilidade fenológica (PPI) obtido a partir de N eventos registrados em herbários para cada espécie arbórea zoocórica abundante nas dez matas de galeria pesquisadas. *: espécies não incluídas nas análises sazonais</i>	<i>73</i>
CAPÍTULO 2	75
<i>Abstract</i>	<i>75</i>
<i>Introduction</i>	<i>76</i>
<i>Material and methods</i>	<i>78</i>
<i>Study areas</i>	<i>78</i>
<i>Data collection</i>	<i>78</i>
<i>Statistical analyses</i>	<i>81</i>
<i>Results</i>	<i>82</i>
<i>Discussion</i>	<i>85</i>

<i>References</i>	94
<i>Appendix 1. Recorded frugivore species which ate tree fruits from two different gallery forests (Águas Emendadas Ecological Station, ESEC-AE; and Água Limpa Farm, FAL) in two different seasons (dry and wet), classified by family, food habit (Sick 1997; Paglia et al. 2012), sensitivity to human environmental disturbances (Stotz et al. 1996) and average gape size - width of beak base at level of commissural points (cm).</i>	102
CAPÍTULO 3	115
<i>Abstract</i>	115
<i>Introduction</i>	116
<i>Material and methods</i>	118
<i>Study areas</i>	118
<i>Data collection</i>	119
<i>Statistical analyses</i>	123
<i>Results</i>	125
<i>Discussion</i>	129
<i>References</i>	132
<i>Appendix 1. Eaten fruits by each animal in tree species from different gallery forest (ESEC-AE and FAL) during two different seasons (Dry and Wet).</i>	141
CONCLUSÃO GERAL E PERSPECTIVAS FUTURAS	155

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1

Tabela 1. Sítios de mata de galeria onde foram compilados dados de composição e abundância de espécies arbóreas na região do Distrito Federal, Brasil. **35**

Tabela 2. Abrangência da amostra (*coverage*) em porcentagem (%), número de espécies arbóreas zoocóricas (Spp.Z) e de indivíduos (Ind.), além das razões zoocóricas e não-zoocóricas (Z/Nz), ornitocóricas e não-ornitocóricas (Or/Nor), para espécies (Spp.) e indivíduos (Ind.), em 10 matas de galeria. *Inex.* = Inexistente. **40**

CAPÍTULO 2

Table 1. Relative density (RD) (Haidar *et al.* 2013, ESEC-AE; Oliveira *et al.* 2011, FAL), season, color, percentage of pulp and kind of diaspore (fruit or arylated seed), number of eaten fruits and number of agonistic encounters for the observed trees (number of individuals between parenthesis) from Águas Emendadas Ecological Station (ESEC-AE) and Água Limpa Farm (FAL) gallery forests. NS: not sampled. **81**

Table 2. The estimate parameters and *p* values (between parentheses) obtained for the significant explanatory variables ($p < 0.05$) using generalized linear models for frugivory in tree species in the ESEC-AE gallery forest. These variables were considered significant according to the likelihood ratio test. *p* values lower than 0.05 mean significant difference among each variable category. **83**

Table 3. Explanatory non-significant variables ($p > 0.05$) from the generalized linear models for frugivory in the tree species from different gallery forests (ESEC-AE and FAL). These variables are presented in the order in which they were removed from the models according to the likelihood ratio test. LRT: likelihood ratio test values. **84**

Table 4. Trees and their frugivore bird species according to caught in flight and swallowed seeds and gape size range. The trees are separated by gallery forest (Águas Emendadas Ecological Station - ESEC-AE and Água Limpa Farm - FAL) and ordered by their mean diaspore width. **86**

Table 5. The number of diaspores per tree species with swallowed seeds and the importance index for the 10 frugivore species with highest values for these measures registered at Águas Emendadas Ecological Station, ESEC-AE (A) and Água Limpa Farm, FAL (B). Species present the number of diaspores caught in flight. **88**

CAPÍTULO 3

Table 1. Sample effort - number of observed individuals and total observation time (h) - at zoochoric fruiting trees in two different forests (ESEC-AE and FAL). **121**

Table 2. Average and standard deviation (without square-root transformation) for each variable used in generalized linear models, by forest (ESEC-AE and FAL) and season (W, Wet; D, Dry). **124**

Table 3. Networks parameters for each gallery forest (ESEC-AE; FAL) and season (W, Wet; D, Dry) with confidence interval by 95% quantiles obtained by randomization with replacement (1,000 bootstrap samples). H_2 = specialization. **128**

Table 4. Significant explanatory variables and respective interactions to fruiting trees species strength in generalized linear models for each gallery forest (ESEC-AE; FAL) according different seasons (wet and dry, dry such as intercept). **128**

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Exemplos de frugivoria em espécies arbóreas de mata de galeria: *Turdus leucomelas* Vieillot em *Euterpe edulis* Mart. (A); Casal de *Alouatta caraya* Humboldt em *Xylopia emarginata* Mart. (B); *Vireo chivi* Vieillot em *Magnolia ovata* (A.St.-Hil.) Spreng. (C); *Tangara cayana* Linnaeus em *Micropholis venulosa* (Mart. & Eichler) Pierre (D). Fotografias: Adriano Darosci. 15

CAPÍTULO 1

Figura 1. Localização das 10 matas de galeria amostradas na região do Distrito Federal, BR. A região está dividida de acordo com as bacias hidrográficas: Tocantins-Araguaia (cinza claro, no topo); São Francisco (cinza escuro, à direita); Paraná (em branco). A distância em linha reta entre as matas varia de aproximadamente 0,5 a 54 km. (Escala=1:1.193.000; Barra=25 km)..... 36

Figura 2. Escalonamento Multidimensional Não-Métrico (NMDS) segundo a abundância de espécies arbóreas encontradas em 10 matas de galeria (Kruskal's *stress*= 6,13). Símbolos representam as espécies arbóreas zoocóricas e não-zoocóricas. Nomes das espécies arbóreas com alta abundância (somam mais de 42% dos indivíduos de cada mata de galeria) estão exibidos (nome completo das espécies vide Apêndice 1)..... 40

Figura 3. Distribuição da densidade relativa das cinco espécies arbóreas mais abundantes em cada mata de galeria (tais espécies correspondem juntas a mais de 42% dos indivíduos de cada mata). Espécies assinaladas com * e + representam as não-zoocóricas e as zoocóricas com frutificação durante o período seco, respectivamente. Espécies não assinaladas representam as zoocóricas com frutificação durante as chuvas (nome completo das espécies vide Apêndice 1)..... 41

Figura 4. Proporção das espécies de acordo com a ordenação por abundância (*rank abundance*) nas 10 áreas de mata de galeria. As linhas verticais tracejadas e pontilhadas significam 50% e 75% dos indivíduos, respectivamente. 42

Figura 5. Riqueza em espécies arbóreas zoocóricas abundantes (número de Hill para diversidade, $q=2$) de acordo com a abrangência (*coverage*) da amostragem referente à comunidade que frutifica durante o período chuvoso (acima) e seco (abaixo) das 10 matas de galeria. A área sombreada de cada linha corresponde aos intervalos de confiança a 95%..... 44

CAPÍTULO 2

Figure 1. Gallery forests studied from different streams (circles) on different areas (apart 40 km) in the Federal District, Brazil. A: Águas Emendadas Ecological Station (ESEC-AE); B: Água Limpa Experimental Farm (FAL) (the dotted line represents the FAL nearby protected areas). 79

Figure 2. Number of fruits eaten relative to number of visits each 10 h (quantitative component to seed dispersal effectiveness) for the tree species analyzed at the Águas Emendadas Ecological Station (ESEC-AE, A) and Água Limpa Farm (FAL, B) gallery forests. Intervals between lines represent different categories for the total number of fruits eaten (1, 10, 20, 30, 40 and 50). The names of the frugivore species that ate more than 30 fruits in total are exhibited, and the different symbols represent the trees visited by these animals. 87

CAPÍTULO 3

Figure 1. Locations of gallery forest study sites in different protected areas about 40 km apart in the Federal District, Brazil. A: Águas Emendadas Ecological Station (ESEC-AE), where the first gallery forest is located; B: Água Limpa Experimental Farm (FAL), where the second gallery forest is located (dashed line represents other protected areas next to FAL). 119

Figure 2. Frugivory network for wet (left) and dry (right) seasons in gallery forest, ESEC-AE: fruiting tree species at left and animals at right. The 10 commonest frugivore species are in bold. Trees, cup.ver: *Cupania vernalis*; emm.nit: *Emmotum nitens*; eut.edu: *Euterpe edulis*; gua.gui: *Guarea guidonea*; mag.ova: *Magnolia ovata*; mic.ven: *Micropholis venulosa*; pro.spru: *Protium spruceanum*; ric.gra: *Richeria grandis*; vir.seb: *Virola sebifera*; xyl.ema: *Xylopia emarginata*. Animals, ant.gal: *Antilophia galeata*; ceb.ape: *Sapajus apella*;

coe.fla: *Coereba flaveola*; dac.cay: *Dacnis cayana*; ela.fla: *Elaenia flavogaster*; sal.max: *Saltator maximus*; sal.sim: *Saltator similis*; tac.ruf: *Tachyphonus rufus*; tan.cay: *Tangara cayana*; tan.say: *Tangara sayaca*; ter.vir: *Tersina viridis*; tol.sul: *Tolmomyias sulphurescens*; tur.leu: *Turdus leucomelas*; tur.ruf: *Turdus rufiventris*; tur.sub: *Turdus subalaris*. **126**

Figure 3. Frugivory network for wet (left) and dry (right) seasons in gallery forest, FAL: fruiting tree species at left and animals at right. The 10 commonest frugivores species are in bold. Trees, alc.gla: *Alchornea glandulosa*; ama.gui: *Amaioua guianensis*; cab.can: *Cabrera canjerana*; gua.sel: *Guatteria sellowiana*; mau.fle: *Mauritia flexuosa*; mic.cus: *Miconia cuspidata*; mou.gla: *Mouriri glazioviana*; pro.spru: *Protium spruceanum*; ric.gra: *Richeria grandis*; sch.mor: *Schefflera morototoni*; vir.seb: *Virola sebifera*; xyl.aro: *Xylopia aromatica*. Animals, ant.gal: *Antilophia galeata*; cya.cri: *Cyanocorax cristatellus*; dac.cay: *Dacnis cayana*; ela.chi: *Elaenia chiriquensis*; ela.cri: *Elaenia cristata*; ela.fla: *Elaenia flavogaster*; ela.obs: *Elaenia obscura*; hem.gui: *Hemithraupis guira*; phy.fas: *Phyllomyias fasciatus*; sal.sim: *Saltator similis*; tan.cay: *Tangara cayana*; ter.vir: *Tersina viridis*; tur.leu: *Turdus leucomelas*; tur.sub: *Turdus subalaris*. **127**

RESUMO

Matas ripárias no Cerrado são ambientes florestais contrastantes à savana circundante. Estas florestas abrigam diversificada fauna que encontra refúgio e alimento, realizando várias interações com a flora e contribuindo, assim, com a manutenção do ecossistema. Entre essas interações, destaca-se a frugivoria que pode promover a dispersão das sementes em troca do recurso alimentar para a fauna. A prova do sucesso dessa interação é o predomínio de árvores zoocóricas na maioria das matas ripárias no Cerrado e em vários outros biomas. Contudo, mesmo sobre esse predomínio, matas ripárias podem diferir quanto à diversidade de zoocóricas respondendo a variações ambientais associadas ao espaço. Respondem, ainda, à sazonalidade pluviométrica, característica típica do Cerrado, concentrando a frutificação no período chuvoso. Com isso, dentro de uma região, diferenças podem ocorrer na disponibilidade de recurso para a fauna ao longo do espaço e do tempo. A diversidade, expressa pela variedade de características que definem o diásporo e o frugívoro, é outro fator importante para a frugivoria, influenciando parâmetros dessa interação e contribuindo para discriminar um possível dispersor. Essa diversidade também pode estar sob a influência da sazonalidade. Dessa maneira, objetivou-se caracterizar aspectos da interação planta-animal pela frugivoria e do processo de dispersão zoocórica em matas ripárias do Distrito Federal (DF) que está sob efeito da sazonalidade pluviométrica. Dados de riqueza e abundância de espécies arbóreas de diversas matas de galeria foram compilados, classificando essas espécies quanto à síndrome de dispersão e o período de frutificação. A similaridade florística entre essas matas foi verificada em função da distância geográfica e da sazonalidade na frutificação. Utilizou-se de interpolação e extrapolação dos dados para que a comparação entre as matas fosse possível. Além disso, o processo de frugivoria foi observado ao longo de um ano, em dois períodos distintos (seco e chuvoso), em diversas espécies arbóreas de matas de galeria localizadas no DF. Características dos frugívoros visitantes e dos diásporos foram associadas à quantidade de diásporos consumidos e componentes quantitativos e qualitativos foram usados a fim de estimar possíveis dispersores. Com os mesmos dados obtidos da observação da frugivoria *in situ*, análises de redes de interação foram realizadas e a influência da sazonalidade pluviométrica e de características dos diásporos sobre esses parâmetros foram testadas. A comunidade zoocórica foi distinta dentro da região em resposta à distância. Houve predomínio de espécies e indivíduos frutificando no período chuvoso, o que determinou variação da

riqueza e da abundância de recursos para a fauna ao longo do espaço e do tempo. A frugivoria foi dependente de poucas características dos envolvidos na interação e foi mais expressiva e capaz de promover a dispersão em matas com maior diversidade de frugívoros registrados. A sazonalidade foi marcante em apenas uma mata, com frutos sendo consumidos em maior número e por uma variedade maior de frugívoros no período seco, resultando, então, em diferenças sazonais entre alguns parâmetros dessa interação. Características morfológicas e nutricionais dos diásporos também foram importantes para as interações registradas. A frugivoria/dispersão pode, assim, depender de particularidades locais de cada mata de galeria e ser ou não sensível à sazonalidade em resposta a essas particularidades. Além disso, a diversidade de espécies arbóreas zoocóricas registrada ao longo de uma região pode ser importante para suportar os períodos de baixa disponibilidade de recursos alimentares promovidos pela sazonalidade.

Palavras-chave: Árvores, aves, dispersão, frugivoria, interação, morfologia.

ABSTRACT

Gallery forests in Brazilian savanna are forest contrasting to the surrounding savanna. In this environment there is diverse fauna that find shelter and food, performing various interactions with the flora and thus contributing to the maintenance of the ecosystem. Among these interactions, there is the frugivory that can promote seed dispersal for plants and food for wildlife. The proof of the success of this interaction is the predominance of zoochoric trees in most gallery forests in Brazilian savanna and several other biomes. However, the diversity of zoochoric trees can differ between gallery forests, responding to environmental changes related with the distance. Brazilian savanna is a rainfall seasonal environment and the most of zoochoric trees has fruit in rainy season in response to seasonality. Thus, differences in resource availability for wildlife are possible between different forests and seasons. The variety of traits that define the diaspore and frugivore is also important for frugivory influencing parameters of this interaction and contributing to define a possible disperser. These traits can be affected by seasonality as well. Thus, the aim of this study was characterize aspects of plant-animal interaction by frugivory and the dispersal seeds in gallery forests of the Federal District besides the effect of the rainfall seasonality. Richness and abundance data from tree species of gallery forests were compiled, classifying these species according to dispersal syndromes and fruiting season. The floristic similarity between these forests was analyzed according to geographical distance and seasonal frutification. Interpolation and extrapolation of data were used to comparison among forests. Furthermore, the frugivory was observed in Brazilian savanna gallery forests during one year and different seasons (dry and wet). The association between the amount of eaten fruits and frugivorous and diaspore traits were analyzed and quantitative and qualitative components were used to estimate potential dispersers. The same data obtained from focal observations were used to networks analysis and the seasonality and diaspore traits influence on these interactions was tested. The gallery forests were different among them according to zoochoric trees and in response to distance. The rainy season was the fruiting season to the most of zoochoric trees. Therefore, there were differences between different distances as well as different seasons according to richness and abundance of food resources for wildlife. The frugivory was related to the traits of frugivores and diaspores and it was more significant and able to promote the dispersal seeds in forests with higher frugivorous diversity. Seasonality was remarkable only in one forest, considering the higher amount of eaten fruits and diversity of frugivorous in dry season. In this way,

seasonal differences were noted in some networks parameters as well. Morphological and nutritional diaspore traits were also important to the interactions. Thus, the frugivory/dispersal seed can be related with environment features of each gallery forest as well as the sensibility to seasonality in each riparian forest can be related with these environment features. Moreover, zoochoric trees diversity recorded in the region can be important to support periods of few available food promoted by the seasonality.

Key words: Birds, dispersal, frugivory, interaction, morphology, trees.

INTRODUÇÃO GERAL

As matas ripárias são conhecidas por margearem cursos de água (Ribeiro & Walter 2008; Veneklass *et al.* 2005) e por serem ladeadas por ambiente savânico na região central do Brasil (Ribeiro & Walter 2008). Tais comunidades florestais possuem grande valor para a manutenção da alta biodiversidade animal e vegetal, a riqueza do solo e a qualidade da água (Fonseca & Redford 1986; Lima & Zakia 2000; Bononi *et al.* 2001). Apesar dessa importância, estão ameaçadas devido ao uso do espaço fértil para atividades agrícolas e da extração dos recursos hídricos (Santos *et al.* 2001). Com isso, torna-se necessário obter mais informações a respeito das interações ecológicas fundamentais que ocorrem nesses ecossistemas.

A dispersão das sementes das espécies ali presentes é um dos processos cruciais para a perpetuação desses ambientes florestais (Silva & Tabarelli 2001; Saravy *et al.* 2003), onde os animais são os principais dispersores (Stefanello *et al.* 2010). Essa dispersão tem início com a frugivoria, com a planta fornecendo o alimento, no fruto ou na semente, às espécies animais (Howe & Smallwood 1982; Larson 1996) (Figura 1). Tal interação pode ter origem bem antiga. Animais do período Permiano, apesar de não apresentarem adaptação aparente para a dispersão, já possuíam capacidade de consumir e mover sementes (Tiffney 2004). Posteriormente, a dispersão de sementes por animais permanece em alguns grupos de plantas e se torna mais pronunciada entre as angiospermas (Tiffney 2004). De maneira geral, a frugivoria e dispersão evoluíram junto com a formação das florestas e são fundamentais para a sua manutenção. Quanto maior a complexidade desses ambientes florestais, maior será a complexidade resultante da interação fauna/flora (Bolmgren & Eriksson 2010). Para o Cerrado, a cobertura lenhosa pode ter sido drasticamente afetada com a extinção da megafauna que habitava a região (Pleistoceno e início do Holoceno) (Doughty *et al.* 2016), capaz de desempenhar importantes funções ecológicas, tal como a dispersão de sementes (Pires *et al.* 2014).

A dispersão contribui para que a germinação tenha maiores chances de ocorrer e para que a competição com a planta-mãe, e com outras plântulas, seja reduzida, além de favorecer a distribuição e a sobrevivência de novos indivíduos (Jansen 1970; Silva & Tabarelli 2001; Saravy *et al.* 2003), a colonização de novos ambientes (Wenny 2000) e o aumento da troca de carga genética intraespecífica (Saravy *et al.* 2003). Além disso, muitas sementes têm a taxa de germinação aumentada ao passarem pelo trato digestório de animais (Castro & Galetti 2004; Rossaneis *et al.* 2015). A importância da dispersão pode ser resumida no fato dela finalizar o evento reprodutivo, como resultado dos gastos energéticos oriundos do processo de

polinização e da produção dos frutos. Sem ela, tais gastos seriam em vão (Larson 1996; Jordano 2000). A dispersão de sementes compõe o processo cíclico que se inicia com a produção dos frutos, se prolonga com a remoção destes e finaliza com a deposição da semente no ambiente, com cada uma dessas etapas sendo dependentes entre si e de outras paralelas, tais como a polinização, a frugivoria e a predação. Todo esse conjunto irá influenciar a estrutura da vegetação, o que acabará por agir também sobre a produção dos frutos, fechando, assim, o ciclo. Assim, estudos de cada etapa da dispersão ou a respeito da estrutura da vegetação contribuem para compreensão melhor do todo (Wang & Smith 2002). Além disso, estudos sobre frugivoria/dispersão contribuem para determinar o equilíbrio da comunidade florestal, ao avaliar a saída e a chegada dos diásporos (Hubbell 1979). Contudo, ainda faltam informações sobre como muitas espécies vegetais dispersam, comprometendo propostas de conservação e recuperação de áreas com alta biodiversidade (Howe 2016).

Considerando a importância da dispersão da semente, da germinação e do estabelecimento das plântulas para a perpetuação da espécie, é plausível que os fatores envolvidos nesses processos contribuam para mudanças em algumas características vegetais, tal como a morfologia do diásporo (fruto ou semente) (Stone 1973; van der Pijl 1982; Ferraz *et al.* 2004). Mais do que isso, a dispersão, segundo a sua efetividade, pode ser um indicativo para o quanto um ambiente está conservado ou ameaçado e a recuperação destes deve levar em consideração manter e acentuar o processo de dispersão (Bancroft *et al.* 1995; Stefanello *et al.* 2010).

O trabalho de Ridley (1930) pode ser considerado o precursor dos trabalhos de frugivoria e dispersão ao tratar as características morfológicas dos frutos em associação com os tipos de dispersores. Essas associações, posteriormente, foram denominadas de síndromes de dispersão (van der Pijl 1982). É possível citar como síndromes de dispersão: anemocoria, em que as sementes são dispersas pelo vento; hidrocoria, em que as sementes são dispersas pela água; barocoria, em que a dispersão é mediada pela ação da gravidade; e zoocoria, em que há participação dos animais (Pianka 1994). A zoocoria pode ocorrer por diferentes tipos de dispersores, tais como, mamíferos (mamaliocoria), aves (ornitocoria) e formigas (mirmecocoria), e por ação direta, quando as sementes são retiradas da planta e conduzidas a outras localidades (dispersão primária), ou indireta, quando ocorre novo deslocamento do diásporo após a dispersão primária (dispersão secundária) (Pianka 1994). Apesar, talvez, de não se tratar de coevolução, as síndromes de dispersão ajudam a revelar como ocorre a organização de nichos tróficos na comunidade animal e a relação coadaptativa entre essa e a comunidade vegetal (Erard *et al.* 2007).



Figura 1. Exemplos de frugivoria em espécies arbóreas de mata de galeria: *Turdus leucomelas* Vieillot em *Euterpe edulis* Mart. (A); Casal de *Alouatta caraya* Humboldt em *Xylopia emarginata* Mart. (B); *Vireo chivi* Vieillot em *Magnolia ovata* (A.St.-Hil.) Spreng. (C); *Tangara cayana* Linnaeus em *Micropholis venulosa* (Mart. & Eichler) Pierre (D). Fotografias: Adriano Darosci.

A zoocoria está associada aos últimos estágios de sucessão ou à maior estabilidade da estrutura da comunidade (Houssard *et al.* 1980). Esse tipo de dispersão traz vantagens para o ciclo de vida das plantas, uma vez que as espécies zoocóricas apresentam normalmente sementes maiores que podem ser dispersas de uma forma mais previsível e que pode aumentar a sobrevivência da plântula (Howe & Smallwood 1982) e contribuir para a manutenção e restauração dos ecossistemas (Nathan *et al.* 2008).

Como possível reflexo dessas vantagens, a zoocoria é o tipo predominante de dispersão na vegetação ripária do Cerrado (Stefanello *et al.* 2010; Cabacinha & Fontes 2014), em outros biomas brasileiros (Griz & Machado 2001; Ferraz *et al.* 2004; Giehl *et al.* 2007; Carvalho 2010) e mesmo ao longo do planeta (Snow 1981; Willson *et al.* 1990; Del Castillo & Ríos

2008). Com alto predomínio da zoocoria entre as espécies, a diversidade de árvores zoocóricas entre ambientes pode ser alta até dentro de uma mesma região (López-Martínez *et al.* 2013), resultando, possivelmente, em variada diversidade de recurso alimentar para a fauna ao longo do espaço. Variáveis ambientais que se distribuem espacialmente e particularidades locais (tais como as propriedades do solo) podem contribuir para tais diferenças florísticas entre espécies zoocóricas de áreas distantes (Murphy *et al.* 2015) a próximas (López-Martínez *et al.* 2013), respectivamente. Contudo, a forma de dispersão das plantas também deve ser considerada como determinante para a heterogeneidade florística espacial (Muller-Landau *et al.* 2008; Jara-Guerrero *et al.* 2015).

No Cerrado é comum a ocorrência de frutos do tipo mamaliocóricos, devido à presença de frugívoros de grande porte (Galetti 2001) que têm influência, desde eras passadas, no processo de frugivoria e dispersão (Pires *et al.* 2014). Morcegos também desempenham importante papel nesses processos, tendo em vista a alta incidência de polpa e a presença de sementes (geralmente consideradas de pequeno tamanho) de algumas poucas espécies nas fezes desses animais (Zortéa 2003), com relevante contribuição para a germinação dessas espécies (Carvalho-Ricardo *et al.* 2014). Contudo, de maneira geral, a ornitocoria é o tipo de dispersão mais presente nesse ambiente, principalmente em matas de galeria do Cerrado (Pinheiro & Ribeiro 2001). A fidelidade das aves a um determinado recurso, a capacidade de realizar visitas rápidas e a necessidade de descarregar o peso das sementes, fazem delas dispersoras eficazes (Maruyama *et al.* 2007). Além disso, aves são capazes de forragear por amplas áreas (Levey & Stiles 1992) e permitirem a colonização, por parte das plantas, de locais bem distantes da origem (Melo *et al.* 2003), onde a ação de patógenos possa ser reduzida, por exemplo. Dessa maneira, esse tipo de dispersão pode contribuir mais para o recrutamento de novos indivíduos arbóreos (Wenny 2000). Com o predomínio da dispersão ornitocórica entre as espécies arbóreas, a redundância funcional pode estar presente entre algumas aves, algo importante para a manutenção do processo de dispersão (Jansen 1970; Jordano *et al.* 2006) em caso de perda de um tipo de dispersor, por exemplo.

Características bióticas e abióticas podem interferir na interação planta-animal pela frugivoria. Entre as bióticas, são importantes para a análise da frugivoria: a diversidade, a abundância e a distribuição das plantas com frutos carnosos que afetam a atratividade de cada planta (Howe 1984; Côrtes & Uriarte 2013); a morfologia dos frutos e das sementes (Stefanello *et al.* 2010); e as características morfológicas, fisiológicas e comportamentais dos frugívoros (Jordano *et al.* 2006; García *et al.* 2011). Diversas formas de dispersão podem estar associadas à singularidade de cada tipo de dispersor animal (Levin *et al.* 2003) que pode ser

expressa, por exemplo, pela fisiologia, ao reter por mais tempo a semente no intestino, ou pelo comportamento no trato do diásporo e no tipo de trajeto que faz pelo ambiente, podendo determinar quando, como e onde a semente será depositada. Análises da fauna frugívora e das interações planta-animal podem ser úteis para explicar padrões ecológicos já presentes (Chapman & Chapman 1995; Galetti *et al.* 2006; Stefanello *et al.* 2010) ou prever padrões ecológicos futuros em uma comunidade florestal, tais como diversidade e distribuição das espécies. A perda de alguns frugívoros, por exemplo, resultado da caça (Jordano *et al.* 2010) ou da fragmentação do habitat (Restrepo *et al.* 1999), pode levar a predominância de determinadas espécies vegetais (Tabarelli *et al.* 1999) ou a uma distribuição agregada, impedindo inclusive a expansão do fragmento (Silva & Tabarelli 2001; Jordano *et al.* 2006). Além disso, dados morfológicos da fauna podem ser úteis para prever guildas tróficas (Albouy *et al.* 2011), revelando a possível forte associação entre a interação trófica e a estrutura corpórea das espécies.

Características morfológicas, como a forma, a cor e o tamanho das estruturas vegetais, geralmente estão associadas com alguma função que pode garantir o sucesso dessas espécies no ambiente (Antunes *et al.* 1998). Entre as espécies vegetais que ocorrem no Cerrado, os frutos carnosos do tipo baga ou drupa são os mais comuns em plantas zoocóricas (Kuhlmann & Ribeiro 2016). Entre essas plantas, outras características que podem ser importantes para determinar um potencial dispersor, são: a composição nutricional da polpa, tendo a menor proporção de carboidratos, em relação aos demais nutrientes, associação com dispersores específicos (Snow 1981); a cor, com a verde geralmente associada a morcegos, por exemplo (Korine *et al.* 2000); a frequência da planta no ambiente e o estrato que ela ocupa, sendo aquelas mais abundantes e acessíveis (estrato arboreo superior, por exemplo) as mais potencialmente consumidas (Mikich 2002); e o tamanho das sementes, sendo as grandes consumidas por aves de grande porte (Lopes *et al.* 2005) ou por mamíferos (Wiesbauer *et al.* 2008).

Entre as características abióticas que interferem na frugivoria, cita-se a sazonalidade pluviométrica, que é típica de todo o bioma Cerrado e que pode influenciar a frutificação das plantas, haja vista que a maioria tende a frutificar no período chuvoso (Gouveia & Felfili 1998). Com este aumento da oferta de recurso alimentar pode haver o aumento da diversidade de aves frugívoras, através da migração, por exemplo (Silva & Pedroni 2014). Por outro lado, algumas poucas espécies frutificam em períodos distintos do restante da comunidade vegetal em florestas tropicais (van Schaik *et al.* 1993) e em região temperada (Plein *et al.* 2013), sendo consideradas espécies-chave quanto ao recurso alimentar disponível para a fauna e se

aproveitando da menor competição por dispersores e da maior diversidade de frugívoros atraídos. Sob essas condições distintas de recurso, então, o processo da frugivoria pode variar entre dois períodos do ano em resposta a sazonalidade (Hawes & Peres 2014). Plantas respondem a sazonalidade, ainda, por meio da sua fisiologia, da morfologia do diásporo e do conteúdo nutricional da polpa ou arilo (Mulwa *et al.* 2013). Por outro lado, animais podem responder por meio dos seus hábitos comportamentais (Leck 1972), tal como a migração ou os confrontos (encontros agonísticos) devido ao alimento que se torna escasso sazonalmente.

Quando o fator sazonalidade é considerado, torna-se possível a descoberta de espécies que produzem frutos que alimentam a fauna em períodos de escassez de recursos, sendo, assim, consideradas espécies-chave para a manutenção de comunidades (Galetti & Aleixo 1998). Algumas interações frugívoras ocorrem apenas em determinadas épocas do ano em função de período de frutificação restrito, porém, ao longo desse período, tais espécies frutíferas tem grande importância nutricional para a dieta da fauna (Murphy & Kelly 2003). Possivelmente devido à queda dos recursos disponíveis, que pode variar em resposta as condições climáticas, a dinâmica populacional de aves apresentou menor riqueza em espécies e menor presença de algumas guildas tróficas ao longo dos últimos anos, mesmo em áreas diferentes (Blake & Loiselle 2016). Períodos de frutificação distintos entre áreas e estações podem levar a fauna a se adequar às alterações nos níveis de recurso (Loiselle & Blake 1991) ou a migração em busca desse recurso (Levey & Stiles 1992), algo que influencia a interação planta-animal.

Conhecimentos biológicos sobre as espécies nativas de determinada formação vegetal são fundamentais para a implantação de projetos de manejo florestal, conservação e reconstituição do ecossistema onde elas se inserem (Melo *et al.* 2004). Dentre esses conhecimentos, citam-se as diversas estratégias das plantas para a dispersão (Karr 1976) e sobrevivência das sementes e plântulas (Jansen 1970; Wainwright 2012) que podem ser respostas por parte das plantas à sazonalidade que atua no ambiente como um todo. Com isso, o estudo da frugivoria possibilita diagnósticos que permitem propor e fundamentar intervenções com medidas preventivas e de recuperação de áreas degradadas (Jordano *et al.* 2006).

A influência da sazonalidade sobre as interações ecológicas ainda é pouco conhecida (Takemoto *et al.* 2014) e, para o Cerrado, trabalhos que contemplem o processo frugivoria/dispersão em Matas de Galeria são ainda escassos (e.g. Motta-Junior & Lombardi 2002; Martins *et al.* 2007; Stefanello *et al.* 2010), com alguns restringindo-se a uma única espécie arbórea (e.g. Francisco & Galetti 2001; Cazetta *et al.* 2002; Melo *et al.* 2003). Dentro

da região do Distrito Federal, é possível destacar o trabalho de Motta-Junior (1991) por ser precursor e por considerar dados morfológicos das plantas e o comportamento dos frugívoros durante o processo de frugivoria em 19 espécies de plantas. Além desse, cita-se os trabalhos de Pinheiro & Ribeiro (2001) e de Kuhlmann & Ribeiro (2016) que consideraram o tipo de dispersão de espécies que ocorrem no Cerrado do Distrito Federal. Dados obtidos da análise dos diásporos, tais como teor de nutrientes e tamanho, aliados a observação direta em campo do consumo animal de frutos, são necessários para avaliar o quão íntima pode ser a interação planta-animal mediada pela frugivoria (Fischer & Chapman 1993). Apesar do grande valor dos estudos morfológicos dos frutos e das sementes, também são poucos os trabalhos dessa natureza no Brasil (Lima *et al.* 2010). Existem poucos estudos sobre as proporções dos tipos de frutos em matas que margeiam cursos d'água (Stefanello *et al.* 2010).

O presente estudo pode fornecer, também, conhecimento para subsidiar programas de coleta de sementes, a partir das informações sobre o período de frutificação das espécies (Piña-Rodrigues 2002), e outros estudos dentro da biologia evolutiva e da pesquisa ecológica (Malo & Baonza 2002), ao se considerar o efeito da interação planta-animal sobre as características das espécies que interagem.

OBJETIVO GERAL

Caracterizar aspectos da interação planta-animal pela frugivoria e do processo de dispersão zoocórica considerando o efeito da sazonalidade pluviométrica em matas ripárias do Distrito Federal.

Objetivos específicos

- **Capítulo 1:** *Variação espacial e sazonal na diversidade de espécies arbóreas zoocóricas em matas de galeria no Brasil Central*

Objetivo: Avaliar se a disponibilidade de recurso para a fauna varia espacialmente e sazonalmente, quanto à riqueza e à abundância de espécies arbóreas zoocóricas, em matas de galeria em uma região no domínio do Cerrado.

- **Capítulo 2:** *The traits of frugivores and diaspores are correlated with the number of fruits eaten in the Cerrado gallery forest*

Objetivo: Determinar se características dos frugívoros e dos diásporos de árvores frutíferas estão associadas ao consumo de frutos em matas de galeria do Cerrado, se tal associação é influenciada pela sazonalidade pluviométrica e se alguns desses frugívoros podem ser indicados como potenciais dispersores de sementes.

- **Capítulo 3:** *Seasonality and the structure of plant-frugivore networks in Neotropical savanna forest*

Objetivo: Testar se há diferenças na interação frugívora em dois períodos pluviométricos distintos (seco e chuvoso) e se há influência de características do diásporo sobre parâmetros dessa interação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albouy, C.; Guilhaumon, F.; Villéger, S.; Mouchet, M.; Mercier, L.; Culioli, J.M.; Tomasini, J.A.; Le Loc'h, F. & Mouillot, D. 2011. Predicting trophic guild and diet overlap from functional traits: statistics, opportunities and limitations for marine ecology. **Marine Ecology Progress Series 436**: 17-28.
- Antunes, N.B.; Ribeiro, J.F. & Salomão, A.N. 1998. Caracterização de frutos e sementes de seis espécies vegetais em matas de galeria do Distrito Federal. **Revista Brasileira de Sementes 20**: 112-119.
- Bancroft, G.T.; Strong, A.M. & Carrington, M. 1995. Deforestation and its effects on forest-nesting birds in the Florida Keys. **Conservation Biology 9**: 835-844.
- Blake, J.G. & Loiselle, B.A. 2016. Long-term changes in composition of bird communities at an “undisturbed” site in eastern Ecuador. **The Wilson Journal of Ornithology 128**: 255-267.
- Bolmgren, K. & Eriksson, O. 2010. Seed mass and the evolution of fleshy fruits in angiosperms. **Oikos 119**: 707-718.
- Bononi, V.L.R.; Carrenho, R. & Trufem, S.F.B. 2001. Fungos micorrízicos arbusculares em rizosferas de 3 espécies de fitobiontes instaladas em área de mata ciliar revegetada. **Acta Botanica Brasílica 15**: 115-124.
- Cabacinha, C.D. & Fontes, M.A. 2014. Caracterização florística e estrutural de fragmentos de matas de galeria da bacia do Alto Araguaia. **Ciência Florestal 24**: 379-390.
- Carvalho, F.A. 2010. Síndromes de dispersão de espécies arbóreas de florestas ombrófilas submontanas do estado do Rio de Janeiro. **Revista Árvore 34**: 1017-1023.

- Carvalho-Ricardo, M.C.; Uieda, W.; Fonseca, R.C.B. & Rossi, M.N. 2014. Frugivory and the effects of ingestion by bats on the seed germination of three pioneering plants. **Acta Oecologica** **55**: 51-57.
- Castro, E.R.D. & Galetti, M. 2004. Frugivoria e dispersão de sementes pelo lagarto teiú *Tupinambis merianae* (Reptilia: Teiidae). **Papéis Avulsos de Zoologia** **44**: 91-97.
- Cazetta, E.; Rubim, P.; Lunardi, V.D.O.; Francisco, M.R. & Galetti, M. 2002. Frugivoria e dispersão de sementes de *Talauma ovata* (Magnoliaceae) no sudeste brasileiro. **Ararajuba** **10**: 199-206.
- Chapman, C.A. & Chapman, L.J. 1995. Survival without dispersers: seedling recruitment under parents. **Conservation Biology** **9**: 675-678.
- Côrtes, M.C. & Uriarte, M. 2013. Integrating frugivory and animal movement: a review of the evidence and implications for scaling seed dispersal. **Biological Reviews** **88**: 255–272.
- Doughty, C.E.; Faurby, S. & Svenning, J.C. 2016. The impact of the megafauna extinctions on savanna woody cover in South America. **Ecography** **39**: 213-222.
- Del Castillo, R.F. & Ríos, M.A. 2008. Changes in seed rain during secondary succession in a tropical montane cloud forest region in Oaxaca, Mexico. **Journal of Tropical Ecology** **24**: 433-444.
- Erard, C.; Théry, M. & Sabatier, D. 2007. Fruit characters in the diet of syntopic large frugivorous forest bird species in French Guiana. **Revue d'Ecologie (Terre Vie)** **62**: 323-350.
- Ferraz, I.D.K.; Leal-Filho, N.; Imakawa, A.M.; Varela, V.P. & Piña-Rodrigues, F.C.M. 2004. Características básicas para um agrupamento ecológico preliminar de espécies madeireiras da floresta de terra firme da Amazônia Central. **Acta Amazônica** **34**: 621–633.

- Fischer, K.E. & Chapman, C.A. 1993. Frugivores and fruit syndromes: differences in patterns at the genus and species level. **Oikos** **66**: 472-482.
- Fonseca, G.A.B. & Redford, K.H. 1986. The role of gallery forests in the zoogeography of the cerrado's non-volant mammalian fauna. **Biotropica** **18**: 126-135.
- Francisco, M.R. & Galetti, M. 2001. Frugivoria e dispersão de sementes de *Rapanea lancifolia* (Myrsinaceae) por aves numa área de cerrado do Estado de São Paulo, sudeste do Brasil. **Ararajuba** **9**: 13-19.
- Galetti, M. 2001. The future of the Atlantic Forest. **Conservation Biology** **15**: 4-5.
- Galetti, M. & Aleixo, A. 1998. Effects of palm heart harvesting on avian frugivores in the Atlantic rain forest of Brazil. **Journal of Applied Ecology** **35**: 286-293.
- Galetti, M.; Donatti, C.I.; Pires, A.S.; Guimarães Jr., P.R. & Jordano, P. 2006. Seed survival and dispersal of an endemic Atlantic forest palm: the combined effects of defaunation and forest fragmentation. **Botanical Journal of the Linnean Society** **151**: 141-149.
- García, D.; Zamora, R. & Amico, G.C. 2011. The spatial scale of plant-animal interactions: effects of resource availability and habitat structure. **Ecological Monographs** **81**: 103-121.
- Giehl, E.L.H.; Athayde, E.A.; Budke, J.C.; Gesing, J.P.A.; Einsiger, S.M. & Canto-Dorow, T.S. 2007. Espectro e distribuição vertical das estratégias de dispersão de diásporos do componente arbóreo em uma floresta estacional no sul do Brasil. **Acta Botanica Brasilica** **21**: 137-145.
- Gouveia, G.P. & Felfili, J.M. 1998. Fenologia de comunidades de cerrado e de mata de galeria no Brasil central. **Revista Árvore** **22**: 443-450.
- Griz, L.M.S. & Machado, I.C.S. 2001. Fruiting phenology and seed dispersal syndromes in caatinga, a tropical dry forest in the northeast of Brazil. **Journal of Tropical Ecology** **17**: 303-321.

- Hawes, J.E. & Peres, C.A. 2014. Fruit-frugivore interactions in Amazonian seasonally flooded and unflooded forests. **Journal of Tropical Ecology** **30**: 381-399.
- Houssard, C.; Escarré, J. & Bomane, F. 1980. Development of species diversity in some Mediterranean plant communities. **Vegetatio** **43**: 59-72.
- Howe, H.F. 1984. Constraints on the Evolution of Mutualisms. **The American Naturalist** **123**: 764-777.
- Howe, H.F. 2016. Making dispersal syndromes and networks useful in tropical conservation and restoration. **Global Ecology and Conservation** **6**: 152–178.
- Howe, H.F. & Smallwood, J. 1982. Ecology of seed dispersal. **Annual Review of Ecology and Systematics** **13**: 201-228.
- Hubbell, S.P. 1979. Tree dispersion, abundance, and diversity in a tropical dry forest. **Science** **203**: 1299-1309.
- Jansen, D.H. 1970. Herbivores and the number of tree species in tropical forests. **The American Naturalist** **104**: 501-528.
- Jara-Guerrero, A.; De la Cruz, M.; Espinosa, C.I.; Méndez, M. & Escudero, A. 2015. Does spatial heterogeneity blur the signature of dispersal syndromes on spatial patterns of woody species? A test in a tropical dry forest. **Oikos** doi: 10.1111/oik.02098.
- Jordano, P. 2000. Fruits and frugivory. *In*: Fenner, M. (Ed.) **Seeds: the ecology of regeneration in plant communities**. 2nd Edition. CABI Publication. Wallingford. Pg. 125-166.
- Jordano, P. 2010. Coevolution in Multispecific Interactions among Free-Living Species. **Evo Edu Outreach** **3**:40–46.

- Jordano, P.; Forget, P.-M.; Lambert, J.E.; Böhning-Gaese, K.; Traveset, A. & Wright, S.J. 2010. Frugivores and seed dispersal: mechanisms and consequences for biodiversity of a key ecological interaction. **Biology Letters** 7: 321-323.
- Jordano, P.; Galetti, M.; Pizo, M.A. & Silva, W.R. 2006. Ligando frugivoria e dispersão de sementes à biologia da conservação. *In*: Duarte, C.F.; Bergallo, H.G.; Dos Santos, M.A. & Va, A.E. (Ed.). **Biologia da conservação: essências**. Editorial Rima. São Paulo. Pg. 411-436.
- Karr, J.R. 1976. Seasonality, resource availability, and community diversity in tropical bird communities. **The American Naturalist** 110: 973-994.
- Korine, C.; Kalki, E.K. & Herre, E.A. 2000. Fruit characteristics and factors affecting fruit removal in a Panamanian community of strangler figs. **Oecologia** 123: 560-568.
- Kuhlmann, M. & Ribeiro, J.F. 2016. Evolution of seed dispersal in the Cerrado biome: ecological and phylogenetic considerations. **Acta Botanica Brasilica** 30: 271-282.
- Larson, D.L. 1996. Seed dispersal by specialist versus generalist foragers: the plant's perspective. **Oikos** 76: 113-120.
- Leck, C.F. 1972. Seasonal changes in feeding pressures of fruit-and nectar-eating birds in Panama. **The Condor** 74: 54-60.
- Levey, D.J. & Stiles, F.G. 1992. Evolutionary precursors of long-distance migration: resource availability and movement patterns in Neotropical landbirds. **The American Naturalist** 140: 447-476.
- 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.
- Lima, L.L.; Lima, P.B.; Almeida-Jr., E.B. & Zickel, C.S. 2010. Morfologia de frutos, sementes e plântulas de *Guettarda platypoda* DC. (Rubiaceae). **Biota Neotropica** 10: 155-160.

- Lima, W.P. & Zakia, M.J.B. 2000. Hidrologia de matas ciliares. *In*: Rodrigues, R.R. & Leitão-filho, H.F. (Ed.). **Matas ciliares: conservação e recuperação**. EDUSP-FAPESP. São Paulo. Pg. 33-44.
- Loiselle, B.A. & Blake, J.G. 1991. Temporal variation in birds and fruits along an elevational gradient in Costa Rica. **Ecology** **72**: 180-193.
- Lopes, L.E.; Fernandes, A.M. & Marini, M.Â. 2005. Diet of some Atlantic Forest birds. **Ararajuba** **13**: 95-103.
- López-Martínez, J.O.; Sanaphre-Villanueva, L.; Dupuy, J.M.; Hernández-Stefanoni, J.L.; Meave, J.A. & Gallardo-Cruz, J.A. 2013. β -Diversity of functional groups of woody plants in a tropical dry forest in Yucatan. **PLoS ONE** **8**: e73660.
- Malo, J.E. & Baonza, J. 2002. Are there predictable clines in plant-pollinator interactions along altitudinal gradients? The example of *Cytisus scoparius* (L.) link in the Sierra de Guadarrama (Central Spain). **Diversity and Distributions** **8**: 365-371.
- Martins, M.; Silva-Zanzini, A.C. & Santiago, W.T.V. 2007. Síndromes de dispersão em formações florestais do bioma Cerrado no Estado do Tocantins. **Revista Brasileira de Biociências** **5**: 807-809.
- Maruyama, P.K.; Alves-Silva, E. & Melo, C. 2007. Oferta qualitativa e quantitativa de frutos em espécies ornitocóricas do Gênero *Miconia* (Melastomataceae). **Revista Brasileira de Biociências** **5**: 672-674.
- Melo, C.; Bento, E.C. & Oliveira, P.E. 2003. Frugivory and dispersal of *Faramea cyanea* (Rubiaceae) in Cerrado woody plant formations. **Brazilian Journal of Biology** **63**: 75-82.
- Melo, M.G.G.; Mendonça, M.S. & Mendes, A.M. 2004. Análise morfológica de sementes, germinação e plântulas de jatobá (*Hymenaea intermedia* Ducke var. *adenotricha* (Ducke) Lee & Lang.) Leguminosae-Caesalpinioideae. **Acta Amazônica** **34**: 9-14.

- Mikich, S.B. 2002. A dieta frugívora de *Penelope superciliaris* (Cracidae) em remanescentes de floresta estacional semidecidual no centro-oeste do Paraná, Brasil e sua relação com *Euterpe edulis* (Arecaceae). **Ararajuba** **10**: 207-217.
- Motta-Junior, J.C. 1991. **A exploração de frutos como alimento por aves de mata ciliar numa região do Distrito Federal**. Dissertação de Mestrado. Rio Claro, UNESP.
- Motta-Junior, J. C. & Lombardi, J. A. 2002. Ocorrência de zoocoria em florestas-de-galeria no Complexo do Cerrado, Brasil. **Biotemas** **15**: 59-81.
- Muller-Landau, H.C.; Wright, S.J.; Calderón, O.; Condit, R. & Hubbell; S.P. 2008. Interspecific variation in primary seed dispersal in a tropical forest. *Journal of Ecology* **96**: 653-667.
- Mulwa, R.K.; Neuschulz, E.L.; Bohning-Gaese, K. & Schleuning, M. 2013. Seasonal fluctuations of resource abundance and avian feeding guilds across forest-farmland boundaries in tropical Africa. **Oikos** **122**: 524-532.
- Murphy, S.J.; Audino, L.D.; Whitacre, J.; Eck, J.L.; Wenzel, J.W.; Queenborough, S.A. & Comita, L.S. 2015. Species associations structured by environment and land-use history promote beta-diversity in a temperate forest. **Ecology** **96**: 705-715.
- Murphy, D.J. & Kelly, D. 2003. Seasonal variation in the honeydew, invertebrate, fruit and nectar resource for bellbirds in a New Zealand mountain beech forest. **New Zealand Journal of Ecology** **27**: 11-23.
- Nathan, R.; Schurr, F.M.; Spiegel, O.; Steinitz, O.; Trakhtenbrot, A. & Tsoar, A. 2008. Mechanisms of longdistance seed dispersal. **Trends in Ecology and Evolution** **23**: 638-647.
- Pianka, E.R. 1994. **Evolutionary ecology**. Harper Collins College Publishers. New York.

- Pinã-Rodrigues, F.C.M. 2002. **Guia prático para a colheita e manejo de sementes florestais tropicais**. IDACO. Rio de Janeiro.
- Pinheiro, F. & Ribeiro, J.F. 2001. Síndromes de dispersão de sementes em Matas de Galeria do Distrito Federal. *In*: Ribeiro, J.F.; Fonseca, C.E.L. & Sousa-Silva, J.C. (Eds.). **Cerrado: Caracterização e recuperação de Mata de Galeria**. EMBRAPA-Cerrados. Planaltina. Pg. 335-378.
- Pires, M.M.; Galetti, M.; Donatti, C.I.; Pizo, M.A.; Dirzo, R. & Guimarães-Jr, P.R. 2014. Reconstructing past ecological networks: the reconfiguration of seed-dispersal interactions after megafaunal extinction. **Oecologia** **175**: 1247-1256.
- Plein, M.; Langsfeld, L.; Neuschulz, E.L.; Schultheiss, C.; Ingmann, L.; Topfer, T.; Bohning-Gaese, K. & Schleuning, M. 2013. Constant properties of plant-frugivore networks despite fluctuations in fruit and bird communities in space and time. **Ecology** **94**: 1296-1306.
- Restrepo, C.; Gomez, N. & Heredia, S. 1999. Anthropogenic edges, treefall gaps, and fruit-frugivore interactions in a neotropical montane forest. **Ecology** **80**: 668-685.
- Ribeiro, J.F. & Walter, B.M.T. 2008. As principais fitofisionomias do bioma Cerrado. *In*: Sano, S.M., Almeida, S.P. & Ribeiro, J.F. (Eds.). **Cerrado: ecologia e flora**. Vol. 1. EMBRAPA-Cerrados. Planaltina. Pg. 151-212.
- Ridley, H.N. 1930. **The dispersal of plants throughout the world**. L. Reeve & Co. Ashford.
- Rossaneis, B.K.; Reis, N.R.; Bianchini, E. & Pimenta, J.A. 2015. Germinação de sementes após a passagem pelo trato gastrointestinal de morcegos (Chiroptera, Phyllostomidae). **Semina: Ciências Biológicas e da Saúde** **36**: 3-14.
- Santos, N.A.; Hoffmann, J.; Roosevelt, A.; Chaves, F.T. & Fonseca, C.E.L. 2001. Análise socioeconômica da interação entre a sociedade e a Mata de Galeria: implicações para a formulação de políticas públicas. *In*: Ribeiro, J.F.; Fonseca, C.E.L. & Sousa-Silva, J.C.

- (Eds.). **Cerrado: caracterização e recuperação de Matas de Galeria**. EMBRAPA-Cerrados. Planaltina. Pg. 691-734.
- Saravy, F.P.; Freitas, P.J. Lage, M.A.; Leite, S.J; Braga, L.F. & Sousa, M.P. 2003. Síndrome de dispersão em estratos arbóreos em um fragmento de floresta ombrófila aberta e densa em Alta Floresta – MT **Revista do Programa de Ciências Agro-Ambientais 2**: 1-12.
- Silva, G.B.M. & Pedroni, F. 2014. Frugivoria por aves em área de cerrado no município de Uberlândia, Minas Gerais. **Revista Árvore 38**: 433-442.
- Silva, M.G. & Tabarelli, M. 2001. Seed dispersal, plant recruitment and spatial distribution of *Bactris acanthocarpa* Martius (Arecaceae) in a remnant of Atlantic forest in northeast Brazil. **Acta Oecologica 22**:259-268.
- Snow, D.W. 1981. Tropical frugivorous birds and their food plants: a world survey. **Biotropica 13**: 1-14.
- Stefanello, D.; Ivanauskas, N.M.; Martins, S.V.; Silva, E. & Kunz, S.H. 2010. Síndromes de dispersão de diásporos das espécies de trechos de vegetação ciliar do rio das Pacas, Querência – MT. **Acta Amazonica 40**: 141–150.
- Stone, D.E. 1973. Patterns in the evolution of amentiferous fruits. **Brittonia 25**: 371-384.
- Tabarelli, M.; Mantovani, W. & Peres, C.A. 1999. Effects of habitat fragmentation on plant guild structure in the montane Atlantic forest of southeastern Brazil. **Biological Conservation 91**: 119-127.
- Takemoto, K.; Kanamaru, S. & Feng, W.F. 2014. Climatic seasonality may affect ecological network structure: Food webs and mutualistic networks. **Biosystems 121**: 29-37.
- Tiffney, B.H. 2004. Vertebrate dispersal of seed plants through time. **Annual review of ecology, evolution, and systematics 35**: 1-29.

- van der Pijl, L. 1982. **Principles of dispersal in higher plants**. Springer-Verlag. Berlin.
- van Schaik, C.P.; Terborgh, J. & Wright, S.J. 1993. The phenology of tropical forests: adaptative significance and consequences for primary consumers. **Annual Review of Ecology and Systematics 24**: 353–377.
- Veneklaas, E.J.; Fajardo, A.; Obregon, S. & Lozano, J. 2005. Gallery forest types and their environmental correlates in a Colombian savanna landscape. **Ecography 28**: 236-252.
- Wainwright, C.E.; Wolkovich, E.M. & Cleland, E.E. 2012. Seasonal priority effects: implications for invasion and restoration in a semi-arid system. **Journal of Applied Ecology 49**: 234-241.
- Wang, B.C. & Smith, T.B. 2002. Closing the seed dispersal loop. **Trends in Ecology & Evolution 17**: 379-385.
- Wenny, D.G. 2000. Seed dispersal, seed predation, and seedling recruitment of a neotropical montane tree. **Ecological Monographs 70**: 331-351.
- Wiesbauer, M.B.; Giehl, E.L.H. & Jarenkow, J.A. 2008. Padrões morfológicos de diásporos de árvores e arvoretas zoocóricas no Parque Estadual de Itapuã, RS, Brasil. **Acta Botanica Brasilica 22**: 425-435.
- Willson, M.F.; Rice, B.L. & Westoby, M. 1990. Seed dispersal spectra: a comparison of temperate plant communities. **Journal of Vegetation Science 1**: 547-562.
- Zortéa, M. 2003. Reproductive patterns and feeding habits of three nectarivorous bats (Phyllostomidae: Glossophaginae) from the Brazilian Cerrado. **Brazilian Journal of Biology 63**: 159-168.

CAPÍTULO 1

Variação espacial e sazonal na diversidade de espécies arbóreas zoocóricas em matas de galeria no Brasil Central

Resumo

A composição de espécies arbóreas zoocóricas pode variar espacialmente e os períodos de frutificação podem ser influenciados pelas mudanças sazonais do ambiente, resultando em diferenças na oferta de frutos à fauna entre habitats e também ao longo do tempo. Foi utilizado dessa premissa para avaliar se a disponibilidade de recurso para a fauna varia espacialmente e sazonalmente, quanto à riqueza e à abundância de espécies arbóreas zoocóricas, ao longo de matas de galeria em uma região no domínio do Cerrado. Foram coletados dados de composição e abundância das espécies de fragmentos de matas de galeria de inventários disponíveis na literatura, classificamos as espécies quanto à síndrome de dispersão, selecionamos as espécies zoocóricas e definimos o período de frutificação. Utilizamos de interpolação e extrapolação dos dados com o uso do método de abrangência da amostra (*coverage*) através dos números de Hill para se obter as espécies típicas de cada mata e as abundantes em cada período de frutificação. A ornitocoria foi o tipo de dispersão predominante. Em geral, a distância contribuiu para o aumento das diferenças entre as comunidades arbóreas, porém mesmo matas próximas apresentaram diferenças florísticas. Houve também variação sazonal na disponibilidade dos frutos com predomínio, entre as espécies abundantes de cada mata, da frutificação no período chuvoso. A comunidade arbórea zoocórica é distinta dentro da região estudada, assim como a oferta de frutos entre os períodos de chuva e seca, tal distinção determina variação da riqueza e da abundância de recursos para a fauna ao longo do espaço e do tempo.

Palavras-chave: frugivoria, frutificação, riqueza, abundância, Cerrado.

Introdução

Diferenças florísticas entre matas de galeria ao longo do espaço podem ser resultado do histórico de uso e perturbação, das características ambientais como solo, inundações, clima e geomorfologia (Oliveira-Filho 1989; Veneklaas *et al.* 2005). Em geral, estes fatores variam espacialmente e contribuem para o aumento das diferenças florísticas entre áreas em resposta à distância (Condit *et al.* 2002). Comunidades arbóreas com importante interação biótica, tal como as zoocóricas, podem também apresentar alta heterogeneidade na diversidade, mesmo dentro de uma mesma região (López-Martínez *et al.* 2013). Em resposta a cobertura florestal, díspares fragmentos florestais apresentaram, entre si, variada riqueza em espécies e produção de frutos carnosos de interesse para a fauna (Pessoa *et al.* 2016). Distinta estrutura e dinâmica de comunidades vegetais pode também ser resultado das interações planta-animal (Jansen 1970; Morales *et al.* 2013), tal como a dispersão (Galetti *et al.* 2006; Jara-Guerrero *et al.* 2015), que são diferentes entre elas. Dados sobre composição e abundância de espécies zoocóricas em cada comunidade arbórea podem, assim, contribuir para o entendimento desse processo (Wang & Smith 2002).

A diversidade florística dentro de um espaço é importante para aqueles animais que exploram grandes áreas para compor suas dietas (Law & Dickman 1998), levando ao compartilhamento da fauna entre as diferentes matas. Florestas em diferentes altitudes, por exemplo, podem ser conectadas por aves visitantes em busca de recurso, haja vista a diferença na abundância de espécies arbóreas frutíferas entre essas comunidades, influenciando, assim, a dispersão de sementes (Loiselle & Blake 1991). Por outro lado, alguns animais podem depender da composição florística típica de comunidades arbóreas locais (Karr & Roth 1971). Tais animais podem apresentar dieta mais especializada sem possuir o comportamento de forragear por entre locais diferentes a procura de frutos (Blendinger *et al.* 2012).

O recurso pode também variar sazonalmente quanto à diversidade na oferta, considerando os diferentes períodos de frutificação das espécies arbóreas (Staggemeier *et al.* 2016). Este aumento da oferta de recursos pode resultar em aumento da diversidade de aves na região (Karr 1976; Loiselle & Blake 1990). A sazonalidade da frutificação funciona como estratégia para a sobrevivência das sementes e plântulas, ao evitar predadores (Jansen 1970), ou utilizar das características sazonais do ambiente para melhorar a eficácia da dispersão (Karr 1976), germinação e estabelecimento inicial das plântulas (Wainwright 2012). Porém, outra estratégia é a frutificação quando não há grande disponibilidade de alimento no ambiente, haja vista que contribui para evitar a competição por dispersores e atrair maior número de

frugívoros (van Schaik *et al.* 1993). Além disso, esses frugívoros podem ser capazes de forragear por amplas áreas nessas épocas de escassez, conduzindo os diásporos a longas distâncias (van Schaik *et al.* 1993).

A compreensão do processo frugivoria-dispersão depende da análise dentro e entre comunidades. Apesar disso, ainda são poucos os estudos que adotam essa perspectiva (e.g. Muller-Landau *et al.* 2008; Almeida-Neto *et al.* 2008; Côrtes & Uriarte 2013). Poucos também são os trabalhos que consideram a quantidade de indivíduos de cada tipo de dispersão, restringindo-se apenas a quantidade de espécies, algo que impede o conhecimento real da disponibilidade de recurso para a fauna (Jara-Guerrero *et al.* 2011). Além disso, trabalhos que relacionam a sazonalidade ambiental com o período de frutificação, baseando-se em registros coletados ao longo do tempo, são ainda necessários (Polansky & Boesch 2013). Para o Cerrado, a fenologia da frutificação de comunidades vegetais está restrita a poucos trabalhos (e.g. Gouveia & Felfili 1998; Batalha & Martins 2004).

A zoocoria em matas de galeria no Cerrado representa até 86% das espécies de árvores (Stefanello *et al.* 2010). A mata de galeria é habitat para fauna rica e diversa (Silva 1995; Marinho-Filho & Gastal 2000). Tratam-se de matas ladeadas por ambiente savânico na região central do Brasil (Ribeiro & Walter 2008). Em geral, essas matas aparentemente possuem comunidade arbórea em que a riqueza e abundância de espécies mudam pouco ao longo do tempo (Pinto & Hay 2005; Oliveira & Felfili 2008). Gouveia & Felfili (1998) encontraram variação sazonal na frutificação entre espécies zoocóricas em um sítio de mata de galeria, com maior riqueza e abundância no período chuvoso. Considerando, que a variação espacial pode influenciar a composição arbórea e a sazonalidade na frutificação, resultando em diferenças na distribuição e abundância de recursos entre habitats e também entre períodos de tempo (Recher 1990), o objetivo deste estudo foi avaliar se a disponibilidade de recurso para a fauna varia espacialmente e sazonalmente, quanto à riqueza e à abundância de espécies arbóreas zoocóricas, em matas de galeria em uma região no domínio do Cerrado. São esperadas diferenças na disponibilidade de recurso para a fauna, expressa pela riqueza e abundância de espécies arbóreas zoocóricas, em resposta a distância entre as matas. Espera-se ainda, que, devido à menor frutificação no período seco, tal diferença entre as matas quanto à disponibilidade do recurso alimentar também tenha variação sazonal. Com isso, perguntou-se: Como a disponibilidade de recursos alimentares para a fauna frugívora varia espacialmente e sazonalmente, quanto à riqueza e a abundância de espécies arbóreas zoocóricas, ao longo de matas de galeria em uma região no domínio do Cerrado?

Material e Métodos

Coleta dos dados

A partir de publicações sobre inventários da flora arbórea de mata de galeria disponíveis em periódicos até o ano de 2015, foram compilados dados de espécies arbóreas encontradas em 10 matas de galeria situadas na região do Distrito Federal, Brasil (Tabela 1; Figura 1). Essa região, com aproximadamente 6 mil km², possui vasta riqueza em espécies lenhosas ao longo de todas as formações vegetacionais (1.268) (Proença *et al.* 2001), o que representa 68% da flora arbórea do Cerrado (Mendonça *et al.* 2008). Foram considerados apenas trabalhos que utilizaram como critério de inclusão indivíduos com o diâmetro à altura do peito (DAP) igual ou maior do que 5 cm. No caso de trabalhos cujo tal critério incluiu indivíduos com DAP menor do que 5 cm, estes foram excluídos da análise. A temperatura média anual da região varia entre 20 e 26°C (Eiten 1972), sob sazonalidade climática com meses secos (abril à setembro) e chuvosos (outubro à março) (Silva *et al.* 2008).

Para cada mata foram compilados dados sobre: espécies; famílias; número de indivíduos; e tipo de dispersão. A atualização e verificação de sinônimos para a padronização dos nomes científicos foi realizada a partir da Lista de espécies da flora do Brasil, por meio do pacote “flora” (versão 0.2.7, <https://cran.r-project.org/web/packages/flora/index.html>) no programa R (versão 3.1.2, <http://www.R-project.org>). Espécimes identificados apenas até o nível de família ou de gênero foram excluídos, exceto os gêneros que foram citados apenas para uma única mata. Subespécies e variedades foram agrupadas com suas respectivas espécies.

Os tipos de dispersão das espécies compiladas foram obtidos em literatura específica para a flora da região (Oliveira & Paula 2001; Pinheiro & Ribeiro 2001; Kuhlmann 2012). As espécies foram classificadas em zoocóricas e não-zoocóricas (van der Pijl 1982), com o primeiro grupo dividido em ornitocóricas e não-ornitocóricas (Pianka 1994).

Tabela 1. Sítios de mata de galeria onde foram compilados dados de composição e abundância de espécies arbóreas na região do Distrito Federal, Brasil.

Local	Código	Área amostrada (ha)	Altitude aproximada (m)	Espécies (Indivíduos)	Fonte
Área de Preservação Ambiental do rio São Bartolomeu	GF1	1,00	940	82 (636)	Paula <i>et al.</i> 1990
Núcleo Rural Tabatinga, cabeceira do rio Jardim	GF2	1,05	940	123 (1033)	Morais <i>et al.</i> 2000
Reserva Ecológica do IBGE, Córrego do Pitoco	GF3	0,51	1.100	97 (956)	Silva-Júnior 2005
Reserva Ecológica do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Córrego do Monjolo	GF4	0,58	1.100	80 (946)	Silva-Júnior 1999
Reserva Ecológica do IBGE, Córrego do Taquara	GF5	0,62	1.100	108 (949)	Silva-Júnior 2004
Fazenda Água Limpa, Córrego do Capetinga	GF6	1,00	1.110	84 (1004)	Oliveira <i>et al.</i> 2011
Fazenda Sucupira, Córrego Riacho Fundo	GF7	0,80	1.130	42 (1677)	Fontes & Walter 2011
Fazenda Sucupira, Córrego Açudinho	GF8	1,58	1.130	108 (1140)	Sampaio <i>et al.</i> 2000
Parque Nacional de Brasília, Córrego Acampamento	GF9	0,80	1.060	43 (1712)	Guarino & Walter 2005
Estação Ecológica de Águas Emendadas, Córregos Fumal, Monteiro e Vereda Grande	GF10	0,48	1.120	103 (1011)	Haidar <i>et al.</i> 2013

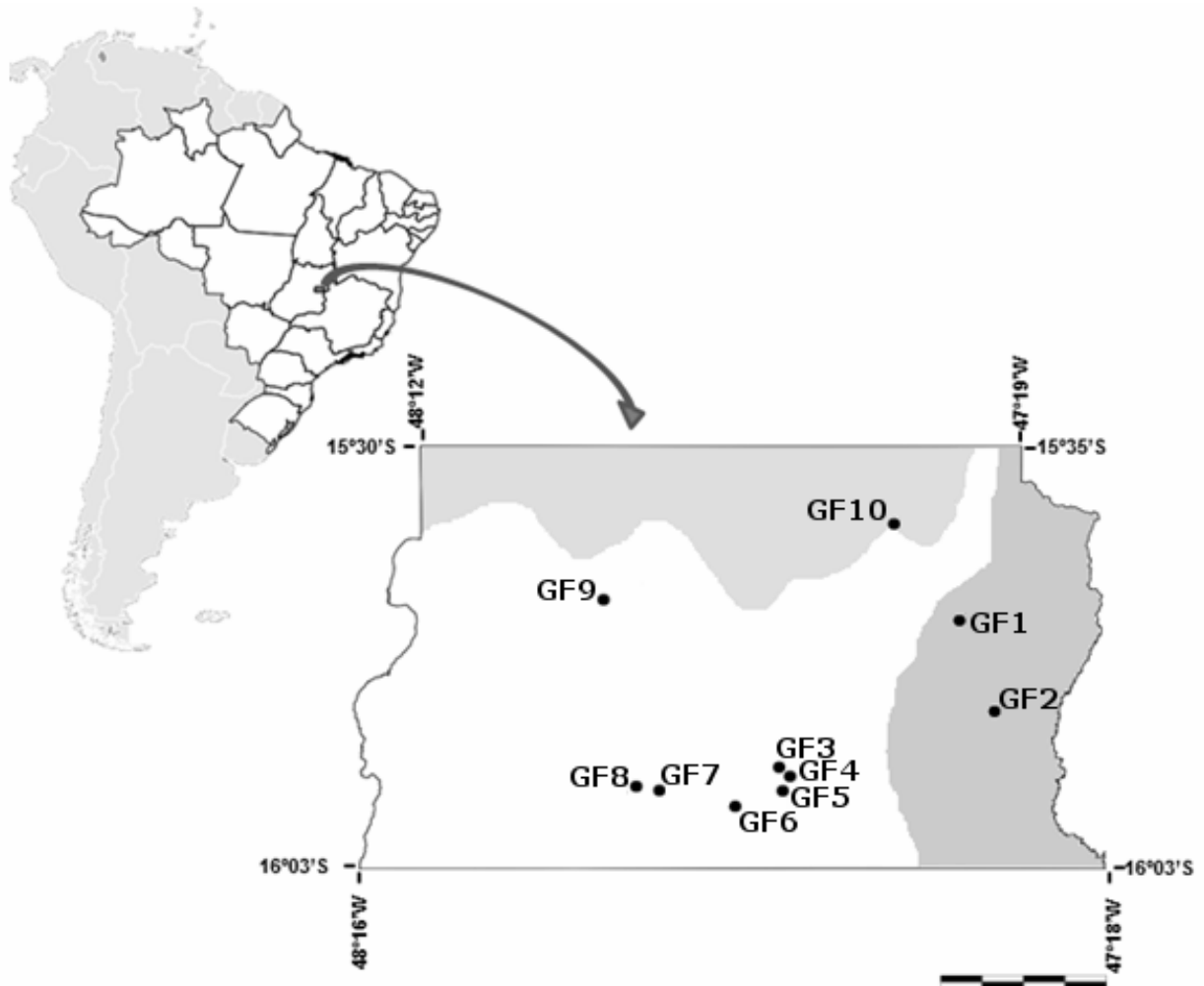


Figura 1. Localização das 10 matas de galeria amostradas na região do Distrito Federal, BR. A região está dividida de acordo com as bacias hidrográficas: Tocantins-Araguaia (cinza claro, no topo); São Francisco (cinza escuro, à direita); Paraná (em branco). A distância em linha reta entre as matas varia de aproximadamente 0,5 a 54 km. (Escala=1:1.193.000; Barra=25 km).

Análise dos dados

Comparação entre áreas

As matas foram comparadas sob o mesmo valor de abrangência da amostragem (*coverage*) por meio de interpolação ou extrapolação (Chao *et al.* 2014), pois apresentaram tamanhos amostrais diferentes. O método como um todo é considerado menos sensível às amostras provindas de áreas de tamanho distinto ou métodos de coleta diferentes (Chao *et al.* 2014). Esse valor é uma medida para a plenitude da amostra e, sob o mesmo valor, as

comunidades foram consideradas igualmente amostradas e a comparação das medidas de riqueza e diversidade entre elas foi possível. Em caso de extrapolação, tal valor deve ser o menor entre aqueles extrapolados, nunca excedendo o dobro do tamanho da amostragem a fim de evitar o enviesamento dos dados (Chao *et al.* 2014). Para tanto, fez-se uso da matriz de abundância de cada espécie (colunas) em cada mata (linhas). Por esse método, riqueza e diversidade são obtidas pelos números de Hill, que são valores passíveis de comparação e expressos pela mesma unidade: $q=0$ corresponde a riqueza em espécies; $q=1$ corresponde ao exponencial do índice de Shannon e é sensível as espécies raras e abundantes; $q=2$ corresponde ao inverso da concentração de Simpson e é sensível as espécies abundantes (Chao *et al.* 2014).

Testando a influência espacial

Para avaliar a composição de espécies arbóreas zoocóricas e a oferta de recurso para fauna em cada mata foi produzida a matriz de distância de Hellinger baseada em dados de abundância considerando somente as espécies arbóreas típicas. O critério para definição de espécies típicas de cada mata foi, após ordená-las por abundância, considerar somente a quantidade de espécies segundo a estimativa de diversidade de Hill com $q=1$ (Apêndice 1). Essa estimativa foi obtida sob o mesmo valor de abrangência de amostragem de 0,98 (*coverage*, amplitude de 0 a 1) usado para comparação entre tamanhos amostrais diferentes.

Utilizando tal matriz de dissimilaridade, a distribuição da composição das espécies entre as matas foi analisada pelo Escalonamento Multidimensional Não-Métrico (NMDS), seguindo as recomendações de Minchin (1987). A abundância das espécies arbóreas foi expressa em eixos de ordenação a fim de comparar os padrões exibidos entre as matas. Para avaliar a ocorrência de padrões espaciais, mais especificamente de autocorrelação espacial, foi calculado, ainda, o correlograma multivariado de Mantel (Legendre & Legendre 2012).

Testando a influência da sazonalidade

A influência da sazonalidade sob o período de frutificação (durante a seca ou durante a chuva) foi avaliada sobre as diferenças entre as matas quanto à riqueza ($q=0$) em espécies arbóreas zoocóricas consideradas abundantes em cada mata. Espécies abundantes de cada mata foram definidas de acordo com a estimativa de diversidade de Hill com $q=2$ (sob o *coverage* de 0,98). Os períodos de frutificação foram consultados nos registros das exsicatas disponíveis na base de dados “speciesLink” (<http://splink.cria.org.br>; acesso em 16 de setembro de 2016).

Fez-se uso preferivelmente de registros feitos no Distrito Federal ou no domínio do Cerrado que apresentavam ou descreviam a presença de frutos no momento da coleta. Sob os registros dos meses de frutificação obtidos para cada uma das espécies foi aplicado o índice de previsibilidade fenológica (PPI), para determinar o mês pico do evento para cada uma (Proença *et al.* 2012). O PPI varia de aproximadamente 0 (0,02) a 1, sendo que o evento fenológico tem maior probabilidade de ocorrer no mês pico quanto mais próximo de 1 for o seu valor do PPI. Apesar do uso apenas das espécies abundantes, para algumas delas não foi possível obter valor maior que 50 registros. Assim, para o aumento da confiabilidade do PPI (Proença *et al.* 2012), 12 espécies (14%) não foram consideradas (Apêndice 2). Diferenças entre o período seco e chuvoso quanto à riqueza em arbóreas zoocóricas abundantes foram avaliadas ao testar se tal diferença era diferente de zero (hipótese nula) através de modelos lineares.

Utilizou-se o programa R para todas as análises: função *iNEXT* (Chao *et al.* 2014, material complementar) para abrangência da amostragem; e os pacotes “vegan” (Oksanen 2005) para NMDS e correlograma de Mantel, “BiodiversityR” (Versão 2.5.4, <https://cran.r-project.org/web/packages/BiodiversityR/index.html>) para ordenação por abundância e “stats” para as demais.

Resultados

As matas de galeria analisadas apresentaram variações entre si quanto o número de espécies e indivíduos zoocóricos (Tabela 2). Considerando todas as 10 matas, 73% das espécies e 81% dos indivíduos foram classificados como zoocóricos, com predomínio de espécies e indivíduos com dispersão ornitocórica. As amostragens alcançaram valores altos de abrangência (*coverage* > 95%) (Tabela 2).

A ordenação por NMDS evidenciou no primeiro e no segundo eixo um gradiente contínuo de mudanças de composição florística (Figura 2). A distância geográfica entre as matas parece associada ao eixo 2 (vide Figura 1), porém não associada ao eixo 1 (Figura 2).

O compartilhamento das espécies mais abundantes foi baixo, sendo que a maioria foi associada a uma ou poucas matas, revelando a diferença florística entre elas (Figura 3). Além disso, matas como GF1, GF7 e GF9 apresentaram abundância distribuída basicamente em poucas espécies (Figura 4).

A influência do espaço sobre as diferenças na composição florística entre as matas, expressa pelo o correlograma de Mantel, foi significativa para as duas primeiras classes de distância (Classe 1, aprox. 5 km, $p < 0,05$; Classe 2, aprox. 12 km, $p < 0,05$).

A maioria das espécies mais abundantes, segundo o inverso da concentração de Simpson ($q=2$), apresentou pico de frutificação ao longo do período chuvoso ($t=6,36$; $p < 0,01$), 49 contra 22 espécies no período seco (Apêndice 2). Além disso, algumas espécies abundantes com pico de frutificação durante a seca ficaram concentradas em poucas matas, tais como *Magnolia ovata* (A.St.-Hil.) Spreng., *Miconia chartacea* Triana e *Xylopia emarginata* Mart. em GF7 e GF9 (Figura 3). A variação sazonal na diversidade do recurso, expresso pela riqueza em espécies arbóreas zoocóricas abundantes em frutificação, foi mais acentuada em algumas matas do que em outras (GF1 e GF6, com queda para menos de quatro espécies com frutificação na seca, por exemplo) (Figura 5). Apesar da queda na riqueza em espécies em relação ao período chuvoso, algumas matas, quando comparadas às demais, apresentaram no período seco maior e distinta quantidade de árvores zoocóricas frutificando (Figura 5).

Tabela 2. Abrangência da amostra (*coverage*) em porcentagem (%), número de espécies arbóreas zoocóricas (Spp.Z) e de indivíduos (Ind.), além das razões zoocóricas e não-zoocóricas (Z/Nz), ornitocóricas e não-ornitocóricas (Or/Nor), para espécies (Spp.) e indivíduos (Ind.), em 10 matas de galeria. *Inex.* = Inexistente.

	GF1	GF2	GF3	GF4	GF5	GF6	GF7	GF8	GF9	GF10
Abrangên. (%)	96,4	97,1	97,7	98,8	97,9	98,5	99,6	98,9	99,5	97,1
Spp.Z (Ind.)	52 (487)	91 (854)	77 (746)	60 (782)	78 (634)	64 (845)	38 (1413)	76 (959)	39 (1375)	77 (885)
Spp. (Z/Nz)	1,7	2,8	3,8	3	2,6	3,2	9,5	2,4	9,7	3
Ind. (Z/Nz)	3,3	4,8	3,5	4,8	2	5,3	5,3	5,3	4,1	7
Spp. (Or/Nor)	9,4	6	6,7	6,5	10	5,4	<i>Inex.</i>	5,9	18,5	6
Ind. (Or/Nor)	2,8	6,3	12,8	4,6	7,6	4,7	<i>Inex.</i>	12	26,5	7,7



Figura 2. Escalonamento Multidimensional Não-Métrico (NMDS) segundo a abundância de espécies arbóreas encontradas em 10 matas de galeria (Kruskal's *stress*= 6,13). Símbolos representam as espécies arbóreas zoocóricas e não-zoocóricas. Nomes das espécies arbóreas com alta abundância (somam mais de 42% dos indivíduos de cada mata de galeria) estão exibidos (nome completo das espécies vide Apêndice 1).

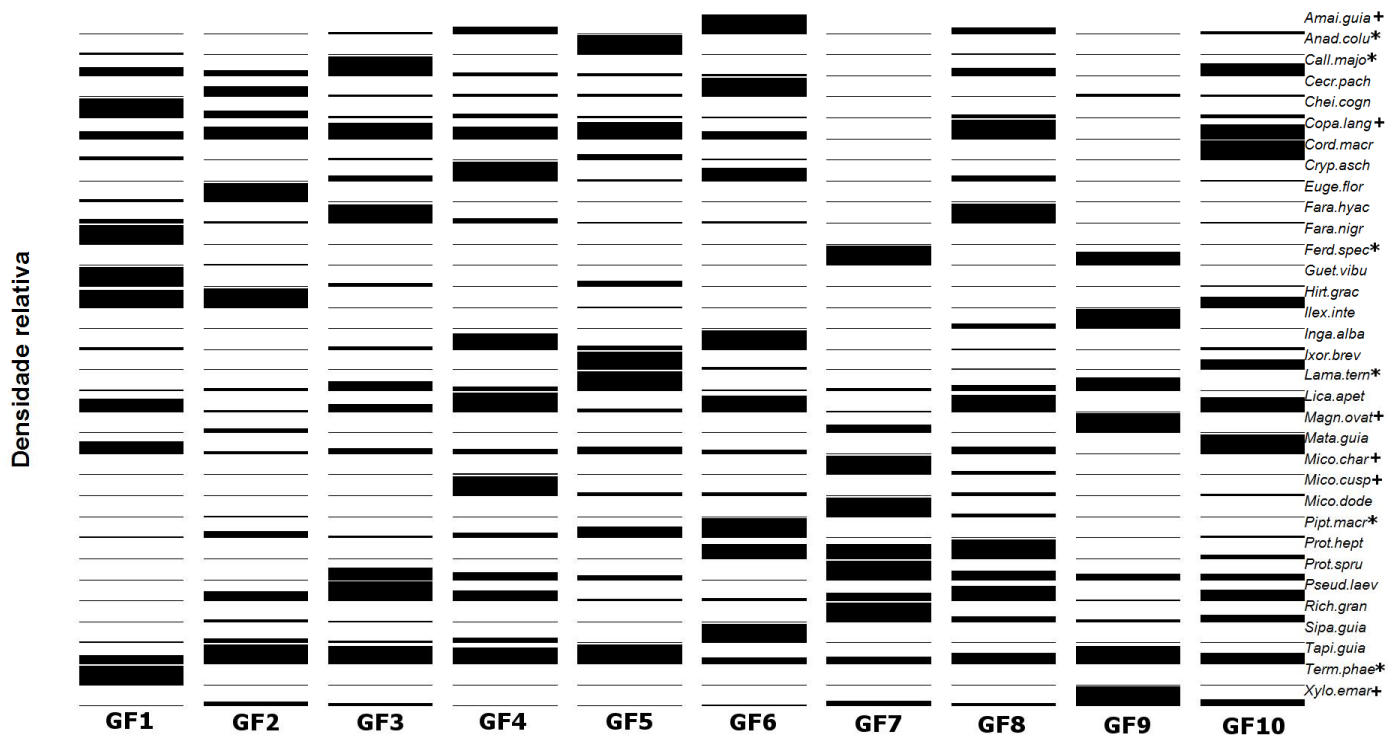


Figura 3. Distribuição da densidade relativa das cinco espécies arbóreas mais abundantes em cada mata de galeria (tais espécies correspondem juntas a mais de 42% dos indivíduos de cada mata). Espécies assinaladas com * e + representam as não-zoocóricas e as zoocóricas com frutificação durante o período seco, respectivamente. Espécies não assinaladas representam as zoocóricas com frutificação durante as chuvas (nome completo das espécies vide Apêndice 1).

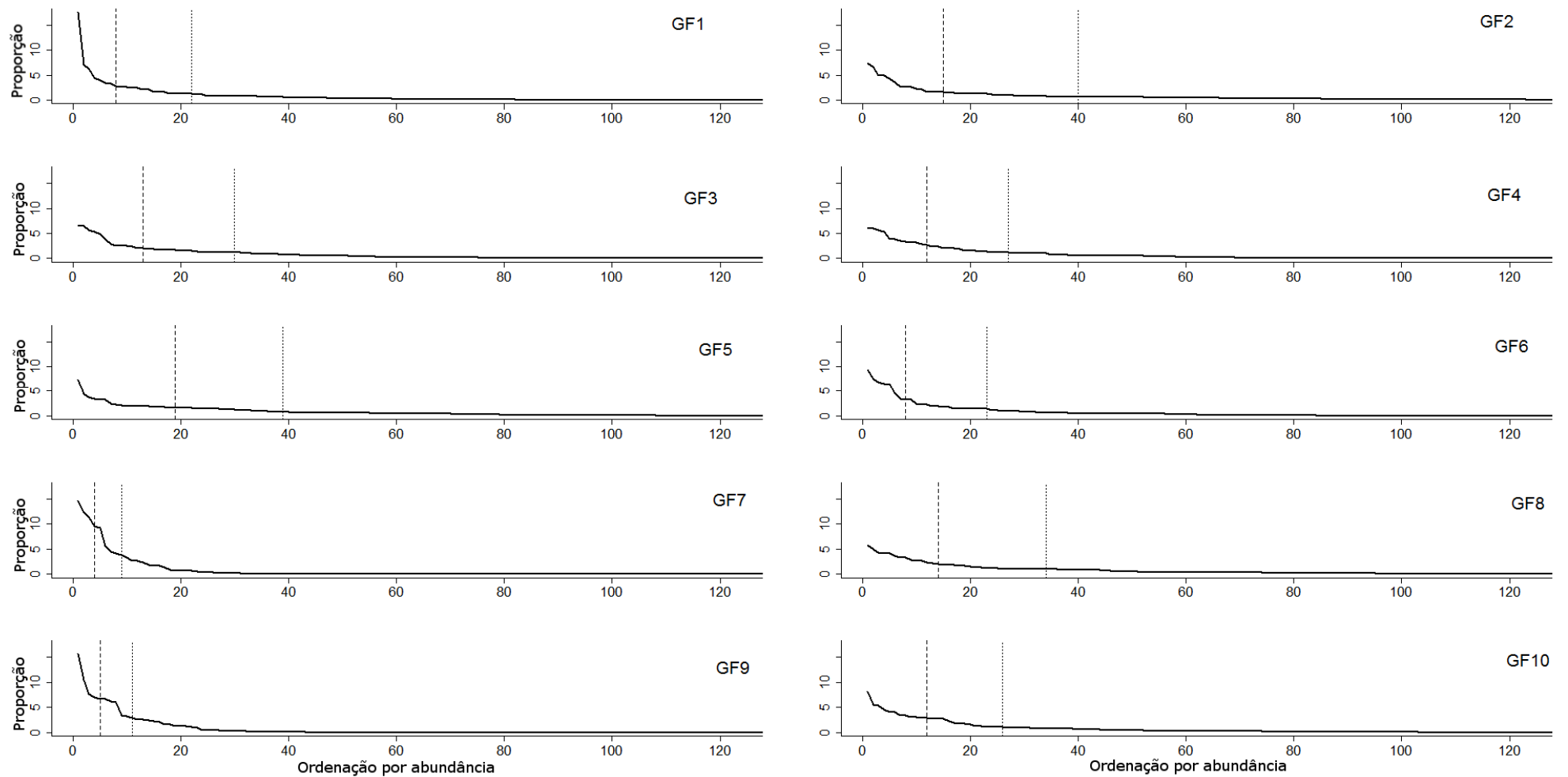


Figura 4. Proporção das espécies de acordo com a ordenação por abundância (*rank abundance*) nas 10 áreas de mata de galeria. As linhas verticais tracejadas e pontilhadas significam 50% e 75% dos indivíduos, respectivamente.

Discussão

Algumas matas de galeria são distintas tanto em relação ao número de espécies quanto em relação ao número de indivíduos zoocóricos, algo que pode denotar diferenças na disponibilidade do recurso para a fauna. Essa variação da diversidade entre as matas estudadas pode revelar padrões distintos de interação flora-fauna ao longo da região, especialmente com as aves. Em florestas tropicais, as aves são consideradas os principais frugívoros e dispersores (Blake *et al.* 1990) e a riqueza e abundância de frutos disponíveis estão diretamente relacionadas ao aumento da abundância desses frugívoros e da variedade de suas dietas (Loiselle & Blake 1990). Alguns desses frugívoros forrageiam por entre essas matas a fim de aproveitar a variabilidade e abundância de frutos (Blendinger *et al.* 2012) para complementar sua dieta (Whelan *et al.* 1998). Com isso, devido à diferença na disponibilidade e variedade de recursos entre estas matas, forçando a fauna a se movimentar, o alcance da dispersão das sementes pode ser aumentado dentro da região, como encontrado por Morales *et al.* (2013). Apesar de, em matas tropicais, a comunidade de espécies arbóreas zoocóricas poder ser limitada a poucas espécies hiperabundantes, espécies típicas de determinados locais podem ter um importante papel como fonte de recurso alimentar para frugívoros (Staggemeier *et al.* 2016). Visto que alguns animais podem fazer uso de toda uma região como seu habitat e que outros estão associados a sítios em específico (Law & Dickman 1998), tem-se, assim, a importância da diversidade das espécies arbóreas zoocóricas regional e de cada mata em particular para a conservação e a diversidade da fauna.

As matas de galeria na região estudada oferecem diferentes recursos à fauna também entre os dois períodos que caracterizam a sazonalidade pluviométrica, devido a maior quantidade de espécies zoocóricas abundantes com pico de frutificação no período chuvoso. Períodos de frutificação distintos entre áreas e em resposta a variações sazonais do ambiente podem conduzir a fauna a se adequar as alterações nos níveis de recurso (Loiselle & Blake 1991) ou a movimentação entre diferentes ambientes ou regiões em busca do alimento (Recher 1990; Plein *et al.* 2013). Em casos de dietas mais seletivas (menos oportunísticas), tal busca por alimento pode levar ao alto gasto de energia, tornando alguns frugívoros mais sujeitos ao efeito sazonal na queda do recurso (Kagoro-Rugunda & Hashimoto 2015). Além disso, algumas aves apresentam comportamento territorialista ou de pouca mobilidade (Law & Dickman 1998) ou incluem apenas alguns frutos de grande importância nutricional em suas dietas e estes às vezes estão disponíveis apenas em determinadas épocas do ano (Murphy &

Kelly 2003). Com isso, é possível que alguns frugívoros dentro da região estudada sejam mais vulneráveis a baixa disponibilidade de alimento e mais dependentes da diversidade local do recurso nessas épocas de escassez.

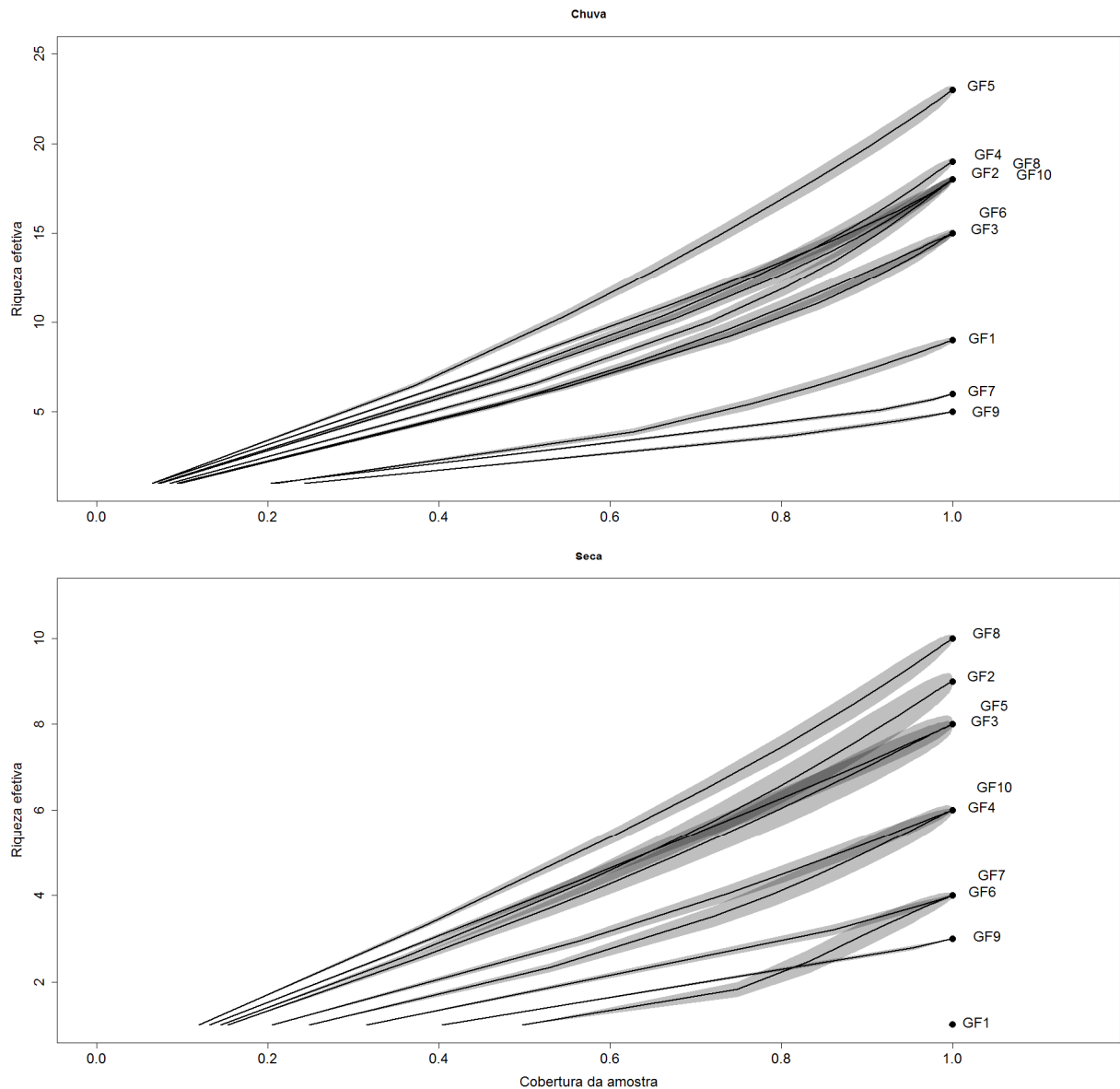


Figura 5. Riqueza em espécies arbóreas zoocóricas abundantes (número de Hill para diversidade, $q=2$) de acordo com a abrangência (*coverage*) da amostragem referente à comunidade que frutifica durante o período chuvoso (acima) e seco (abaixo) das 10 matas de galeria. A área sombreada de cada linha corresponde aos intervalos de confiança a 95%.

Apesar do maior número de espécies abundantes com frutificação durante as chuvas, algumas matas apresentam distinta riqueza em relação às demais apenas quando são consideradas aquelas que frutificam no período seco. Tais locais, com distinta diversidade de

recurso alimentar, podem contribuir para alimentar a fauna durante a escassez e serem considerados fundamentais para a manutenção de diversas comunidades (Griz & Machado 2001). Matas de galeria no Cerrado, apesar da queda na disponibilidade do recurso alimentar durante o período seco, podem ser menos afetadas do que outras fitofisionomias, recebendo, assim, nesse período, a fauna associada a esses outros locais (Cavalcanti 1992). A diferença na quantidade de consumidores de frutos pode não ser notada entre os períodos seco e chuvoso em escala local no Cerrado (Vieira *et al.* 2013). Contudo, como associações entre a abundância de frugívoros e a disponibilidade de alimento no tempo e no espaço podem ser notadas apenas em escalas regionais e não locais (Guitián & Munilla 2008), novos estudos sob essa perspectiva são necessários para relacionar a variação no recurso, como aqui encontrado, com a variação na comunidade frugívora.

Variáveis ambientais que se distribuem espacialmente podem ser responsáveis por distintas riqueza e abundância de espécies vegetais florestais (Murphy *et al.* 2015) e pela variação de recursos para a fauna encontrada ao longo das 10 matas de galeria da região. A heterogeneidade ambiental está relacionada ao aumento da riqueza em plantas (Veneklaas *et al.* 2005), inclusive espécies zoocóricas (Almeida-Neto *et al.* 2008; Jara-Guerrero *et al.* 2011). Contudo, tendo em vista a correlação espacial significativa obtida até mesmo entre matas próximas (e.g. pertencentes à mesma bacia hidrográfica, porém com composições florísticas diferentes), a distância pode não ser preponderante para a distinção florística entre áreas, tal como sugerido por Oliveira-Filho & Ratter (1995). A localização em uma mesma bacia hidrográfica pode ou não determinar semelhanças florísticas e estruturais entre ambientes (Condit *et al.* 2002). Em alguns casos, particularidades locais, tais como as propriedades do solo, podem ser as principais responsáveis pela variação na comunidade de plantas em florestas próximas (López-Martínez *et al.* 2013). Devido a variada inclinação do terreno, matas de galeria são locais com alta heterogeneidade ambiental, com variações nos níveis de umidade, matéria orgânica e outros nutrientes do solo (Oliveira-Filho 1989). Níveis altos de umidade no solo, levando a manchas inundáveis de mata, é fator determinante para a variação florística entre matas de galeria (Ribeiro & Walter 2008). Tal característica é capaz de afetar propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, com poucas espécies adaptadas a esse estresse (Veneklaas *et al.* 2005). Devido à associação com esses ambientes, algumas espécies podem funcionar como indicadoras de ambientes inundáveis, tais como *Ferdinandusa speciosa* (Pohl) Pohl, *Richeria grandis* Vahl e *Xylopia emarginata* Mart. (Sampaio *et al.* 2000; Guarino

& Walter 2005). Essas espécies foram abundantes em poucas matas (GF7 e GF9), justamente aquelas que apresentaram poucas espécies zoocóricas, porém hiperabundantes.

Além das variáveis ambientais, outros fatores (Chust *et al.* 2006), entre os quais a capacidade de dispersão (Muller-Landau *et al.* 2008; Jara-Guerrero *et al.* 2015), também podem ser determinantes para a heterogeneidade florística espacialmente. A eficiência da dispersão zoocórica que é capaz de conectar áreas (Mueller *et al.* 2014) pode explicar algumas áreas distantes, porém similares no compartilhamento de espécies, tal como visto aqui. Limitações na dispersão às vezes resultam em locais díspares em diversidade de espécies arbóreas (Murphy *et al.* 2015). Características estruturais e comportamentais dos frugívoros (Jordano *et al.* 2006), além da morfologia do diásporo (Muller-Landau *et al.* 2008), por exemplo, podem agir sobre o consumo e a deposição dos diásporos em pequenas ou grandes distâncias (Houssard *et al.* 1980), sendo, então, capazes de influenciar a diversidade de um local através da chegada de diásporos alóctones e autóctones.

Já o predomínio dos picos de frutificação no período chuvoso, pode ser resultado de fatores abióticos (umidade, luminosidade e nutrientes do solo) e bióticos (interação com outros organismos) que podem variar sazonalmente em florestas tropicais e influenciarem a frutificação das plantas (Wright 1996). Frutos disponíveis assincronicamente são comuns em comunidades onde há predomínio da zoocoria, tal como estratégia para evitar a competição por frugívoros e garantir o processo de dispersão (van Schaik *et al.* 1993). Diversidade de aves e disponibilidade dos frutos podem estar diretamente correlacionados, influenciando a interação frugívora (Plein *et al.* 2013). Como o aumento da população de possíveis aves dispersoras pode ocorrer em algumas regiões do Cerrado, principalmente no início do período chuvoso (Negret 1988), tal variação sazonal na abundância de frugívoros pode, assim, ter papel importante na determinação do período de frutificação.

A diversidade espacial do recurso alimentar entre as matas de galeria que foi aqui evidenciada, poder ser ainda mais relevante para a fauna durante a seca, quando ocorre menor disponibilidade de frutos, segundo o período de frutificação das espécies arbóreas zoocóricas. As diferenças na composição e abundância das espécies entre as matas compensaria, assim, a redução local do recurso alimentar. Com isso, reforça-se a necessidade de conservar diferentes fragmentos de matas de galeria, haja vista que a heterogeneidade florística entre matas pode ser importante para fauna igualmente diversa. Além disso, contribui para que a fauna suporte a variação sazonal do recurso alimentar, mantendo interações como a frugivoria-dispersão a despeito da sazonalidade.

Referências bibliográficas

- Almeida-Neto, M.; Campassi, F.; Galetti, M.; Jordano, P. & Oliveira-Filho, A. 2008. Vertebrate dispersal syndromes along the Atlantic forest: broad-scale patterns and macroecological correlates. **Global Ecology and Biogeography** **17**: 503–513.
- Anderson, M.J. 2001. A new method for non-parametric multivariate analysis of variance. **Austral ecology** **26**: 32-46.
- Batalha, M.A. & Martins, F.R. 2004. Reproductive phenology of the cerrado plant community in Emas National Park (central Brazil). **Australian Journal of Botany** **52**: 149-161.
- Blake, J.G.; Loiselle, B.A.; Moermond, T.C.; Levey, D.J. & Denslow, J.S. 1990. Quantifying abundance of fruits for birds in tropical habitats. **Studies in Avian Biology** **13**: 73-79.
- Blendinger, P.G.; Ruggera, R.A.; Núñez-Montellano, M.G.; Macchi, L.; Zelaya, P.V.; Álvarez, M.E.; Martín, E.; Acosta, O.O.; Sánchez, R. & Haedo, J. 2012. Fine-tuning the fruit-tracking hypothesis: spatiotemporal links between fruit availability and fruit consumption by birds in Andean mountain forests. **Journal of Animal Ecology** **81**: 1298-1310.
- Cavalcanti, R.B. 1992. The importance of forest edges in the ecology of open country Cerrado birds. *In*: Furley, P.A.; Proctor, J. & Ratter, J.A. (Eds.). **The nature and dynamics of forest-savanna boundaries**. Chapman & Hall. New York. Pg. 513-517.
- Chust, G.; Chave, J.; Condit, R.; Aguilar, S.; Lao, S. & Pérez, R. 2006. Determinants and spatial modeling of tree β -diversity in a tropical forest landscape in Panama. **Journal of Vegetation Science** **17**: 83-92.
- Chao, A.; Gotelli, N.J.; Hsieh, T.C.; Sander, E.L.; Ma, K.H.; Colwell, R.K. & Ellison, A.M. 2014. Rarefaction and extrapolation with Hill numbers: a framework for sampling and estimation in species diversity studies. **Ecological Monographs** **84**: 45–67.

- Condit, R.; Pitman, N.; Leigh, E.G.; Chave, J.; Terborgh, J.; Foster, R.B.; Núñez, P.; Aguilar, S.; Valencia, R.; Villa, G. & Muller-Landau, H.C. 2002. Beta-diversity in tropical forest trees. **Science** **295**: 666-669.
- Côrtes, M.C. & Uriarte, M. 2013. Integrating frugivory and animal movement: a review of the evidence and implications for scaling seed dispersal. **Biological Reviews** **88**: 255–272.
- Eiten, G. 1972. The Cerrado vegetation of Brazil. **The Botanical Review** **38**: 201-341.
- Fontes, C.G. & Walter, B.M.T. 2011. Dinâmica do componente arbóreo de uma mata de galeria inundável (Brasília, Distrito Federal) em um período de oito anos. **Revista Brasileira de Botânica** **34**: 145-158.
- Galetti, M.; Donatti, C.I.; Pires, A.S.; Guimarães-Jr., P.R. & Jordano, P. 2006. Seed survival and dispersal of an endemic Atlantic forest palm: the combined effects of defaunation and forest fragmentation. **Botanical Journal of the Linnean Society** **151**: 141–149.
- Gouveia, G.P. & Felfili, J.M. 1998. Fenologia de comunidades de Cerrado e de mata de galeria no Brasil central. **Revista Árvore** **22**: 443-450.
- Griz, L.M.S. & Machado, I.C.S. 2001. Fruiting phenology and seed dispersal syndromes in caatinga, a tropical dry forest in the northeast of Brazil. **Journal of Tropical Ecology** **17**: 303-321.
- Guarino, E.S.G. & Walter, B.M.T. 2005. Fitossociologia de dois trechos inundáveis de Matas de Galeria no Distrito Federal, Brasil. **Acta Botanica Brasilica** **19**: 431-442.
- Gutián, J. & Munilla, I. 2008. Resource tracking by avian frugivores in mountain habitats of northern Spain. **Oikos** **117**: 265–272.
- Haidar, R.F.; Felfili, J.M.; Damasco, G.; Brandão, M.M.V.; Carneiro, D.C.; Lobo, R.N.; Amaral, A.G. & Silveira, I.M. 2013. Florística, Estrutura e Diversidade da Mata de

Galeria da Estação Ecológica de Águas Emendadas ESEC-AE. Brasil Central. **Heringeriana** 7: 33-49.

Houssard, C.; Escarré, J. & Bomane, F. 1980. Development of species diversity in some Mediterranean plant communities. **Vegetatio** 43: 59-72.

Jansen, D.H. 1970. Herbivores and the number of tree species in tropical forests. **The American Naturalist** 104: 501-528.

Jara-Guerrero, A.; De la Cruz, M. & Méndez, M. 2011. Seed dispersal spectrum of woody species in south Ecuadorian dry forests: environmental correlates and the effect of considering species abundance. **Biotropica** 43: 722-730.

Jara-Guerrero, A.; De la Cruz, M.; Espinosa, C.I.; Méndez, M. & Escudero, A. 2015. Does spatial heterogeneity blur the signature of dispersal syndromes on spatial patterns of woody species? A test in a tropical dry forest. **Oikos**: 10.1111/oik.02098.

Jordano, P.; Galetti, M.; Pizo, M.A. & Silva, W.R. 2006. Ligando frugivoria e dispersão de sementes à biologia da conservação. *In*: Duarte, C.F.; Bergallo, H.G.; Dos Santos, M.A. & Va, A.E. (Eds.). **Biologia da conservação: essências**. Editorial Rima. São Paulo. Pg. 411-436.

Kagoro-Rugunda, G. & Hashimoto, C. 2015. Fruit phenology of tree species and chimpanzees' choice of consumption in Kalinzu Forest Reserve, Uganda. **Open Journal of Ecology** 5: 477-490.

Karr, J.R. 1976. Seasonality, resource availability, and community diversity in tropical bird communities. **American Naturalist** 110: 973-994.

Karr, J.R. & Roth, R.R. 1971. Vegetation structure and avian diversity in several New World areas. **American Naturalist** 105: 423-435.

- Kuhlmann, M. 2012. **Frutos e sementes do Cerrado atrativos para fauna: guia de campo**. Rede Sementes do Cerrado. Brasília.
- Law, B.S. & Dickman, C.R. 1998. The use of habitat mosaics by terrestrial vertebrate fauna: implications for conservation and management. **Biodiversity & Conservation** 7: 323-333.
- Legendre, P. & Legendre, L. 2012. **Numerical ecology, Developments in Environmental Modelling**. 3rd Edition. Volume 24. Elsevier Science BV. Amsterdam.
- Loiselle, B.A. & Blake, J.G. 1990. Diets of understory fruit-eating birds in Costa Rica: seasonality and resource abundance. **Studies in Avian Biology** 13: 91-103.
- Loiselle, B.A. & Blake, J.G. 1991. Temporal variation in birds and fruits along an elevational gradient in Costa Rica. **Ecology** 72: 180-193.
- López-Martínez, J.O.; Sanaphre-Villanueva, L.; Dupuy, J.M.; Hernández-Stefanoni, J.L.; Meave, J.A. & Gallardo-Cruz, J.A. 2013. β -Diversity of functional groups of woody plants in a tropical dry forest in Yucatan. **PLoS ONE** 8: e73660.
- Marinho-Filho, J. & Gastal, M.L. 2000. Mamíferos das matas ciliares dos Cerrados do Brasil Central. *In*: Rodrigues, R.R. & Leitão-filho, H.F. (Eds.). **Matas ciliares: conservação e recuperação**. EDUSP-FAPESP. São Paulo. Pg. 209-221.
- Mendonça, R.C.; Felfili, J.M.; Walter, B.M.T.; Silva-Júnior, M.C.; Rezende, A.V.; Filgueiras, T.S.; Nogueira, P.E. & Fagg, C.W. 2008. Flora vascular do Cerrado: Checklist com 12.356 espécies. *In*: Sano, S.M. & Almeida, S.P. (Eds.). **Cerrado: ambiente e flora**. EMBRAPA-CPAC. Planaltina. Pg. 417-1279.
- Minchin, P.R. 1987. An evaluation of relative robustness of techniques for ecological ordinations. **Vegetatio** 69: 89–107.

- Morais, R.O.; Encinas, J.I. & Ribeiro, J.F. 2000. Fitossociologia da mata de galeria da cabeceira do rio Jardim, DF. **Boletim do Herbário Ezechias Paulo Heringer** **5**: 44-61.
- Morales, J.M.; García, D.; Martínez, D.; Rodriguez-Pérez, J. & Herrera, J.M. 2013. Frugivore behavioural details matter for seed dispersal: a multi-species model for cantabrian thrushes and trees. **Plos One** **8**: e65216.
- Mueller, T.; Lenz, J.; Caprano, T.; Fiedler, W. & Böhning-Gaese, K. 2014. Large frugivorous birds facilitate functional connectivity of fragmented landscapes. **Journal of applied ecology** **51**: 684-692.
- Muller-Landau, H.C.; Wright, S.J.; Calderón, O.; Condit, R. & Hubbell, S.P. 2008. Interspecific variation in primary seed dispersal in a tropical forest. **Journal of Ecology** **96**: 653-667.
- Murphy, D.J. & Kelly, D. 2003. Seasonal variation in the honeydew, invertebrate, fruit and nectar resource for bellbirds in a New Zealand mountain beech forest. **New Zealand Journal of Ecology** **27**: 11-23.
- Murphy, S.J.; Audino, L.D.; Whitacre, J.; Eck, J.L.; Wenzel, J.W.; Queenborough, S.A. & Comita, L.S. 2015. Species associations structured by environment and land-use history promote beta-diversity in a temperate forest. **Ecology** **96**: 705-715.
- Negret, A. 1988. Fluxos migratórios na avifauna da reserva ecológica do IBGE, Brasília, DF, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia** **5**: 209-214.
- Oksanen, J. 2005. **Multivariate analysis of ecological communities in R: vegan tutorial**. University of Oulu. Oulu.
- Oliveira, A.P.D. & Felfili, J.M. 2008. Dinâmica da comunidade arbórea de uma mata de galeria do Brasil Central em um período de 19 anos (1985-2004). **Revista Brasileira de Botânica** **31**: 597-610.

- Oliveira, M.C., Felfili, J.M. & Silva-Júnior, M.C. 2011. Análise florística e fitossociológica da comunidade arbórea da mata de galeria do Capetinga, após vinte anos de passagem de fogo, na Fazenda Água Limpa, Brasília-DF. **Heringeriana** **5**: 19-31.
- Oliveira, P.E.A.M. & Paula F.R. 2001. Fenologia e biologia reprodutiva de plantas de matas de galeria. *In*: Ribeiro, J.F.; Fonseca, C.E.L. & Sousa-Silva, J.C. (Eds.). **Cerrado: caracterização e recuperação de matas de galeria**. EMBRAPA-CPAC. Planaltina. Pg. 303-332.
- Oliveira-Filho, A.T. 1989. Composição florística e estrutura comunitária da floresta de galeria do Córrego da Paciência, Cuiabá (MT). **Acta Botanica Brasilica** **3**: 91-112.
- Oliveira-Filho, A.T. & Ratter, J.A.A. 1995. A study of the origin of central Brazilian forests by the analysis of plant species distribution patterns. **Edinburgh Journal of Botany** **52**: 141-194.
- Paula, J.E; Encinas, J.I.; Mendonça, R.C & Leão, D.T. 1990. Estudo dendrométrico e ecológico de mata ripária da região Centro-Oeste. **Pesquisa agropecuária brasileira** **25**: 43-55.
- Pessoa, M.S.; Rocha-Santos, L.; Talora, D.C.; Faria, D.; Mariano-Neto, E.; Hambuckers, A. & Cazetta, E. 2016. Fruit biomass availability along a forest cover gradient. **Biotropica**: doi:10.1111/btp.12359.
- Pianka, E.R. 1994. **Evolutionary ecology**. Harper Collins College Publishers. New York.
- Pinheiro, F. & Ribeiro, J.F. 2001. Síndromes de dispersão de sementes em Matas de Galeria do Distrito Federal. *In*: Ribeiro, J.F.; Fonseca, C.E.L. & Sousa-Silva, J.C. (Eds.). **Cerrado: caracterização e recuperação de matas de galeria**. EMBRAPA-CPAC. Planaltina. Pg. 335-375.

- Pinto, J.R.R. & Hay, J.D.V. 2005. Mudanças florísticas e estruturais na comunidade arbórea de uma floresta de vale no Parque Nacional da Chapada dos Guimarães, Mato Grosso, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica** **28**: 523-539.
- Plein, M.; Langsfeld, L.; Neuschulz, E.L.; Schultheiss, C.; Ingmann, L.; Topfer, T.; Bohning-Gaese, K. & Schleuning, M. 2013. Constant properties of plant-frugivore networks despite fluctuations in fruit and bird communities in space and time. **Ecology** **94**: 1296-1306.
- Polansky, L. & Boesch, C. 2013. Long-term changes in fruit phenology in a West African lowland tropical rain forest are not explained by rainfall. **Biotropica** **45**: 434-440.
- Proença, C.E.B.; Munhoz, C.B.R.; Jorge, C.L. & Nóbrega, M.G.G. 2001. Listagem e nível de proteção das espécies de fanerógamas do Distrito Federal, Brasil. *In*: Cavalcanti, T.B. & Ramos, A.E. (Eds.). **Flora do Distrito Federal**. Vol.1. Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. Brasília. Pg. 89-359.
- Proença, C.E.B.; Filer, D.L.; Lenza, E.; Silva, J.S. & Harris, S.A. 2012. Phenological Predictability Index in BRAHMS: a tool for herbarium-based phenological studies. **Ecography** **35**: 289-293.
- Recher, H.F. 1990. Specialist or generalist: avian response to spatial and temporal changes in resources. **Studies in Avian Biology** **13**: 333-336.
- Ribeiro, J.F. & Walter, B.M.T. 2008. As principais fitofisionomias do bioma Cerrado. *In*: Sano, S.M., Almeida, S.P. & Ribeiro, J.F. (Eds.). **Cerrado: ecologia e flora**. Vol. 1. EMBRAPA-Cerrados. Planaltina. Pg. 151-212.
- Sampaio, A.B.; Walter, B.M.T. & Felfili, J.M. 2000. Diversidade e distribuição de espécies arbóreas em duas matas de galeria na micro-bacia do riacho fundo, Distrito Federal. **Acta Botanica Brasilica** **14**: 197-214.
- Silva, J.D. 1995. Birds of the cerrado region, South America. **Steenstrupia** **21**: 69-92.

- Silva, F.A.M.; Assad, E.A. & Evangelista, B.A. 2008. Caracterização climática do bioma Cerrado. *In*: Sano, S.M. & Almeida, S.P. (Eds.). **Cerrado: ambiente e flora**. EMBRAPA-CPAC, Planaltina. Pg. 69-88.
- Silva-Júnior, M.C. 1999. Composição florística, fitossociologia e estrutura diamétrica na mata de galeria do monjolo, Reserva Ecológica do IBGE (RECOR), DF. **Boletim do Herbário Ezechias Paulo Heringer 4**: 30-45.
- Silva-Júnior, M.C. 2004. Fitossociologia e estrutura diamétrica da mata de galeria do Taquara, na Reserva Ecológica do IBGE, DF. **Revista Árvore 28**: 419-428.
- Silva-Júnior, M.C. 2005. Fitossociologia e estrutura diamétrica na mata de galeria do Pitoco, na Reserva Ecológica do IBGE, DF. **CERNE 11**: 147-158.
- Staggemeier, V.G.; Cazetta, E. & Morellato, L.P.C. 2016. Hyperdominance in fruit production in the Brazilian Atlantic rain forest: the functional role of plants in sustaining frugivores. **Biotropica**:10.1111/btp.12358.
- Stefanello, D.; Ivanauskas, N.M.; Martins, S.V.; Silva, E. & Kunz, S.H. 2010. Síndromes de dispersão de diásporos das espécies de trechos de vegetação ciliar do rio das Pacas, Querência – MT. **Acta Amazonica 40**: 141–150.
- Veneklaas, E.J.; Fajardo, A.; Obregon, S. & Lozano, J. 2005. Gallery forest types and their environmental correlates in a Colombian savanna landscape. **Ecography 28**: 236-252.
- Vieira, F.M.; Purificação, K.N.; Castilho, L.S. & Pascotto, M.C. 2013. Estrutura trófica da avifauna de quatro fitofisionomias de Cerrado no Parque Estadual da Serra Azul. **Ornithologia 5**: 43-57.
- van der Pijl, L. 1982. **Principles of dispersal in higher plants**. Springer-Verlag. Berlin.

- van Schaik, C.P.; Terborgh, J. & Wright, S.J. 1993. The phenology of tropical forests: adaptative significance and consequences for primary consumers. **Annual Review of Ecology and Systematics** **24**: 353–377.
- Wainwright, C.E.; Wolkovich, E.M. & Cleland, E.E. 2012. Seasonal priority effects: implications for invasion and restoration in a semi-arid system. **Journal of Applied Ecology** **49**: 234-241.
- Wang, B.C. & Smith, T.B. 2002. Closing the seed dispersal loop. **Trends in Ecology & Evolution** **17**: 379-385.
- Whelan, C.J.; Schmidt, K.A.; Steele, B.B.; Quinn, W.J. & Dilger, S. 1998. Are bird-consumed fruits complementary resources? **Oikos** **83**: 195-205.
- Wright, S.J. 1996. Phenological responses to seasonality in tropical forest plants. *In*: Mulkey, S.S.; Chazdon, R.L. & Smith, A.P. (Eds.). **Tropical Forest Ecophysiology**. Chapman and Hall. New York. Pg. 440–460.

Apêndice 1. Espécies arbóreas definidas como típicas em cada mata de galeria (estimativa de diversidade de Hill com $q=1$) e classificadas quanto ao tipo de dispersão (Zoocoria/Ornitocoria: Zoo/Ornit Zoocoria/Não-ornitocoria: Zoo/N-ornit; e Não-zoocoria: N-zoo) com suas respectivas abundâncias (número de indivíduos). NA: Não aplicável. Indet.: Indeterminável.

Família	Espécie	Dispersão	GF1	GF2	GF3	GF4	GF5	GF6	GF7	GF8	GF9	GF10	Total
Anacardiaceae	<i>Astronium fraxinifolium</i> Schott	N-zoo	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	10
	<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	Zoo/Ornit	21	76	64	58	70	25	43	48	119	41	565
Annonaceae	<i>Cardiopetalum calophyllum</i> Schlttdl.	Zoo/Ornit	0	0	0	0	4	0	0	0	0	4	8
	<i>Gutteria sellowiana</i> Schlttdl.	Zoo/Ornit	0	5	9	13	0	17	0	11	0	0	55
	<i>Xylopia brasiliensis</i> Spreng.	Zoo/Ornit	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	7
	<i>Xylopia emarginata</i> Mart.	Zoo/Ornit	0	37	17	0	0	0	66	24	271	56	471
	<i>Xylopia sericea</i> A.St.-Hil.	Zoo/Ornit	16	0	12	6	8	0	0	10	0	0	52
Apocynaceae	<i>Aspidosperma cylindrocarpon</i> Müll.Arg.	N-Zoo	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9
	<i>Aspidosperma discolor</i> A.DC.	N-Zoo	0	0	0	0	8	0	0	9	0	15	32
	<i>Aspidosperma parvifolium</i> A.DC.	N-Zoo	0	0	0	0	0	14	0	0	0	0	14
	<i>Aspidosperma spruceanum</i> Benth. ex Müll.Arg.	N-Zoo	0	0	0	0	15	0	0	0	0	0	15
	<i>Aspidosperma subincanum</i> Mart.	N-Zoo	0	0	0	20	11	0	0	11	0	7	49
Aquifoliaceae	<i>Ilex affinis</i> Gardner	Zoo/Ornit	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	5
	<i>Ilex brasiliensis</i> (Spreng.) Loes.	Zoo/Ornit	0	0	0	0	0	0	31	0	0	0	31

Família	Espécie	Dispersão	GF1	GF2	GF3	GF4	GF5	GF6	GF7	GF8	GF9	GF10	Total
	<i>Ilex conocarpa</i> Reissek	Zoo/Ornit	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	8
	<i>Ilex integrifolia</i> (Vell.) Reis	Zoo/Ornit	0	0	0	0	0	0	0	21	130	0	151
Araliaceae	<i>Dendropanax cuneatus</i> (DC.) Decne. & Planch.	Zoo/Ornit	0	8	0	0	0	0	0	0	22	0	30
	<i>Schefflera morototoni</i> (Aubl.) Maguire et al.	Zoo/Ornit	5	0	16	7	7	0	0	13	0	0	48
Arecaceae	<i>Euterpe edulis</i> Mart.	Zoo/Ornit	0	0	0	0	0	0	27	10	107	0	144
Asteraceae	<i>Piptocarpha macropoda</i> (DC.) Baker	N-Zoo	0	23	5	15	36	66	0	0	0	6	151
Bignoniaceae	<i>Handroanthus impetiginosus</i> (Mart. ex DC.) Mattos	N-Zoo	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	4
	<i>Handroanthus serratifolius</i> (Vahl) S.Grose	N-Zoo	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
	<i>Handroanthus umbellatus</i> (Sond.) Mattos	N-Zoo	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	6
	<i>Jacaranda brasiliana</i> (Lam.) Pers.	N-Zoo	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	5
	<i>Jacaranda puberula</i> Cham.	N-Zoo	0	0	24	27	12	0	0	0	0	0	63
	<i>Tabebuia roseoalba</i> (Ridl.) Sandwith	N-Zoo	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0	9
Boraginaceae	<i>Cordia sellowiana</i> Cham.	Zoo/Ornit	0	0	4	0	6	0	0	6	0	0	16
Burseraceae	<i>Protium brasiliense</i> (Spreng.) Engl.	Zoo/Ornit	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11
	<i>Protium heptaphyllum</i> (Aubl.) Marchand	Zoo/Ornit	0	0	0	0	0	45	74	66	0	11	196
	<i>Protium spruceanum</i> (Benth.) Engl.	Zoo/Ornit	0	0	54	33	19	0	154	49	45	30	384
Calophyllaceae	<i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess.	Zoo/Ornit	0	11	0	0	0	0	95	6	113	5	230

Família	Espécie	Dispersão	GF1	GF2	GF3	GF4	GF5	GF6	GF7	GF8	GF9	GF10	Total
	<i>Kielmeyera coriacea</i> Mart. & Zucc.	N-Zoo	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
Celastraceae	<i>Cheiloclinium cognatum</i> (Miers) A.C.Sm.	Zoo/N-ornit	112	68	11	32	16	8	0	31	0	29	307
	<i>Salacia elliptica</i> (Mart. ex Schult.) G.Don	Zoo/N-ornit	0	5	0	20	0	32	0	9	0	0	66
Chloranthaceae	<i>Hedyosmum brasiliense</i> Mart. ex Miq.	Zoo/Ornit	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	5
Chrysobalanaceae	<i>Hirtella glandulosa</i> Spreng.	Zoo/Ornit	0	0	5	10	7	0	0	0	0	22	44
	<i>Hirtella gracilipes</i> (Hook.f.) Prance	Zoo/Ornit	28	51	0	0	0	0	0	0	0	28	107
	<i>Hirtella martiana</i> Hook.f.	Zoo/Ornit	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14
	<i>Licania apetala</i> (E.Mey.) Fritsch	Zoo/Ornit	17	0	14	37	5	32	0	39	0	29	173
	<i>Licania octandra</i> (Hoffmanns. ex Roem. & Schult.) Kuntze	Zoo/Ornit	0	13	0	0	0	0	0	0	0	0	13
Clusiaceae	<i>Clusia criuva</i> Cambess.	Zoo/Ornit	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	8
	<i>Garcinia gardneriana</i> (Planch. & Triana) Zappi	Zoo/N-ornit	0	0	0	0	0	0	0	0	0	34	34
Combretaceae	<i>Terminalia argentea</i> Mart.	N-Zoo	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	7
	<i>Terminalia glabrescens</i> Mart.	N-Zoo	0	5	7	0	5	7	0	11	0	0	35
	<i>Terminalia phaeocarpa</i> Eichler	N-Zoo	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25
Connaraceae	<i>Lamanonia ternata</i> Vell.	N-Zoo	0	0	16	6	33	0	0	11	41	0	107
Dichapetalaceae	<i>Tapura amazonica</i> Poepp. & Endl.	Zoo/Ornit	0	0	25	18	18	0	0	0	0	5	66

Família	Espécie	Dispersão	GF1	GF2	GF3	GF4	GF5	GF6	GF7	GF8	GF9	GF10	Total
Ebenaceae	<i>Diospyros hispida</i> A.DC.	Zoo/N-ornit	6	6	9	0	17	0	0	0	0	0	38
	<i>Diospyros sericea</i> A.DC.	Zoo/N-ornit	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	8
Erythroxyloaceae	<i>Erythroxylum daphnites</i> Mart.	Zoo/Ornit	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
Euphorbiaceae	<i>Alchornea glandulosa</i> Poepp. & Endl.	Zoo/Ornit	0	8	0	9	0	7	0	0	0	0	24
	<i>Croton urucurana</i> Baill.	N-Zoo	0	18	0	0	0	0	0	0	0	0	18
	<i>Maprounea guianensis</i> Aubl.	Zoo/Ornit	17	7	24	36	15	14	0	18	0	28	159
	<i>Sebastiania brasiliensis</i> Spreng.	Zoo/Ornit	0	10	0	10	0	0	0	0	0	0	20
Fabaceae	<i>Acosmium</i> sp.	N-Zoo	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0	9
	<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan	N-Zoo	0	0	0	0	42	0	0	0	0	0	42
	<i>Andira fraxinifolia</i> Benth.	Zoo/N-ornit	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	6
	<i>Andira legalis</i> (Vell.) Toledo	Zoo/N-ornit	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	6
	<i>Apuleia leiocarpa</i> (Vogel) J.F.Macbr.	N-Zoo	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
	<i>Bauhinia longifolia</i> (Bong.) Steud.	N-Zoo	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	7
	<i>Bauhinia rufa</i> (Bong.) Steud.	N-Zoo	0	0	11	0	7	0	0	0	0	0	18
	<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.	Zoo/Ornit	9	24	28	22	30	14	0	41	0	27	195
	<i>Dalbergia foliolosa</i> Benth.	N-Zoo	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	8
	<i>Hymenaea courbaril</i> L.	Zoo/N-ornit	5	6	0	6	19	0	0	0	0	0	36

Família	Espécie	Dispersão	GF1	GF2	GF3	GF4	GF5	GF6	GF7	GF8	GF9	GF10	Total
	<i>Inga alba</i> (Sw.) Willd.	Zoo/N-ornit	5	0	11	54	13	68	0	0	0	9	160
	<i>Inga laurina</i> (Sw.) Willd.	Zoo/N-ornit	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	6
	<i>Inga vera</i> Willd.	Zoo/N-ornit	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	5
	<i>Machaerium acutifolium</i> Vogel	N-Zoo	0	10	0	6	9	6	0	0	0	0	31
	<i>Ormosia arborea</i> (Vell.) Harms	Zoo/Ornit	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	6
	<i>Piptadenia gonoacantha</i> (Mart.) J.F.Macbr.	N-Zoo	15	0	0	0	6	0	0	0	0	0	21
	<i>Platypodium elegans</i> Vogel	N-Zoo	0	5	12	0	22	0	0	0	0	7	46
	<i>Swartzia</i> sp.	Zoo/N-ornit	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4
	<i>Tachigali rubiginosa</i> (Mart. ex Tul.) Oliveira-Filho	N-Zoo	0	0	36	30	18	22	0	0	0	9	115
	<i>Tachigali vulgaris</i> L.G.Silva & H.C.Lima	N-Zoo	0	7	0	0	0	0	0	14	0	0	21
Humiriaceae	<i>Sacoglottis guianensis</i> Benth.	Zoo/N-ornit	0	0	6	13	0	0	0	6	0	0	25
Icacinaceae	<i>Emmotum nitens</i> (Benth.) Miers	Zoo/Ornit	10	13	23	20	13	0	0	17	0	34	130
Lacistemataceae	<i>Lacistema hasslerianum</i> Chodat	Zoo/Ornit	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	6
Lamiaceae	<i>Aegiphila integrifolia</i> (Jacq.) Moldenke	Zoo/Ornit	0	0	0	0	0	17	0	0	0	0	17
	<i>Vitex polygama</i> Cham.	Zoo/Ornit	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	10
Lauraceae	<i>Cryptocarya aschersoniana</i> Mez	Zoo/Ornit	0	0	13	50	4	35	0	16	0	0	118
	<i>Nectandra cissiflora</i> Ness	Zoo/Ornit	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	4

Família	Espécie	Dispersão	GF1	GF2	GF3	GF4	GF5	GF6	GF7	GF8	GF9	GF10	Total
	<i>Nectandra nitidula</i> Nees	Zoo/Ornit	0	0	0	0	0	0	21	0	0	0	21
	<i>Nectandra reticulata</i> (Ruiz & Pav.) Mez	Zoo/Ornit	0	0	0	8	0	15	0	0	0	0	23
	<i>Ocotea aciphylla</i> (Nees & Mart.) Mez	Zoo/Ornit	0	6	16	9	0	0	70	20	0	0	121
	<i>Ocotea corymbosa</i> (Meisn.) Mez	Zoo/Ornit	0	0	9	0	14	0	0	0	0	0	23
	<i>Ocotea densiflora</i> (Meisn.) Mez	Zoo/Ornit	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
	<i>Ocotea pomaderroides</i> (Meisn.) Mez	Zoo/Ornit	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	7
	<i>Ocotea pulchella</i> (Nees & Mart.) Mez	Zoo/Ornit	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	5
	<i>Ocotea spixiana</i> (Nees) Mez	Zoo/Ornit	0	0	12	0	10	19	0	5	0	11	57
Lythraceae	<i>Lafoensia pacari</i> A.St.-Hil.	N-Zoo	0	5	0	0	7	0	0	0	0	0	12
Magnoliaceae	<i>Magnolia ovata</i> (A.St.-Hil.) Spreng.	Zoo/Ornit	0	14	0	0	0	0	45	0	114	0	173
Malpighiaceae	<i>Byrsonima intermedia</i> A.Juss.	Zoo/Ornit	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
	<i>Byrsonima laxiflora</i> Griseb.	Zoo/Ornit	0	14	20	11	7	0	0	5	0	0	57
	<i>Byrsonima sericea</i> DC.	Zoo/Ornit	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	6
Malvaceae	<i>Apeiba tibourbou</i> Aubl.	N-Zoo	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14
	<i>Eriotheca gracilipes</i> (K.Schum.) A.Robyns	N-Zoo	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	5
	<i>Eriotheca pubescens</i> (Mart. & Zucc.) Schott & Endl.	N-Zoo	0	0	11	0	6	0	0	0	0	0	17
	<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	Zoo/Ornit	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	8

Família	Espécie	Dispersão	GF1	GF2	GF3	GF4	GF5	GF6	GF7	GF8	GF9	GF10	Total
	<i>Luehea paniculata</i> Mart. & Zucc.	N-Zoo	0	18	0	0	0	0	0	0	0	0	18
	<i>Pseudobombax tomentosum</i> (Mart. & Zucc.) A.Robyns	N-Zoo	4	0	0	0	15	0	0	0	0	0	19
Melastomataceae	<i>Miconia burchellii</i> Triana	Zoo/Ornit	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	5
	<i>Miconia chartacea</i> Triana	Zoo/Ornit	0	0	0	7	0	0	160	21	0	0	188
	<i>Miconia cuspidata</i> Naudin	Zoo/Ornit	0	0	0	57	10	9	0	12	0	5	93
	<i>Miconia dodecandra</i> Cogn.	Zoo/Ornit	0	5	0	0	0	0	192	19	0	0	216
	<i>Miconia hirtella</i> Cogn.	Zoo/Ornit	0	0	0	0	0	0	0	5	22	0	27
	<i>Mouriri glazioviana</i> Cogn.	Zoo/Ornit	0	0	0	0	0	22	0	0	0	0	22
	<i>Tibouchina stenocarpa</i> (Schrank & Mart. ex DC.) Cogn.	N-Zoo	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	6
Meliaceae	<i>Cabralea canjerana</i> (Vell.) Mart.	Zoo/Ornit	0	0	0	0	0	14	0	0	0	0	14
	<i>Cedrela odorata</i> L.	N-Zoo	0	0	0	0	0	0	0	0	102	0	102
	<i>Guarea guidonia</i> (L.) Sleumer	Zoo/Ornit	5	0	0	0	5	0	0	0	0	0	10
	<i>Guarea macrophylla</i> Vahl	Zoo/Ornit	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	6
Monimiaceae	<i>Mollinedia oligantha</i> Perkins	Zoo/Ornit	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0	9
Moraceae	<i>Ficus insipida</i> Willdenow	Zoo/Ornit	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	8
	<i>Pseudolmedia laevigata</i> Trécul	Zoo/Ornit	0	27	51	26	5	7	38	48	0	31	233
Myristicaceae	<i>Virola sebifera</i> Aubl.	Zoo/Ornit	0	14	18	23	8	6	0	16	0	18	103

Família	Espécie	Dispersão	GF1	GF2	GF3	GF4	GF5	GF6	GF7	GF8	GF9	GF10	Total
	<i>Virola urbaniana</i> Warb.	Zoo/Ornit	0	0	0	0	0	0	29	0	27	0	56
Myrtaceae	<i>Blepharocalyx salicifolius</i> (Kunth) O.Berg	Zoo/Ornit	0	0	0	0	0	0	0	0	35	0	35
	<i>Calyptranthes clusifolia</i> O.Berg	Zoo/Ornit	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	8
	<i>Eugenia florida</i> DC.	Zoo/Ornit	4	51	0	0	0	0	0	0	0	0	55
	<i>Eugenia fusca</i> O.Berg	Zoo/Ornit	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
	<i>Myrcia eriocalyx</i> DC.	Zoo/Ornit	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	10
	<i>Myrcia fenzliana</i> O.Berg	Zoo/Ornit	0	5	9	6	0	10	0	0	0	13	43
	<i>Myrcia splendens</i> (Sw.) DC.	Zoo/Ornit	0	0	15	6	6	14	0	14	0	0	55
	<i>Myrcia tomentosa</i> (Aubl.) DC.	Zoo/Ornit	0	6	0	0	15	0	0	0	0	4	25
	<i>Myrcia venulosa</i> DC.	Zoo/Ornit	0	0	0	0	0	0	0	13	54	0	67
	<i>Siphoneugena densiflora</i> O.Berg	Zoo/Ornit	0	8	10	0	6	0	0	0	38	18	80
Nyctaginaceae	<i>Guapira graciliflora</i> (Mart. ex Schmidt) Lundell	Zoo/Ornit	0	0	5	0	15	0	0	0	0	0	20
Ochnaceae	<i>Ouratea castaneifolia</i> (DC.) Engl.	Zoo/Ornit	0	10	4	10	5	0	0	0	0	11	40
Olacaceae	<i>Heisteria ovata</i> Benth.	Zoo/Ornit	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	8
Peraceae	<i>Pera glabrata</i> (Schott) Poepp. ex Baill.	Zoo/Ornit	11	0	16	0	16	0	0	13	0	5	61
Phyllanthaceae	<i>Hyeronima alchorneoides</i> Allemão	Zoo/Ornit	0	6	4	0	6	0	0	6	0	6	28
	<i>Margaritaria nobilis</i> L.f.	Zoo/Ornit	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	7

Família	Espécie	Dispersão	GF1	GF2	GF3	GF4	GF5	GF6	GF7	GF8	GF9	GF10	Total
	<i>Richeria grandis</i> Vahl	Zoo/Ornit	0	13	6	0	0	0	206	39	0	46	310
Primulaceae	<i>Cybianthus gardneri</i> (A.DC.) G.Agostini	Zoo/Ornit	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	4
	<i>Myrsine coriacea</i> (Sw.) R.Br. ex Roem. & Schult.	Zoo/Ornit	0	0	0	15	0	15	0	0	0	0	30
	<i>Myrsine guianensis</i> (Aubl.) Kuntze	Zoo/Ornit	0	27	0	0	0	0	0	0	26	0	53
	<i>Myrsine umbellata</i> Mart.	Zoo/Ornit	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	5
Proteaceae	<i>Euplassa inaequalis</i> (Pohl) Engl.	Zoo/N-ornit	0	0	0	0	5	6	0	9	49	0	69
	<i>Roupala montana</i> Aubl.	N-Zoo	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	8
Rosaceae	<i>Prunus chamissoana</i> Koehne	Zoo/Ornit	0	0	0	0	0	0	57	0	59	0	116
Rubiaceae	<i>Amaioua guianensis</i> Aubl.	Zoo/Ornit	0	0	4	30	0	93	0	33	0	8	168
	<i>Cordia macrophylla</i> (K.Schum.) Kuntze	Zoo/Ornit	8	0	8	0	23	0	0	0	0	83	122
	<i>Cordia sessilis</i> (Vell.) Kuntze	Zoo/Ornit	0	0	0	0	0	0	0	11	0	0	11
	<i>Coussarea hydrangeifolia</i> (Benth.) Müll.Arg.	Zoo/Ornit	0	27	0	0	12	0	0	0	0	0	39
	<i>Faramea hyacinthina</i> Mart.	Zoo/Ornit	6	0	46	11	0	0	0	56	0	0	119
	<i>Faramea nigrescens</i> Mart.	Zoo/Ornit	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40
	<i>Ferdinandusa speciosa</i> (Pohl) Pohl	N-Zoo	0	10	0	0	0	0	247	5	178	0	440
	<i>Guettarda viburnoides</i> Cham. & Schldl.	Zoo/Ornit	45	0	12	0	20	0	0	0	0	4	81
	<i>Ixora brevifolia</i> Benth.	Zoo/Ornit	0	0	0	0	30	0	0	0	0	19	49

Família	Espécie	Dispersão	GF1	GF2	GF3	GF4	GF5	GF6	GF7	GF8	GF9	GF10	Total
Rutaceae	<i>Metrodorea stipularis</i> Mart.	N-Zoo	0	0	0	0	0	0	0	14	0	0	14
Salicaceae	<i>Casearia grandiflora</i> Cambess.	Zoo/Ornit	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10
	<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	Zoo/Ornit	0	0	0	0	0	10	0	0	0	7	17
Sapindaceae	<i>Cupania vernalis</i> Cambess.	Zoo/Ornit	0	17	10	0	12	9	0	0	0	10	58
	<i>Matayba guianensis</i> Aubl.	Zoo/Ornit	22	7	14	12	19	11	0	23	0	55	163
Sapotaceae	<i>Micropholis venulosa</i> (Mart. & Eichler) Pierre	Zoo/Ornit	0	16	6	0	7	12	0	7	0	11	59
	<i>Pouteria gardneri</i> (Mart. & Miq.) Baehni	Zoo/N-ornit	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	6
	<i>Pouteria ramiflora</i> (Mart.) Radlk.	Zoo/N-ornit	0	0	7	8	0	20	0	0	0	0	35
	<i>Pouteria torta</i> (Mart.) Radlk.	Zoo/N-ornit	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	5
Simaroubaceae	<i>Simarouba amara</i> Aubl.	Zoo/Ornit	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	10
	<i>Simarouba versicolor</i> A.St.-Hil.	Zoo/Ornit	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	13
Siparunaceae	<i>Siparuna guianensis</i> Aubl.	Zoo/Ornit	0	15	5	15	0	64	0	0	0	0	99
Styracaceae	<i>Styrax camporum</i> Pohl	Zoo/Ornit	0	5	0	0	0	0	0	27	44	0	76
	<i>Styrax guyanensis</i> A.DC.	Zoo/Ornit	0	0	0	0	9	0	0	0	0	6	15
Symplocaceae	<i>Symplocos nitens</i> (Pohl) Benth.	Zoo/Ornit	0	5	0	0	13	0	0	0	0	0	18
	<i>Symplocos revoluta</i> Casar.	Zoo/Ornit	0	0	20	6	5	0	0	11	0	10	52
Theaceae	<i>Laplacea fruticosa</i> (Schrad.) Kobuski	N-Zoo	0	0	0	0	0	0	0	12	0	0	12

Família	Espécie	Dispersão	GF1	GF2	GF3	GF4	GF5	GF6	GF7	GF8	GF9	GF10	Total
Urticaceae	<i>Cecropia pachystachya</i> Trécul	Zoo/Ornit	0	43	6	11	9	76	0	0	0	7	152
Vochysiaceae	<i>Callisthene major</i> Mart. & Zucc.	N-Zoo	18	18	62	9	7	0	0	30	0	41	185
	<i>Qualea dichotoma</i> (Mart.) Warm.	N-Zoo	8	0	0	0	14	0	0	0	0	8	30
	<i>Qualea multiflora</i> Mart.	N-Zoo	0	8	0	0	4	0	0	0	0	0	12
	<i>Qualea parviflora</i> Mart.	N-Zoo	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
	<i>Vochysia tucanorum</i> Mart.	N-Zoo	5	0	7	0	5	0	0	0	0	0	17
		Total	565	921	888	858	884	877	1555	1030	1596	928	10102

Apêndice 2. Mês pico de frutificação com o índice de previsibilidade fenológica (PPI) obtido a partir de N eventos registrados em herbários para cada espécie arbórea zoocórica abundante nas dez matas de galeria pesquisadas. *: espécies não incluídas nas análises sazonais.

Frutificação	Espécie	PPI	N	
Período chuvoso				
Outubro	<i>Cecropia pachystachya</i> Trécul	0,02	63	
	<i>Cheiloclinium cognatum</i> (Miers) A.C.Sm.	0,03	72	
	<i>Eugenia florida</i> DC.	0,09	66	
	<i>Guapira graciliflora</i> (Mart. ex Schmidt) Lundell	0,33	51	
	<i>Hirtella glandulosa</i> Spreng.	0,22	57	
	<i>Hirtella gracilipes</i> (Hook.f.) Prance	0,03	56	
	<i>Inga alba</i> (Sw.) Willd.	0,02	53	
	<i>Maprounea guianensis</i> Aubl.	0,12	62	
	<i>Micropholis venulosa</i> (Mart. & Eichler) Pierre	0,07	57	
	<i>Mouriri glazioviana</i> Cogn.*	0,24	17	
	<i>Myrcia tomentosa</i> (Aubl.) DC.	0,08	60	
	<i>Nectandra reticulata</i> (Ruiz & Pav.) Mez*	0,12	21	
	<i>Ouratea castaneifolia</i> (DC.) Engl.	0,25	65	
	<i>Pera glabrata</i> (Schott) Poepp. ex Baill.	0,03	70	
	<i>Pouteria ramiflora</i> (Mart.) Radlk.	0,03	60	
	<i>Protium heptaphyllum</i> (Aubl.) Marchand	0,04	94	
	<i>Pseudolmedia laevigata</i> Trécul*	0,31	29	
	<i>Richeria grandis</i> Vahl	0,02	56	
	<i>Salacia elliptica</i> (Mart. ex Schult.) G.Don	0,18	56	
	<i>Sebastiania brasiliensis</i> Spreng.	0,13	57	
	<i>Simarouba amara</i> Aubl.	0,12	57	
	<i>Simarouba versicolor</i> A.St.-Hil.	0,26	60	
	<i>Siphoneugena densiflora</i> O.Berg	0,26	70	
	<i>Symplocos revoluta</i> Casar.*	0,38	6	
	<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	0,03	67	
	Novembro	<i>Cordia macrophylla</i> (K.Schum.) Kuntze	0,13	66
		<i>Cordia sessilis</i> (Vell.) Kuntze	0,31	57
<i>Emmotum nitens</i> (Benth.) Miers		0,05	71	
<i>Ilex integrifolia</i> (Vell.) Reis*		0,42	4	
<i>Myrsine guianensis</i> (Aubl.) Kuntze		0,06	58	
<i>Protium spruceanum</i> (Benth.) Engl.		0,03	61	
Dezembro	<i>Sacoglottis guianensis</i> Benth.	0,03	59	
	<i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess.	0,05	64	
Janeiro	<i>Byrsonima laxiflora</i> Griseb.	0,10	56	
	<i>Garcinia gardneriana</i> (Planch. & Triana) Zappi	0,08	87	
	<i>Guatteria sellowiana</i> Schldtl.	0,02	74	
	<i>Hymenaea courbaril</i> L.	0,05	60	
	<i>Licania apetala</i> (E.Mey.) Fritsch	0,17	59	
	<i>Licania octandra</i> (Hoffmanns. ex Roem. & Schult.) Kuntze	0,07	52	
	<i>Matayba guianensis</i> Aubl.	0,11	64	

Frutificação	Espécie	PPI	N	
Fevereiro	<i>Miconia dodecandra</i> Cogn.	0,03	59	
	<i>Myrcia splendens</i> (Sw.) DC.	0,28	63	
	<i>Myrcia venulosa</i> DC.	0,03	53	
	<i>Protium brasiliense</i> (Spreng.) Engl.	0,09	63	
	<i>Coussarea hydrangeifolia</i> (Benth.) Müll.Arg.	0,02	63	
	<i>Cryptocarya aschersoniana</i> Mez	0,06	57	
	<i>Diospyros hispida</i> A.DC.	0,03	64	
	<i>Faramea nigrescens</i> Mart.*	0,10	39	
	<i>Ixora brevifolia</i> Benth.	0,03	60	
	<i>Siparuna guianensis</i> Aubl.	0,03	68	
	<i>Symplocos nitens</i> (Pohl) Benth.	0,07	51	
Março	<i>Vitex polygama</i> Cham.	0,13	54	
	<i>Faramea hyacinthina</i> Mart.*	0,03	35	
	<i>Guettarda viburnoides</i> Cham. & Schltl.	0,23	55	
	<i>Margaritaria nobilis</i> L.f.	0,09	55	
	<i>Styrax camporum</i> Pohl	0,03	60	
	<i>Styrax guyanensis</i> A.DC.*	0,22	13	
Período seco				
Abril	<i>Amaioua guianensis</i> Aubl.	0,11	60	
	<i>Miconia chartacea</i> Triana	0,03	83	
Maio	<i>Casearia grandiflora</i> Cambess.	0,05	66	
	<i>Copaifera langsdorfii</i> Desf.	0,05	78	
	<i>Schefflera morototoni</i> (Aubl.) Maguire et al.	0,03	55	
Junho	<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	0,03	73	
	<i>Miconia cuspidata</i> Naudin	0,11	77	
	<i>Prunus chamissoana</i> Koehne*	1,00	2	
Julho	<i>Alchornea glandulosa</i> Poepp. & Endl.	0,10	55	
	<i>Tapura amazonica</i> Poepp. & Endl.	0,18	55	
Agosto	<i>Cabrlea canjerana</i> (Vell.) Mart.	0,02	106	
	<i>Cupania vernalis</i> Cambess.	0,03	56	
	<i>Dendropanax cuneatus</i> (DC.) Decne. & Planch.	0,28	57	
	<i>Heisteria ovata</i> Benth.	0,07	52	
	<i>Ocotea spixiana</i> (Nees) Mez*	0,15	45	
	<i>Virola sebifera</i> Aubl.	0,09	61	
	<i>Xylopiya emarginata</i> Mart.	0,03	52	
	<i>Xylopiya sericea</i> A.St.-Hil.	0,10	66	
	Setembro	<i>Euplassa inaequalis</i> (Pohl) Engl.*	0,21	30
		<i>Euterpe edulis</i> Mart.	0,03	58
<i>Hirtella martiana</i> Hook.f.*		0,4	17	
<i>Magnolia ovata</i> (A.St.-Hil.) Spreng.		0,02	56	
<i>Myrcia fenzliana</i> O.Berg		0,08	57	
<i>Myrsine coriacea</i> (Sw.) R.Br. ex Roem. & Schult.		0,10	62	
<i>Ocotea aciphylla</i> (Nees & Mart.) Mez		0,02	73	
<i>Ocotea corymbosa</i> (Meisn.) Mez		0,03	77	

CAPÍTULO 2

The traits of frugivores and diaspores are correlated with the number of fruits eaten in the Cerrado gallery forest

Abstract

Frugivory is one of the main food habits in animals and is common in forest environments, as frugivory promotes effective seed dispersal. Frugivory and dispersal can be influenced by the traits present in the frugivores and in the plant diaspores. Thereby, we observed the frugivory process for a year, during two different rainfall seasons (dry and wet), in various tree species from the gallery forests located in Central Brazil. Traits of the visiting frugivores (morphology and behavior) and of the diaspores (morphology) were associated with the quantity of fruit eaten. Quantitative components (e.g., the number of fruits eaten and the visit frequency) and qualitative components (e.g., treatment of the dispo) were used to identify possible dispersers. The diaspore color was crucial for frugivory in some species. Omnivores were important for the frugivory during wet season, and the fruit pulp percentage was relevant during dry season. Seasonality influenced the frugivore diversity and the number of fruits eaten per visit. We found differences associated with the dispersal effectiveness (e.g., number of swallowed seeds) both among the tree species and among the frugivores, and we found that the potential of seed dispersal may vary between seasons. Differences in species richness between the forests were important in determining the responses to seasonality. Furthermore, the high frugivore richness at one of the gallery forests has made frugivory more crucial and dispersion more probable, independent of seasonality.

Keywords: dispersal, frugivory, omnivores, pulp, seasonality, seed.

Introduction

The number of tropical plants that produce fruit for fauna is generally high, and animals are considered to be the main seed dispersers in forests (Howe & Smallwood 1982). The frugivory interaction is advantageous both for the animal, since it obtains food, and for the plant, since it may have its seeds dispersed, thus increasing the chance of germination and seedling survival (Howe & Smallwood 1982; Schupp *et al.* 2010) and helping the plants colonize wider areas (Espeland & Emam 2011).

Frugivory may depend on animal- and plant-specific traits (Perea *et al.* 2013; Howe 2016). The greater the morphological differences between the diaspores, the more morphologically distinct the frugivores that consume them will be, which leads to differences in resource use (Dehling *et al.* 2016). The diaspore size, for example, defines the possible consumers. Small diaspores are more likely to be consumed than larger diaspores from the same group of plants by some species of birds (Lomáscolo *et al.* 2008). Furthermore, diaspore color may be an indication of its nutritional quality, since diaspores with darker colors have a higher level of lipid content (Schaefer *et al.* 2014). Birds may eat fruit of various colors (Schaefer *et al.* 2014). The amount of pulp, although not related to the nutritional quality, is another feature that is positively related to how likely the fruit will be eaten (Piper 1986).

Traits of the consumer animals are also important in defining frugivory. Obligate frugivores, for example, generally feed on many species and large amounts of fruit and are important for the dispersion process (Moran *et al.* 2004). However, territorial behavior in some birds, which leads to fights (Leck 1972), and the small gape size of some birds may limit the number of fruits eaten and the dispersal process (Alcántra & Rey 2003). Therefore, a frugivore guild that is diverse in morphology and in behavior can promote better dispersion both quantitative and qualitatively (Saavedra *et al.* 2014).

Frugivorous animals such as dispersers may differ in their dispersion both quantitatively (visit rate and number of diaspores eaten) and qualitatively (treatment in the beak – handling - and gut and the place where the diaspores are deposited) (Schupp *et al.* 2010). Thus, efficient dispersers increase both the quantity and quality of dispersion. Dispersers may quickly catch the fruit during flight (snatching, Moermond & Denslow 1985), and avoid fights (less territorial or competitive behavior), thus increasing the chances of dispersal (Melo & Oliveira 2009). Therefore, the traits of the fauna attracted by the diaspores are important in defining the potential dispersers (Garrard *et al.* 2012). In some cases, potential

dispersers are highly sensitive to environmental disturbances (Vidal *et al.* 2014). Thus, the frugivore may be useful for determining the fragility of dispersion process in places that are susceptible to environmental impacts.

Some of the traits that are associated with the number of fruits eaten and the seed dispersal displayed by plants and animals may vary during the year in response to the seasons. The abundance of fruit, for example, may increase during some periods of the year (Camargo *et al.* 2013; Staggemeier *et al.* 2016). Due to seasonality, animals may adopt different diets when there is a low availability of food (Zortéa 2003). Therefore, fruit may be an important food source for wildlife during some seasons, which leads animals with different morphological features (e.g., beak morphology) to increase fruit consumption (Plein *et al.* 2013). Agonistic encounters (fights) may also be more frequent when food availability is low (Leck 1972). The morphological traits of the diaspores, such as the size (e.g., larger among species that fruit in autumn) (Piper 1986), color (e.g., more red fruit during the wet season) (Camargo *et al.* 2013) and pulp and seed biomass (e.g., peak production during autumn) (Staggemeier *et al.* 2016) may also vary during the year.

The Cerrado gallery forests have a high diversity of species that provide food for animals, especially for potential dispersers (Motta-Junior & Lombardi 2002). The gallery forest environments are limited by the savannah (Cerrado), which cover a wide area of Central Brazil (Ribeiro & Walter 2008). In this region, seasonal rainfall is prominent, with two well-defined seasons: a dry season (April to September) and a wet season (October to March) (Silva *et al.* 2008). In the Cerrado, most fruit are classified as zoocoric, especially in the forests (Kuhlmann & Ribeiro 2016), and the peak zoocoric fruiting occurs during the wet season (Gouveia & Felfili 1998; Oliveira & Paula 2001).

Despite the increase in the number of studies regarding these plant-animal interactions (Howe 2016), information about how the features of diaspores and frugivores are associated with frugivory is still lacking. Regarding the Cerrado, most of the published work is restricted to the study of frugivory by a single plant species, frugivory by a particular animal, or a compilation of these works, which include only a few animal and plant traits (e.g. Francisco *et al.* 2007) or seasons (e.g. Camargo *et al.* 2013; Zortéa 2003). Because of the lack of frugivory analyses in communities of tree species and the possible influence of different traits and seasonality on this process, we aimed to test the following hypotheses: a) in tree species from the Cerrado gallery forest, the fruit that is eaten will be associated with traits related to the frugivores (e.g., frequent agonistic encounters will lead to a reduced consumption; greater gape

size will lead to an increased number of fruits eaten) and traits related to the diaspores (e.g., more available pulp will lead to an increased number of fruits eaten) b) the association between frugivory, frugivore traits and diaspore traits will present seasonal variation. Moreover, we investigated which frugivores have the greatest potential for seed dispersal, according to quantitative and qualitative components of the plant-animal relationship.

Material and methods

Study areas

The frugivory was studied in gallery forest patches located in the two following conservation areas (two patches per area), which are approximately 40 km apart in the Federal District, Central Brazil region: the Águas Emendadas Ecological Station (ESEC-AE; 15°32'S 47°34'W; 10,547 ha; ~945 m a.s.l.) and the Água Limpa Farm Experimental Station (FAL; 15°57'S 47°56'W; 4,062 ha; ~1,097 m a.s.l.) (Motta-Junior 1991, non-published) (Figure 1). Both sites are located in Cerrado and both contain both floodable and non-floodable areas.

The ESEC-AE is surrounded by cities, highways and farms. A floristic survey of the gallery forests (0.48 ha, including the patches considered here) found 885 individuals and 77 zoocoric species residing in the area (Haidar *et al.* 2013). A bird survey recorded 266 species (60.6% of the total recorded in the Federal District) (Braz & Cavalcanti 2001).

FAL is the property of the University of Brasília and is located near the following other conservation areas: the Brasília Botanical Garden (5,000 ha) and the Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística Ecological Reserve (IBGE) (1,360 ha). A floristic survey of one of the gallery forest patches studied here recorded 845 zoocoric individuals and 64 species residing in the area (Oliveira *et al.* 2011). Furthermore, 206 bird species were found to be residing in the FAL (46.9% of the total known from Federal District) (Braz & Cavalcanti 2001).

Data collection

Focal observations of 10 species were made at ESEC-AE from November 2013 to November 2014 (59 days during the dry season and 45 days during the wet season) and focal observations of 12 species were made at FAL (Table 1) from March 1988 to January 1990 (50 days during the dry season and 46 days during the wet season; the observations by Motta-Junior, 1991). The observations started early in the morning (approximately 0700 h) and were

finished in the late afternoon (1800 h) in both areas. Most of the tree individuals were observed for a total of 32 h at the FAL and 36 h at the ESEC-AE; however, three species in the ESEC-AE were observed for 18, 24 and 26 h (*Magnolia ovata* (A.St.-Hil.) Spreng., *Guarea guidonia* (L.) Sleumer and *Virola sebifera* Aubl., respectively) and two species in the FAL were observed for 10 and 15 h (*Mauritia flexuosa* L.f. and *Richeria grandis* Vahl, respectively).

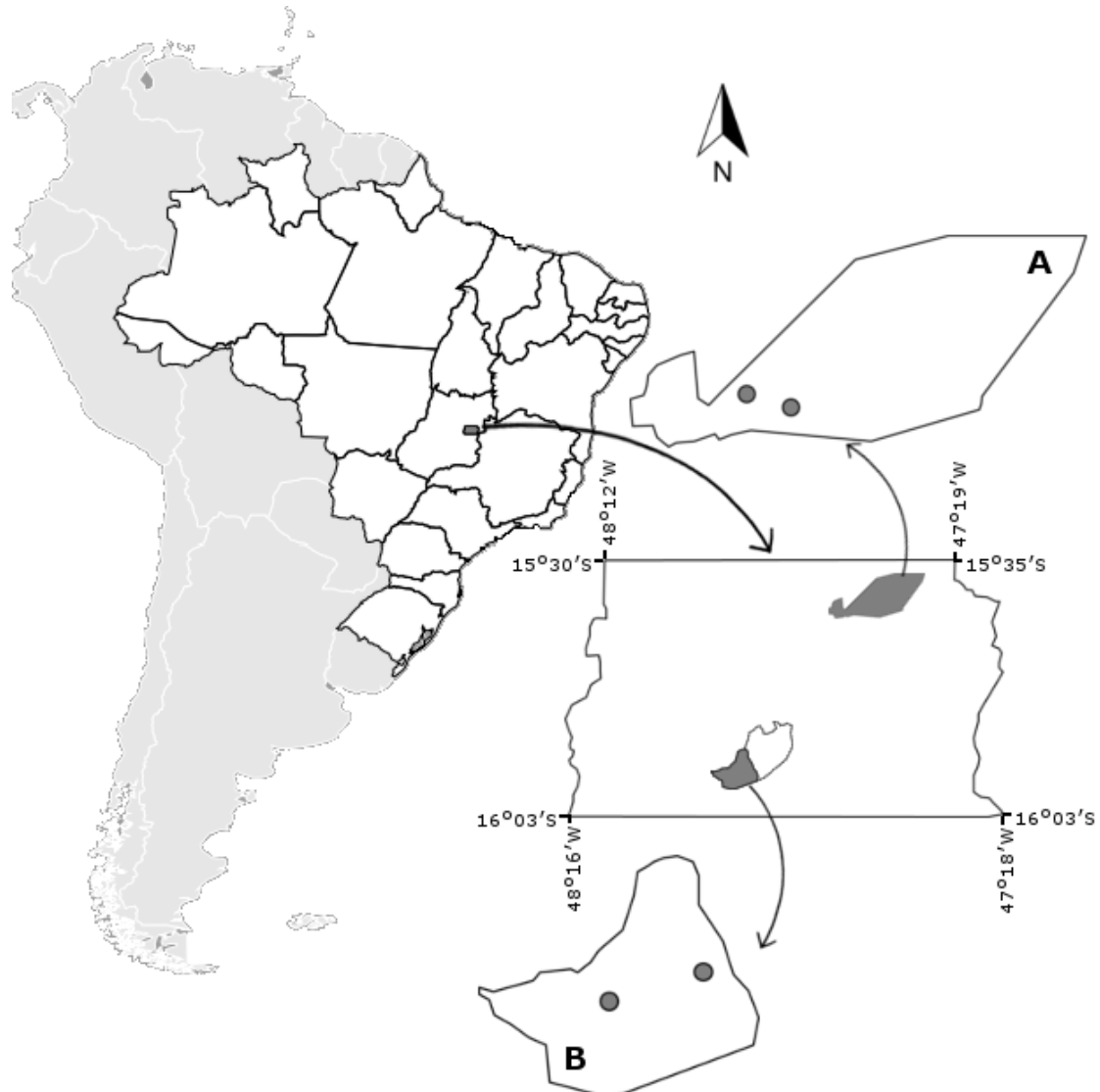


Figure 1. Gallery forests studied from different streams (circles) on different areas (apart 40 km) in the Federal District, Brazil. A: Águas Emendadas Ecological Station (ESEC-AE); B: Água Limpa Experimental Farm (FAL) (the dotted line represents the FAL nearby protected areas).

Only trees were considered, since they are the most common zoocoric life form in the Cerrado gallery forest (Kuhlmann & Ribeiro 2016). In both forests, trees were located for focal

observations by walking trails in the study areas and looking for individuals with ripe fruit or seeds with arils and good canopy visibility. Thereby, most of the species were represented by at least three (ESEC-AE) and up to six individuals (FAL). The focal trees were located in both flooded and unflooded patches of forest and both inside and at the edge of the gallery forests. Voucher specimens were collected from all the focal trees, and the species were identified by comparing the specimens with plants at the herbariums at the University of Brasilia (UB) (ESEC-AE and FAL) and the University of Campinas (UEC) (FAL). Nomenclature for the tree species and the frugivores follow the Brazilian flora (<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>), checked by 'flora' package (version 0.2.7, <https://cran.r-project.org/web/packages/flora/index.html>) in software R (version 3.1.2, <http://www.R-project.org>), and Brazilian Ornithological Records Committee (CBRO 2014) or Annotated Checklist of Brazilian Mammals (Paglia *et al.* 2012), respectively.

Binoculars 10x50 mm (Bushnell®) (ESEC-AE) and 8x30 mm (Carl Zeiss®) (FAL) were used to make observations; observations were recorded on field spreadsheets (ESEC-AE) or with voice recorders (FAL). Frugivores were identified based on morphology and vocalizations, using field guides (e.g. Meyer de Schauensee 1970; Dunning 1982; Gwynne *et al.* 2010) and the University of São Paulo (MZUSP) and the University of Brasília (COMB) zoological museum collections. The identity of frugivores and the number of fruits eaten were recorded during each visit. Moreover, the number of visits per tree and the number of agonistic encounters between birds (confrontations, territory defense) were also recorded. Frugivores were recorded if they ate at least one fruit. The eating behaviors were observed and recorded, including whether the frugivore swallowed the seeds (swallow) and, for birds, whether the diaspora was caught while the animal was perched or in flight (snatching and hovering) (Moermond & Denslow 1985). After the frugivore left a fruiting tree, new foraging records for that species were recorded only if 5 min had passed and if there was only one individual of that species in the tree. If the species was represented by more than one individual in the tree, the 5-min rule was ignored and each individual was treated as a separate observation. Data were collected after the observer had been in the place for 5 min at a distance of at least 15 m from the focal fruiting tree.

A total of 100 (ESEC-AE) and 30 (FAL) fruits were collected from three individuals of each of the focal tree species. Fruit and seeds were measured (length, width) with metal calipers (0.1 mm) and weighed with a precision balance (0.0001 g). The difference between the seed weight with and without pulp (pericarp or aril) was divided by the seed with pulp weight

to obtain the percentage of pulp on each diaspore. The color present on the epicarp or aril of the diaspore was recorded, except for in the *Xylopia* genus, whose the color of the seed integument was recorded, since it is the most visible portion of the diaspore. The following categories of colors were recorded: black, red, green, yellow and white. Dark purple was considered to be black and dark orange was considered to be red.

MZUSP, COMB and the Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE/Brasília) collections were consulted to obtain the gape size at the level of commissural points for each visiting frugivore bird. This measurement was obtained from at least 10 specimens per species, using metal calipers (0.1 mm). Furthermore, each frugivore was classified by food habits according to Sick (1997), the “WikiAves” web page (<http://www.wikiaves.com.br>) and Paglia *et al.* (2012). The birds were also classified according to their sensitivity to human disturbances (Stotz *et al.* 1996).

Statistical analyses

Generalized linear models (GLM's) were used for each forest to evaluate whether the number of fruits eaten is related to the traits of the frugivores and diaspores. A response variable (e.g., the number of fruits eaten) and some explanatory variables (e.g., diaspore color and pulp percentage, number of agonistic encounters per tree, food habits, sensitivity to human disturbances and gape size) were included (Table 1; Appendix 1). Seasonal variability (consumption recorded during the dry season or the wet season) was also considered, in addition to all the other variables, to evaluate differences in frugivory between the seasons.

Few of the tree species had records of the number of fruits eaten during both seasons (wet and dry); most tree species had only a few records in one season and many in the other. Only the season with the greater number of records was considered for each arboreal species to appropriately analyze these seasons. Only pulp percentage was used in the subsequent analyses because this trait, and the other morphological ones (e.g., fruit or aril seed width) were highly correlated (r^2 higher than 0.4 and $p < 0.01$). The data concerning primates were not included on the GLM's, since some of the explanatory variables are suitable only for birds (the frugivore group with the greatest abundance in the two areas analyzed here). Birds that were identified only to the level of genus (*Elaenia* sp. and *Myiarchus* sp.) were also not included, since there may be species with high and with low sensitivity to human disturbances within the same genus (Stotz *et al.* 1996) (explanatory variable).

Table 1. Relative density (RD) (Haidar *et al.* 2013, ESEC-AE; Oliveira *et al.* 2011, FAL), season, color, percentage of pulp and kind of diaspore (fruit or arylated seed), number of eaten fruits and number of agonistic encounters for the observed trees (number of individuals between parenthesis) from Águas Emendadas Ecological Station (ESEC-AE) and Água Limpa Farm (FAL) gallery forests. NS: not sampled.

Species	Family	RD (%)	Season	Diaspore	Diaspore color	Pulp (%)	Eaten fruits	Agonistic encounters
ESEC-AE								
<i>Cupania vernalis</i> Cambess. (3)	Sapindaceae	0.90	Dry	Seed	Red	10.71	368	13
<i>Emmotum nitens</i> (Benth.) Miers (2)	Icacinaceae	3.06	Wet	Fruit	Green	56.73	59	1
<i>Euterpe edulis</i> Mart. (3)	Arecaceae	0.09	Wet	Fruit	Black	28.46	157	4
<i>Guarea guidonia</i> (L.) Sleumer (3)	Meliaceae	NS	Wet	Seed	Red	15.55	7	0
<i>Magnolia ovata</i> (A.St.-Hil.) Spreng. (2)	Magnoliaceae	NS	Dry	Seed	Red	37.50	281	14
<i>Micropholis venulosa</i> (Mart. & Eichler) Pierre (3)	Sapotaceae	0.99	Wet	Fruit	Yellow	81.11	99	0
<i>Protium spruceanum</i> (Benth.) Engl. (3)	Burseraceae	2.70	Wet	Seed	White	41.66	509	8
<i>Richeria grandis</i> Vahl (3)	Phyllanthaceae	4.14	Dry	Seed	Red	40.00	1481	10
<i>Virola sebifera</i> Aubl. (2)	Myristicaceae	1.62	Dry	Seed	Red	26.47	99	6
<i>Xylopia emarginata</i> Mart. (3)	Annonaceae	5.04	Dry	Seed	Black	12.50	241	0
FAL								
<i>Alchornea glandulosa</i> Poepp. & Endl. (3)	Euphorbiaceae	0.67	Wet	Seed	Red	38.10	715	81
<i>Amaioua guianensis</i> Aubl. (6)	Rubiaceae	8.84	Dry	Fruit	Black	69.60	199	19
<i>Cabrlea canjerana</i> (Vell.) Mart. (2)	Meliaceae	1.33	Wet	Seed	Red	24.70	664	184
<i>Guatteria sellowiana</i> Schlttdl. (3)	Annonaceae	1.62	Wet	Fruit	Black	67.80	240	36
<i>Mauritia flexuosa</i> L.f. (2)	Arecaceae	NS	Dry	Fruit	Red	30.00	63	6
<i>Miconia cuspidata</i> Naudin (4)	Melastomataceae	0.86	Dry	Fruit	Black	63.90	1538	33
<i>Mouriri glazioviana</i> Cogn.(2)	Melastomataceae	2.09	Dry	Fruit	Black	72.00	162	20
<i>Protium spruceanum</i> (Benth.) Engl. (3)	Burseraceae	NS	Wet	Seed	White	65.10	606	129
<i>Richeria grandis</i> Vahl (1)	Phyllanthaceae	NS	Dry	Seed	Red	73.00	289	17
<i>Schefflera morototoni</i> (Aubl.) Maguire <i>et al.</i> (4)	Araliaceae	0.48	Dry	Fruit	Black	88.00	514	8
<i>Virola sebifera</i> Aubl. (5)	Myristicaceae	0.57	Wet	Seed	Red	34.10	241	132
<i>Xylopia aromatica</i> (Lam.) Mart. (2)	Annonaceae	NS	Dry	Seed	Black	36.50	124	16

The number of fruits eaten is a group of integer and non-negative values (discrete data) that range between 1 and 662 (ESEC-AE) and between 1 and 283 (FAL). The adjustments of the GLMs were done according to Poisson, quasi-Poisson or negative binomial distribution. In the preliminary analysis, only the expected dispersal parameters for negative binomial distribution were suitable for the ones obtained in each model (ratio between residual deviation and degrees of freedom). To avoid collinearity, only a few interactions were maintained; among these, some interactions involved the explanatory variable of seasonality. Likelihood ratio test was used to verify the significance of the explanatory variables and interactions.

A quantitative measurement of the contribution of each frugivore to the plant-animal interaction in the community was evaluated using the importance index (Murray 2000), through an interaction matrix between the frugivores and tree species and applying the following formula:

$$I_j = \sum_{i=1}^S \left(\frac{C_{ij}/T_i}{S} \right)$$

where C_{ij} represents the frugivore j interaction with the tree species i (1, interaction; 0, no interaction), T_i is the number of frugivores that interacted with the tree species i and S is the total number of tree species considered. This index ranges from 0 to 1. The greater values indicate a greater importance of the frugivore for community in general and smaller values denote frugivore importance for a specific tree species.

Another quantitative component was obtained by determining the rate of the number of fruits eaten per visit (visits each 10 h); these results are expressed on a dispersion graph. From this graph, it is possible to estimate the effectiveness of seed dispersion and the potential dispersers (Schupp *et al.* 2010).

Generalized linear models analyses were run using the package “Mass” (Venables & Ripley 2002) in the software R; and “stats” for other analyses.

Results

The pulp percentage (parameter estimate 0.06; $p < 0.01$) as well as the color (black, red and white) (Table 2) was positively correlated with the number of fruits eaten from each tree species in the ESEC-AE. In the same area, different food habits (insectivores *versus*

omnivores) were important to frugivory between the seasons (Table 2). Furthermore, the pulp percentage was important for consumption in the FAL during dry season (parameter estimate 0.02; $p=0.02$) and no other explanatory variable was significant for the species from this forest (Table 3).

Species with a diaspore width above 1.3 cm were visited, in general, by fewer frugivore species, with a low number of diaspores caught during flight and a low number of seeds swallowed. *Virola sebifera* Aubl., for example, at the ESEC-AE had a larger diaspore than that one collected at the FAL, and the visitors had a gape size over 1.1 cm (Table 4).

Table 2. The estimate parameters and p values (between parentheses) obtained for the significant explanatory variables ($p<0.05$) using generalized linear models for frugivory in tree species in the ESEC-AE gallery forest. These variables were considered significant according to the likelihood ratio test. p values lower than 0.05 mean significant difference among each variable category.

		Diaspore color			
		<i>Black</i>	<i>Green</i>	<i>Red</i>	<i>White</i>
Diaspore color	<i>Green</i>	-2.26 (<0.01)	-	-	-
	<i>Red</i>	-0.18 (0.61)	2.08 (0.01)	-	-
	<i>White</i>	-0.42 (0.46)	1.84 (<0.01)	-0.23 (0.67)	-
	<i>Yellow</i>	-3.76 (<0.01)	-1.50 (0.08)	-3.58 (<0.01)	-3.34 (<0.01)
		Food habit / seasonality (rain) ratio			
		<i>Frugivores</i>	<i>Insectivores</i>		
Food habit / seasonality (rain) ratio	<i>Insectivores</i>	-0.13 (0.87)	-		
	<i>Omnivores</i>	1.35 (0.07)	-1.49 (0.02)		

The visitor frugivore richness was different between the two seasons, with 18 species recorded only during the dry season and 10 only during the wet season at the ESEC-AE and with 16 during the dry season and 19 during the wet season at the FAL. The bird family with the highest consumption of diaspores was Thraupidae (2,088), followed by Turdidae (554) at the ESEC-AE, and Thraupidae (2,045) and Tyrannidae (1,195) at the FAL (Appendix 1).

Only a few of the tree species had a high number of fruits eaten and a high visit rate that contributed to measure effectiveness on seed dispersal, according to the quantitative analyses. There was a predominance of infrequent visits and a low number of fruits eaten. The tree species evaluated at the ESEC-AE had fewer frugivore species into the categories for the high number of fruits eaten and high visit rate (Figure 2).

Table 3. Explanatory non-significant variables ($p>0.05$) from the generalized linear models for frugivory in the tree species from different gallery forests (ESEC-AE and FAL). These variables are presented in the order in which they were removed from the models according to the likelihood ratio test. LRT: likelihood ratio test values.

	Variable	LRT	<i>p</i> value
<i>ESEC-AE</i>	Agonistic encounters	0.24	0.62
	Sensitivity to disturbances: gape size: seasonality ratio	2.14	0.14
	Sensitivity to disturbances: gape size ratio	0.28	0.59
	Sensitivity to disturbances: seasonality ratio	1.22	0.27
	Gape size: seasonality ratio	2.79	0.09
	Gape size	1.09	0.30
	Sensitivity to disturbances	1.59	0.21
	<i>FAL</i>	Color: sensitivity to disturbances ratio	1.61
Agonistic encounters		0.02	0.89
Sensitivity to disturbances		0.46	0.79
Pulp percentage: gape size: seasonality ratio		0.63	0.43
Pulp percentage: gape size ratio		1.53	0.21
Color		3.84	0.15
Gape size: seasonality ratio		2.02	0.15
Gape size		0.02	0.89
Food habit		6.99	0.07

Some bird species were both quantitative and qualitatively important to the tree species, while other birds presented only quantitative importance. There were also birds that interacted more with particular trees, considering the low importance index (Table 5). 65% had the seeds swallowed in the FAL tree species compared to 17% in the ESEC-AE ones. Of the bird eating behaviors observed, catching while perched was the most observed behavior (92% in ESEC-AE species; 77% in FAL ones) (Table 5).

Discussion

A few of the traits in the frugivores (morphological and behavioral) and in the diaspores (morphological) were correlated with frugivory; some of these correlations were present during only one of the rainfall seasons. The pulp percentage was one of the diaspore features that lead to a greater consumption by the frugivores, mainly birds. The relationship between succulent fruits and frugivorous birds is already well known (Howe 2016), and some birds may prefer larger fruit due to the higher amount of pulp (Wheelwright 1993). Of the FAL tree species that fruited during the wet season, the pulp percentage was, on average, smaller compared to the ones that produced fruit during dry season, and the number of fruits eaten was also smaller. Therefore, as is observed with other diaspore properties (e.g. lipid content; Loiselle & Blake 1991), a feature may be more necessary for attracting frugivores in one season than in the other.

Table 4. Trees and their frugivore bird species according to caught in flight and swallowed seeds and gape size range. The trees are separated by gallery forest (Águas Emendadas Ecological Station - ESEC-AE and Água Limpa Farm - FAL) and ordered by their mean diaspore width.

Species	Diaspore (cm)	Frugivore richness	Gape size (cm)	Swallowed	Caught in flight
ESEC-AE					
<i>Xylopia emarginata</i>	0.65	14	0.73-1.51	53	34
<i>Richeria grandis</i>	0.78	7	0.67-1.51	138	83
<i>Magnolia ovata</i>	0.92	11	0.75-1.51	61	53
<i>Euterpe edulis</i>	1.03	5	1.17-1.95	45	11
<i>Protium spruceanum</i>	1.08	20	0.67-2.03	105	8
<i>Cupania vernalis</i>	1.15	21	0.63-1.51	113	68
<i>Guarea guidonia</i>	1.30	4	0.85-1.36	3	2
<i>Virola sebifera</i>	1.33	5	1.11-1.51	44	13
<i>Micropholis venulosa</i>	1.55	5	0.67-1.23	13	2
<i>Emmotum nitens</i>	1.56	4	0.72-1.23	2	1
FAL					
<i>Alchornea glandulosa</i>	0.38	21	0.69-1.51	432	127
<i>Xylopia aromatica</i>	0.42	11	0.69-1.51	123	27
<i>Miconia cuspidata</i>	0.48	31	0.65-1.51	1291	402
<i>Richeria grandis</i>	0.66	14	0.73-1.90	142	43
<i>Guatteria sellowiana</i>	0.75	10	0.75-1.51	277	90
<i>Protium spruceanum</i>	0.76	30	0.67-2.84	159	52
<i>Cabrlea canjerana</i>	0.78	29	0.67-2.84	366	135
<i>Schefflera morototoni</i>	0.92	15	0.91-3.84	433	204
<i>Amaioua guianensis</i>	1.01	17	0.67-2.01	118	44
<i>Virola sebifera</i>	1.02	13	0.73-2.01	157	70
<i>Mouriri glazioviana</i>	2.25	10	0.67-1.90	0	2
<i>Mauritia flexuosa</i>	3.20	9	0.67-1.90	0	1

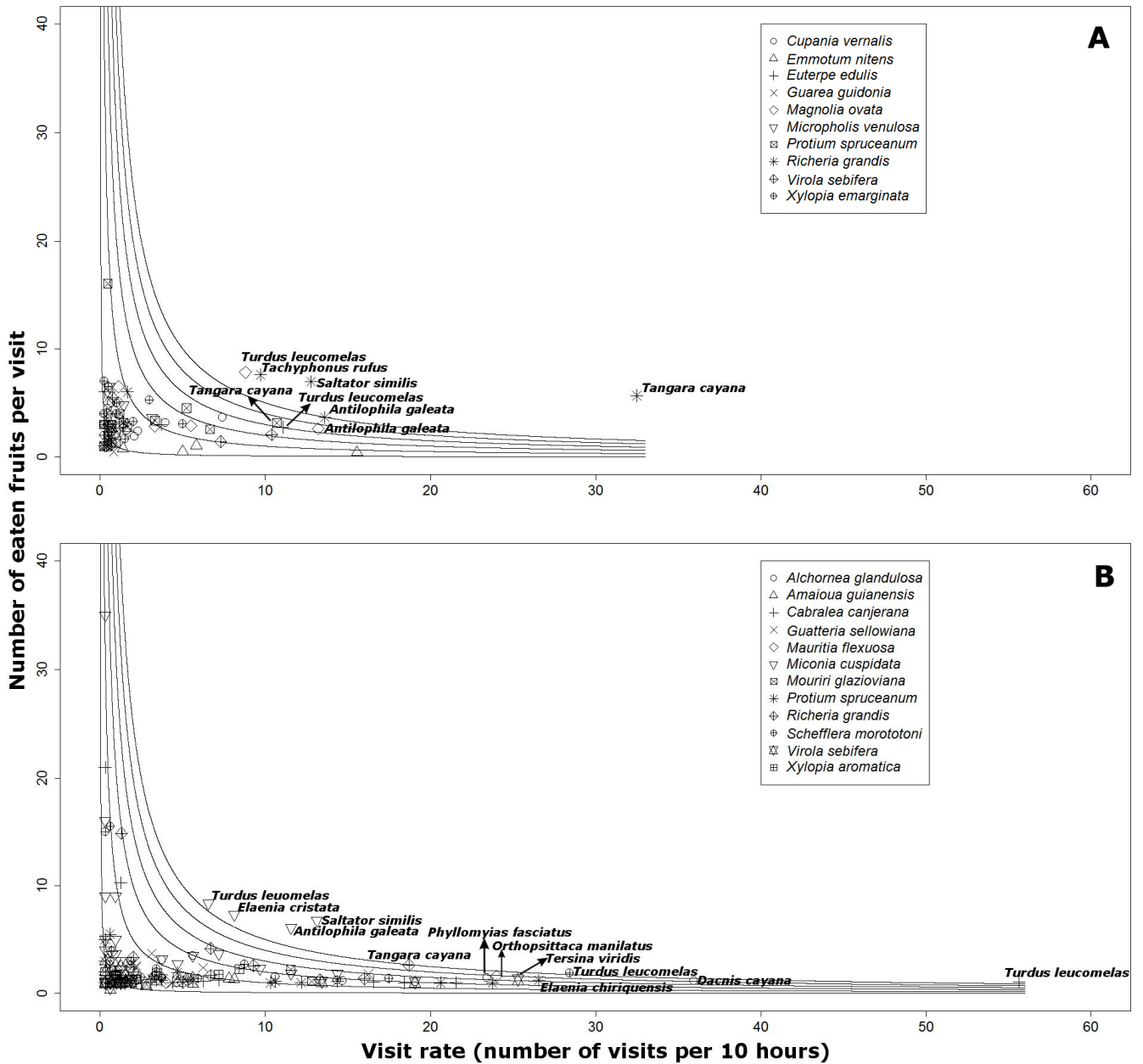


Figure 2. Number of fruits eaten relative to number of visits each 10 h (quantitative component to seed dispersal effectiveness) for the tree species analyzed at the Águas Emendadas Ecological Station (ESEC-AE, A) and Água Limpa Farm (FAL, B) gallery forests. Intervals between lines represent different categories for the total number of fruits eaten (1, 10, 20, 30, 40 and 50). The names of the frugivore species that ate more than 30 fruits in total are exhibited, and the different symbols represent the trees visited by these animals.

Table 5. The number of diaspores per tree species with swallowed seeds and the importance index for the 10 frugivore species with highest values for these measures registered at Águas Emendadas Ecological Station, ESEC-AE (A) and Água Limpa Farm, FAL (B). Species present the number of diaspores caught in flight.

Family <i>Frugivore species</i>	Swallowed/Tree		Importance index (x100)		Caught in flight	
	A	B	A	B	A	B
Ramphastidae						
<i>Ramphastos toco</i>	-	31/1	-	0.5	-	0
Thamnophilidae						
<i>Thamnophilus caerulescens</i>	7/1	-	0.4	-	1	-
Pipridae						
<i>Antilophia galeata</i>	89/7	464/9	8.0	4.0	96	325
Tityridae						
<i>Schiffornis virescens</i>	-	27/1	-	0.3	-	27
Tyrannidae						
<i>Elaenia chiriquensis</i>	-	245/6	-	3.0	-	117
<i>Elaenia cristata</i>	-	236/5	-	2.0	-	95
<i>Elaenia flavogaster</i>	17/2	150/9	2.0	4.0	19	66
<i>Elaenia mesoleuca</i>	-	78/2	-	0.7	-	31
<i>Phyllomyias fasciatus</i>	-	113/2	-	1.0	-	54
<i>Tyrannus melancholicus</i>	-	28/1	-	0.3	-	21
Vireonidae						
<i>Vireo chivi</i>	12/4	-	4.0	-	5	-
Turdidae						
<i>Turdus leucomelas</i>	89/7	583/12	8.0	7.0	34	122
<i>Turdus rufiventris</i>	17/3	94/7	3.0	3.0	8	14
<i>Turdus subalaris</i>	33/3	-	3.0	-	17	-
Thraupidae						
<i>Coereba flaveola</i>	0/3	-	4.0	-	0	-
<i>Dacnis cayana</i>	23/4	157/11	3.0	6.0	1	0
<i>Hemithraupis guira</i>	-	65/9	-	4.5	-	3
<i>Saltator similis</i>	45/7	257/9	9.0	4.0	15	12
<i>Tachyphonus rufus</i>	-	39/7	-	3.0	-	7
<i>Tangara cayana</i>	130/5	93/11	7.0	6.0	16	5

Table 5. *continuation*

Family <i>Frugivore species</i>	Swallowed/Tree		Importance index (x100)		Caught in flight	
	A	B	A	B	A	B
Thraupidae						
<i>Tangara palmarum</i>	-	10/6	-	3.0	-	0
<i>Tersina viridis</i>	19/3	-	5.0	-	2	-
Fringillidae						
<i>Euphonia violacea</i>	7/1	-	0.5	-	0	-

The color also contributed to frugivory in ESEC-AE tree species, with black, red and white fruits being preferred to yellow and green fruits. Sometimes, color can be important only to produce a contrast to the green color of the leaves, making the fruit more visible and, consequently, more likely to be consumed (Lomáscolo *et al.* 2008; Howe 2016). Black and red fruit are favored by birds; however, yellow (Willson *et al.* 1990) and green (McPherson 1988) fruit may be distinctly rejected. This rejection may be useful for explaining the reason why these colors are rare among plants dispersed by birds (Willson *et al.* 1990), the dispersion of seeds in these plants is carried out mainly by other animal groups (bats) or by secondary agents (secondary dispersion). However, other factors or traits of the diaspores may overlap color and decrease eating, such as seen in *Guarea guidonia*; despite having a red diaspore, the fruit was almost never consumed at ESEC-AE. Secondary factors may be an inconvenience for the visiting frugivore, such as forcing the frugivore to stay on the plant for a short amount of time (Cipollini & Levey 1997). Furthermore, the tree's location within the forest, which could make the diaspores less visible to frugivores compared to diaspores in trees found at the forest edges (Galetti *et al.* 2003), may influence the number of fruits eaten, and should therefore also be investigated.

The eating habits of frugivores differed during the two seasons at the ESEC-AE, and insectivores were considered to be more important eaters compared to the other types of frugivores (omnivores) during the dry season. In Cerrado, insects are generally more common during the wet season (Silva *et al.* 2011), which suggests that the difference in available food between the two seasons leads animals with other food habits to use more fruit as a food source. During the wet season in Cerrado, there is a fruiting peak for most of the species (Gouveia & Felfili 1998; Oliveira & Paula 2001), which contributes to the supply of food

resources for the fauna. Given this, the competition among diaspores by the eaters can be stronger in this season, and may restrict the eating of some fruits to few animals that normally consume these fruits (some omnivores and frugivores), as was seen at the ESEC-AE. Furthermore, some birds that eat fruit may respond to seasonality, such as the species in the *Turdus* genus, which may be more abundant and more important for seed dispersion during some periods of the year (Plein *et al.* 2013). At the ESEC-AE, there was a large number of observations of the migratory bird *Turdus subalaris* (Seebohm, 1887) at the end of the dry season, when this bird swallowed many of the seeds of the tree species evaluated in that forest.

The diaspore width is another important trait to frugivory, considering that it may have influenced the visitor frugivore richness, such as in *Virola sebifera* (ESEC-AE). This species was already associated with larger frugivores, since it has large diaspores (Howe 2016). The relationship between larger fruit and frugivores with a greater gape size may be so strong that a possible loss of this frugivore could lead to a decrease in the diaspore size as birds would tend to select and consequently disseminate individuals with smaller fruits (Galetti *et al.* 2013). The reduction in size of diaspores can thus be a result of an imposed selective pressure, forced by an animal feature (Alcántra & Rey 2003). The diaspore width, together with gape size, may influence the qualitative components of dispersal. Tree species from both forests with a diaspore width greater than 1.5 cm had few, or no, swallowed seeds and caught-on-flight diaspores. However, even with a smaller diaspore size, some species were rarely visited, and few seeds were swallowed, which indicates that other factors may influence eating.

On the other hand, a majority of the explanatory variables for frugivory, which were associated with diaspore or frugivore morphology or with frugivore behavior, were not significant. Although being more common at FAL than at ESEC-AE, as perhaps a response to the greater frugivore diversity (French & Smith 2005), agonistic encounters did not affect the number of fruits eaten from the trees in this forest. The food resources were not limited in that forest, thus decreasing the number of fights for food. Moreover, animals that stay for a long time on or near branches of fruit trees are greatly responsible for fights between the frugivores (Martins-Oliveira *et al.* 2012), which decrease the number of fruits eaten. However, sometimes after the fights, neither of the birds will stay perched on the fruit trees (pers. obs.) and thus would not affect the eating.

There was large number of fruits eaten by large-sized omnivorous birds such as *Cyanocorax cristatellus* (Temminck, 1823) and *Ramphastos toco* (Statius Muller, 1776), and there was a greater average width of the diaspores at FAL. In spite of this, there was no relationship between the gape size and the fruits eaten. A larger gape size may lead larger frugivorous birds being able to eat a greater variety of diaspores without being limited by the fruit size (Galetti *et al.* 2013). However, the traits of the beak are not always associated with a greater number of fruits eaten (Vidal *et al.* 2014). Other frugivore anatomic and ecomorphological traits (e.g., digestive process and body size) that may also act on eating and dispersal should also be considered (Schupp *et al.* 2010).

Non-significant morphological explanatory variables, both in the frugivores and the diaspores, may be the result of a generalist frugivory interaction (without a close association between some frugivore and plants) (Sebastián-González *et al.* 2014; Howe 2016). In some Passeriformes, there may be morphological generalizations for foraging and the use of a wide variety of resources that are available in the environment (Ricklefs 2012). Moreover, many frugivores visited only a few times and rarely ate some of the fruit (sporadically) in both forests, highlighting a generalization in frugivory interaction. There was also a high number of fruits eaten and high visit rate from only a few frugivores, as well as few frugivores with a low importance index (<1.0), mainly at the ESEC-AE. Generalist frugivore species may consume much more without wasting time and energy searching for a particular food (Reid & Armesto 2011). Thereby, these species may be considered to be more efficient dispersers than specialist frugivores.

The families Tyrannidae and Turdidae can be more important dispersers due to the treatment of the fruit in their beaks (handling), the number of fruit eaten and the visit rate. Tyrants may be the main disperser for many plant species (Carlo & Yang 2011) including those observed at the FAL. The large presence of the Turdidae family instead of a specialist frugivore may be an indicative of a degraded environment (Motta-Junior 1990). *Antilophia galeata* (Lichtenstein, 1823) is another species with a good potential for dispersal in both forests, as it eats a wide variety of fruits (generalist). In addition to the presence of some arthropods, 20 to 30 different kinds of fruits and seeds were found in the stomach of this species (Marini 1992). This is a typical bird from Cerrado forests (Marini 1992) and thus the probability that seeds that were swallowed by this species remain inside the forest is increased.

On the other hand, tanagers swallowed few seeds and generally perched, despite the high number of fruits eaten and the high visit rates. This family is known for removing the pulp of fruits with their beaks before ingestion (Gridi-Papp *et al.* 2004), and it may or not swallow the whole fruit (Manhães 2003). In *Richeria grandis* Vahl, for example, *Tangara cayana* (Linnaeus, 1766) individuals were seen forcing fruit opening with their beaks to collect aril and to discard the seed just below mother-plant. Therefore, since little differences in diaspore treatment can lead to great differences in dispersion effectiveness (Schupp *et al.* 2010), visit frequency by itself cannot be an indicative of effective dispersers.

Overall, mainly for the ESEC-AE trees, there were few records of diaspores that had their seeds swallowed, which reduces chances of dispersal (Schupp *et al.* 2010). Furthermore, most of the birds did not catch the diaspore during flight, although some species use this catching method regardless of the tree species (e.g., *A. galeata*, pers. obs.). Birds have a greater chance of dispersing the seeds a long distance by catching them during flight (Melo & Oliveira 2009), and the diaspores have a greater chance of being entirely swallowed, with no previous manipulation (Howe & Estabrook 1977). Both possibilities contribute to seed dispersal. However, the final place where seeds are deposited, favoring for example, germination and seedling development, is also crucial in determining the disperser potentiality (Schupp *et al.* 2010) and this should be further investigated.

The tree species that had the greatest visit rate and the greatest number of fruits eaten at the ESEC-AE were the ones that fruited during dry season. This may be a response to the low food availability for fauna during this season. Fruiting during the dry season is an important source of food for the fauna, and may also be a strategy for taking advantage of the seasonality for seed dispersal, avoiding, for example, competition over dispersers. The few available fruits may attract a larger number of frugivores that can forage wide areas to supplement the diet and carry diaspores long distances (van Schaik *et al.* 1993). Therefore, the greater frugivore richness at the ESEC-AE during this season may have influenced the eating differences between the two periods, regardless of the diaspore traits, since most species observed during dry season presented black or red fruit colors.

The presence of large frugivores and the birds with high sensitivity to human disturbances (*sensu* Stotz *et al.* 1996) at the FAL gallery forests may be the result of a better conservation status in that area. The time difference between the data collection in each forest is over twenty years. Considering the Cerrado history of permanent disturbances (Klink &

Machado 2005) and the fast human occupancy observed in the region (Silva & Steinke 2009; Farias 2014), the difference in time may be significant in determining frugivore conservation from the past (FAL) from the present (ESEC-AE). Environmental disturbances result in the reduction of dispersal rate in some species (Galetti *et al.* 2003; Moran *et al.* 2004), and in small bird richness, since large frugivores, for example, may not be resistant to these disturbances (Saavedra *et al.* 2014). Some larger dispersers may have distinct habits and behaviors, that lead them to select fruit with distinct traits (Erard *et al.* 2007), being more commonly associated with the consumption of specific diaspores (e.g., large) than a smaller frugivore. Therefore, due to the possible strong association of these birds with some plants (Erard *et al.* 2007), it remains an alert to the consequences of absence of these birds on the plant community (Dehling *et al.* 2016). However, more studies are necessary involving other species of trees from distinct gallery forests and under the same seasonal periods.

Frugivores observed in the gallery forests expressed some preferences for certain diaspore traits, in addition to the possible limitations on consumption due to the larger diaspora sizes. Some of these frugivores could be associated with possible dispersers. Considering that differences in the animal morphology are important for increasing and ensuring many forms of dispersal (Saavedra *et al.* 2014), differences in diversity of the frugivore eating tree species in the two forests may be associated with the distinct potentials of dispersal between these tree communities. However, many traits from the diaspores and from the frugivores were not associated with fruit eating. Frugivory may simply reflect the context (e.g., fruits of easier access) (Perea *et al.* 2013), or may depend on adverse or random circumstances (Poston & MIDDENDORF 1988). The effect of seasonality on diaspore production and eating fruits cannot be discarded. Preference for diaspore quality (pulp percentage) and generalization among frugivore groups (presence of food habits not directly related with eating fruits) are associated to dry season, when available food is low. Since fruiting occurs during both periods, food resource for fauna (even in smaller amounts on dry season) is available during the whole year, and the association between plants and animals remain, despite seasonality on both forests.

References

- Alcántara, J.M. & Rey, P.J. 2003. Conflicting selection pressures on seed size: evolutionary ecology of fruit size in a bird-dispersed tree, *Olea europaea*. **Journal of Evolutionary Biology** **16**: 1168-1176.
- Braz, V.S. & Cavalcanti, R.B. 2001. A representatividade de áreas protegidas do Distrito Federal na conservação da avifauna do Cerrado. **Ararajuba** **9**: 61-69.
- Camargo, M.G.G.; Cazetta, E.; Schaefer, H.M. & Morellato, L.P.C. 2013. Fruit color and contrast in seasonal habitats—a case study from a cerrado savanna. **Oikos** **122**: 1335-1342.
- Carlo, T.A. & Yang, S. 2011. Network models of frugivory and seed dispersal: challenges and opportunities. **Acta Oecologica** **37**: 619-624.
- Cipollini, M.L. & Levey, D.J. 1997. Secondary metabolites of fleshy vertebrate-dispersed fruits: adaptive hypotheses and implications for seed dispersal. **The American Naturalist** **150(3)**: 346-372.
- Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos. 2014. **Listas das aves do Brasil**. 11st Edition. 1/1/2014. Available at: www.cbro.org.br.
- Dehling, D.M.; Jordano, P.; Schaefer, H. M.; Böhning-Gaese, K. & Schleuning, M. 2016. Morphology predicts species' functional roles and their degree of specialization in plant–frugivore interactions. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**. 283: 20152444.
- Dunning, J.S. 1982. **South American land birds**. Harrowood Books. Newton Square, Pennsylvania.

- Erard, C.; Théry, M. & Sabatier, D. 2007. Fruit characters in the diet of syntopic large frugivorous forest bird species in French Guiana. **Revue d'Ecologie (Terre Vie) 62**: 323-350.
- Espeland, E.K. & Emam, T.M. 2011. The value of structuring rarity: the seven types and links to reproductive ecology. **Biodiversity and Conservation 20**: 963–985.
- Farias, M.F.R. 2014. Análise evolutiva da paisagem: estudo de caso da região oeste do Distrito Federal e Águas Lindas de Goiás. **Universitas Humanas 11**: 31-36.
- Foster, M.S. 1977. Ecological and nutritional effects of food scarcity on a tropical frugivorous bird and its fruit source. **Ecology 58**: 73-85.
- Francisco, M.R. Lunardi, V.O. & Galetti, M. 2007. Bird attributes, plant characteristics, and seed dispersal of *Pera glabrata* (Schott, 1858), (Euphorbiaceae) in a disturbed cerrado area. **Brazilian Journal of Biology 67**: 627-634.
- French, A.R. & Smith, T.B. 2005. Importance of body size in determining dominance hierarchies among diverse tropical frugivores. **Biotropica 37**: 96-101.
- 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.; Von Matter, S.; 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.
- Garrard, G.E.; McCarthy, M.A.; Vesk, P.A.; Radford, J.Q. & Bennett, A.F. 2012. A predictive model of avian natal dispersal distance provides prior information for investigating response to landscape change. **Journal of Animal Ecology 81**:14–23.

- Gouveia, G.P. & Felfili, J.M. 1998. Fenologia de comunidades de cerrado e de mata de galeria no Brasil central. **Revista Árvore** **22**: 443-450.
- 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.
- Gwynne, J.A.; Ridgely, R.S.; Tudor, G. & Argel, M. 2010. **Aves do Brasil - Pantanal & Cerrado**. Editora Horizonte. Wildlife Conservation Society. São Paulo.
- Haidar, R.F.; Felfili, J.M.; Damasco, G.; Brandão, M.M.V.; Carneiro, D.C.; Lobo, R.N.; Amaral, A.G. & Silveira, I.M. 2013. Florística, estrutura e diversidade da mata de galeria da Estação Ecológica de Águas Emendadas ESEC-AE. Brasil Central. **Heringeriana** **7**: 33-49.
- Howe, H.F. 2016. Making dispersal syndromes and networks useful in tropical conservation and restoration. **Global Ecology and Conservation** **6**: 152–178.
- Howe, H.F. & Estabrook, G.F. 1977. On intraspecific competition for avian dispersers in tropical trees. **American Naturalist** **111**: 817-832.
- Howe, H.F. & Smallwood, J. 1982. Ecology of seed dispersal. **Annual Review of Ecology and Systematics** **13**: 201-228.
- Klink, C.A. & Machado, R.B. 2005. A conservação do Cerrado brasileiro. **Megadiversidade** **1**: 147-155.
- Kuhlmann, M. & Ribeiro, J.F. 2016. Evolution of seed dispersal in the Cerrado biome: ecological and phylogenetic considerations. **Acta Botanica Brasilica** **30**: 271-282.

- Leck, C.F. 1972. Seasonal changes in feeding pressures of fruit-and nectar-eating birds in Panama. **The Condor** **74(1)**: 54-60.
- Loiselle, B.A. & Blake, J.G. 1991. Temporal variation in birds and fruits along an elevational gradient in Costa-Rica. **Ecology** **72**: 180-193.
- Lomáscolo, S.B.; Speranza, P. & Kimball, R.T. 2008. Correlated evolution of fig size and color supports the dispersal syndromes hypothesis. **Oecologia** **156**: 783-796.
- Manhães, M.A. 2003. Variação sazonal da dieta e do comportamento alimentar de traupíneos (Passeriformes: Emberizidae) em Ibitipoca, Minas Gerais, Brasil. **Ararajuba** **11**: 45-55.
- Marini, M.Â. 1992. Foraging behavior and diet of the Helmeted Manakin. **Condor** **94**: 151-158.
- McPherson, J.M. 1988. Preferences of cedar waxwings in the laboratory for fruit species, colour and size: a comparison with field observations. **Animal Behaviour** **36**: 961-969.
- Melo, C. & Oliveira, P.E. 2009. Frugivory in *Lacistema hasslerianum* Chodat (Lacistemaceae), a gallery forest understory treelet in Central Brazil. **Brazilian Journal of Biology** **69**: 201-207.
- Meyer de Schauensee, R. 1970. **A guide to the birds of South America**. Livingston Publishing Company. Wynnewood, Pennsylvania.
- 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.

- Moran, C.; Catterall, C.P.; Green, R.J. & Olsen, M.F. 2004. Functional variation among frugivorous birds: implications for rainforest seed dispersal in a fragmented subtropical landscape. **Oecologia** **141**: 584-595.
- Motta-Junior, J.C. 1990. Estrutura trófica e composição das avifaunas de três habitats na região central de São Paulo. **Ararajuba** **1**: 65-71.
- Motta-Junior, J.C. 1991. **A exploração de frutos como alimento por aves de mata ciliar numa região do Distrito Federal** (Dissertação de mestrado). Universidade Estadual Paulista (Unesp), Rio Claro, Brasil.
- Motta-Junior, J.C. & Lombardi, J.A. 2002. Ocorrência de zoocoria em florestas-de-galeria no Complexo do Cerrado, Brasil. **Biotemas** **15**: 59-81.
- Murray, K.G. 2000. The importance of different bird species as seed dispersers. *In*: Nadkarni, N.M. & Wheelwright, N.T. (Eds.). **Monteverde: ecology and conservation of a tropical cloud forest**. Oxford University Press. New York. Pp. 294-295.
- Oliveira, M.C.; Felfili, J.M. & Silva-Júnior, M.C. 2011. Análise florística e fitossociológica da comunidade arbórea da mata de galeria do Capetinga, após vinte anos de passagem de fogo, na Fazenda Água Limpa, Brasília-DF. **Heringeriana** **5**: 19-31.
- Oliveira, P.E.A.M. & Paula, F.R. 2001. Fenologia e biologia reprodutiva de plantas de Matas de Galeria. *In*: Ribeiro, J.F.; Fonseca, C.E.L. & Sousa-Silva, J.C. (Eds.). **Cerrado: caracterização e recuperação de Matas de Galeria**. EMBRAPA-CPAC. Planaltina. Pp. 303-332.
- Paglia, A.P.; Fonseca, G.A.B.; Rylands, A.B.; Herrmann, G.; Aguiar, L.M.S.; Chiarello, A.G.; Leite, Y.L.R.; Costa, L.P.; Siciliano, S.; Kierulff, M.C.M.; Mendes, S.L.; Tavares, V.C.; Mittermeier, R.A. & Patton, J.L. 2012. **Lista Anotada dos Mamíferos do Brasil/Annotated Checklist of Brazilian Mammals**. 2nd Edition. Occasional Papers in Conservation Biology. n°. 6. Conservation International. Arlington.

- Perea, R.; Delibes, M.; Polko, M.; Suárez-Esteban, A. & Fedriani, J.M. 2013. Context-dependent fruit–frugivore interactions: partner identities and spatio-temporal variations. **Oikos** **122**: 943-951.
- Piper, J.K. 1986. Seasonality of fruit characters and seed removal by birds. **Oikos** **46**: 303-310.
- Plein, M.; Langsfeld, L.; Neuschulz, E.L.; Schultheiss, C.; Ingmann, L.; Topfer, T.; Bohning-Gaese, K. & Schleuning, M. 2013. Constant properties of plant-frugivore networks despite fluctuations in fruit and bird communities in space and time. **Ecology** **94**: 1296-1306.
- Poston, M.E & Middendorf, G.A. 1988. Maturation characteristics of *Rubus pennsylvanicus* fruits: are red and black the same? **Oecologia** **77**: 69-72.
- Reid, S. & Armesto, J.J. 2011. Interaction dynamics of avian frugivores and plants in a Chilean Mediterranean shrubland. **Journal of Arid Environments** **75**: 221-230.
- Ribeiro, J.F. & Walter, B.M.T. 2008. As principais fitofisionomias do bioma Cerrado. *In*: Sano, S.M., Almeida, S.P. & Ribeiro, J.F. (Eds.). **Cerrado: ecologia e flora**. Vol. 1. EMBRAPA-Cerrados. Planaltina. Pg. 151-212.
- Ricklefs, R.E. 2012. Species richness and morphological diversity of passerine birds. **Proceedings of the National Academy of Sciences** **109**: 14482-14487.
- 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.

- Schaefer, H.M.; Valido, A. & Jordano, P. 2014. Birds see the true colours of fruits to live off the fat of the land. **Proceedings of the Royal Society of London B** **281**: 20132516.
- Schupp, E.W.; Jordano, P. & Gómez, J.M. 2010. Seed dispersal effectiveness revisited: a conceptual review. **New Phytologist** **188**: 333-353.
- Sebastián-González, E.; Dalsgaard, B.; Sandel, B. & Guimarães-Jr., P.R. 2015. Macroecological trends in nestedness and modularity of seed-dispersal networks: human impact matters. **Global Ecology and Biogeography** **24**: 293-303.
- Sick, H. 1997. **Ornitologia brasileira**. Nova Fronteira. Rio de Janeiro.
- Silva, F.A.M.; Assad, E.A. & Evangelista, B.A. 2008. Caracterização climática do bioma Cerrado. *In*: Sano, S.M. & Almeida, S.P. (Eds.). **Cerrado: ambiente e flora**. EMBRAPA-CPAC. Planaltina. Pp. 69-88.
- Silva, G.B.S. & Steinke, V.A. 2010. Alterações na paisagem e seus impactos diretos nas áreas de preservação permanentes das nascentes da bacia hidrográfica do ribeirão Taboca (DF): uma análise espaço-temporal 1964-2004. **Caminhos de Geografia** **10**: 87-99.
- Silva, N.A.P.D.; Frizzas, M.R. & Oliveira, C.M.D. 2011. Seasonality in insect abundance in the "Cerrado" of Goiás State, Brazil. **Revista Brasileira de Entomologia** **55**: 79-87.
- Staggemeier, V.G.; Cazetta, E. & Morellato, L.P.C. 2016. Hyperdominance in fruit production in the Brazilian Atlantic rain forest: the functional role of plants in sustaining frugivores. **Biotropica**. doi:10.1111/btp.12358.
- Stotz, D.F.; Fitzpatrick, J.W.; Parker III, T.A. & Moskovits, D.K. 1996. **Neotropical birds: ecology and conservation**. University of Chicago Press. Chicago.

- van Schaik, C.P.; Terborgh, J. & Wright, S.J. 1993. The phenology of tropical forests: adaptative significance and consequences for primary consumers. **Annual Review of Ecology and Systematics** **24**: 353–377.
- Venables, W.N. & Ripley, B.D. 2002. **Modern Applied Statistics with S**. 4th Edition. Springer. Nova York.
- Vidal, M.M.; Hasui, E.; Pizo, M.A.; Tamashiro, J.Y.; Silva, W.R. & Guimarães-Jr, P.R. 2014. Frugivores at higher risk of extinction are the key elements of a mutualistic network. **Ecology** **95**: 3440-3447.
- Wheelwright, N.T. 1993. Fruit size in a tropical tree species: variation, preference by birds, and heritability. **Vegetatio** **107**: 163-174.
- Willson, M.F.; Graff, D.A. & Whelan, C.J. 1990. Color preferences of frugivorous birds in relation to the colors of fleshy fruits. **Condor** **92**: 545-555.
- Zortéa, M. 2003. Reproductive patterns and feeding habits of three nectarivorous bats (Phyllostomidae: Glossophaginae) from the Brazilian Cerrado. **Brazilian Journal of Biology** **63**: 159-168.

Appendix 1. Recorded frugivore species which ate tree fruits from two different gallery forests (Águas Emendadas Ecological Station, ESEC-AE; and Água Limpa Farm, FAL) in two different seasons (dry and wet), classified by family, food habit (Sick 1997; Paglia et al. 2012), sensitivity to human environmental disturbances (Stotz *et al.* 1996) and average gape size - width of beak base at level of commissural points (cm).

Family <i>Frugivore species</i>	Food habit	Sensitivity to disturbances	Gape size (cm)	Forest	Season	Records	Eaten fruits
PRIMATES							
Atelidae							
<i>Alouatta caraya</i> (Humboldt. 1812)	Herbivores	<i>Not applicable</i>	<i>Not applicable</i>	ESEC-AE	Dry	6	10
Callitrichidae							
<i>Callithrix</i> sp.	Omnivores	<i>Not applicable</i>	<i>Not applicable</i>	ESEC-AE	Wet	2	6
<i>Callithrix penicillata</i> (É. Geoffroy. 1812)	Omnivores	<i>Not applicable</i>	<i>Not applicable</i>	FAL	Wet	2	11
Cebidae							
<i>Sapajus apella</i> (Linnaeus. 1758)	Omnivores	<i>Not applicable</i>	<i>Not applicable</i>	ESEC-AE	Wet	2	32
BIRDS							
Cracidae							
<i>Penelope superciliaris</i> Temminck. 1815	Frugivores	Medium	1.95	ESEC-AE	Wet	1	6
				FAL	Wet	1	21
Columbidae							
<i>Patagioenas picazuro</i> (Temminck. 1813)	Omnivores	Medium	1.27	ESEC-AE	Dry	1	2
<i>Patagioenas plumbea</i> (Vieillot. 1818)	Omnivores	High	0.98	FAL	Dry	1	35

Family <i>Frugivore species</i>	Food habit	Sensitivity to disturbances	Gape size (cm)	Forest	Season	Records	Eaten fruits
Psittacidae							
<i>Diopsittaca nobilis</i> (Linnaeus. 1758)	Frugivores	Medium	2.03	ESEC-AE	Wet	4	9
<i>Orthopsittaca manilatus</i> (Boddaert. 1783)	Frugivores	Medium	1.81	FAL	Dry	24	39
Trogonidae							
<i>Trogon surrucura</i> Vieillot. 1817	Omnivores	Medium	1.83	FAL	Wet	3	3
Momotidae							
<i>Baryphthengus ruficapillus</i> (Vieillot. 1818)	Omnivores	Medium	2.01	FAL	Wet	10	12
					Dry	4	10
Ramphastidae							
<i>Ramphastos toco</i> Stadius Muller. 1776	Omnivores	Medium	3.84	FAL	Dry	2	31
<i>Ramphastos vitellinus</i> Lichtenstein. 1823	Omnivores	High	2.84	FAL	Wet	5	46
					Dry	1	15
Picidae							
<i>Veniliornis passerinus</i> (Linnaeus. 1766)	Insectivores	Low	1.05	ESEC-AE	Wet	1	3
					Dry	1	6
Thamnophilidae							
<i>Thamnophilus caerulescens</i> Vieillot. 1816	Insectivores	Low	1.08	ESEC-AE	Dry	7	17
				FAL	Wet	3	6

Family <i>Frugivore species</i>	Food habit	Sensitivity to disturbances	Gape size (cm)	Forest	Season	Records	Eaten fruits
Pipridae							
<i>Antilophia galeata</i> (Lichtenstein. 1823)	Frugivores	Medium	1.17	ESEC-AE	Wet	6	8
					Dry	85	273
				FAL	Wet	157	254
					Dry	81	298
Tityridae							
<i>Schiffornis virescens</i> (Lafresnaye. 1838)	Omnivores	Medium	1.05	ESEC-AE	Dry	1	5
				FAL	Dry	3	27
<i>Tityra cayana</i> (Linnaeus. 1766)	Omnivores	Medium	1.64	FAL	Wet	3	4
Rhynchocyclidae							
<i>Leptopogon amaurocephalus</i> Tschudi. 1846	Insectivores	Medium	0.85	FAL	Wet	3	4
<i>Mionectes rufiventris</i> Cabanis. 1846	Omnivores	Medium	0.85	ESEC-AE	Dry	3	7
				FAL	Wet	12	37
					Dry	3	5
<i>Tolmomyias sulphurescens</i> (Spix. 1825)	Insectivores	Medium	1.16	ESEC-AE	Wet	5	20
					Dry	4	8
				FAL	Wet	1	1
Tyrannidae							
<i>Casiornis rufus</i> (Vieillot. 1816)	Insectivores	Medium	0.99	FAL	Dry	1	4

Family <i>Frugivore species</i>	Food habit	Sensitivity to disturbances	Gape size (cm)	Forest	Season	Records	Eaten fruits
<i>Colonia colonus</i> (Vieillot. 1818)	Insectivores	Low	0.95	FAL	Dry	1	5
<i>Elaenia</i> sp.	Insectivores	<i>Not applicable</i>	1.11	ESEC-AE	Wet	3	4
					Dry	2	11
<i>Elaenia chiriquensis</i> Lawrence. 1865	Insectivores	Low	0.98	ESEC-AE	Wet	1	1
				FAL	Wet	95	121
					Dry	111	181
<i>Elaenia cristata</i> Pelzeln. 1868	Insectivores	Medium	1.16	FAL	Dry	54	224
<i>Elaenia flavogaster</i> (Thunberg. 1822)	Insectivores	Low	1.16	ESEC-AE	Dry	17	79
				FAL	Wet	38	49
					Dry	52	110
<i>Elaenia mesoleuca</i> (Deppe. 1830)	Insectivores	Low	0.90	FAL	Wet	34	54
					Dry	15	41
<i>Elaenia obscura</i> (d'Orbigny & Lafresnaye. 1837)	Insectivores	Medium	1.03	FAL	Wet	11	15
					Dry	30	84
<i>Empidonomus varius</i> (Vieillot. 1818)	Insectivores	Low	1.22	ESEC-AE	Wet	1	1
					Dry	10	24
				FAL	Wet	41	59

Family <i>Frugivore species</i>	Food habit	Sensitivity to disturbances	Gape size (cm)	Forest	Season	Records	Eaten fruits
<i>Lathrotriccus euleri</i> (Cabanis. 1868)	Insectivores	Medium	0.91	ESEC-AE	Wet	1	2
				FAL	Dry	7	10
<i>Megarynchus pitangua</i> (Linnaeus. 1766)	Insectivores	Low	1.69	FAL	Wet	13	24
<i>Myiarchus</i> sp.	Insectivores	<i>Not applicable</i>	1.13	ESEC-AE	Dry	7	8
<i>Myiarchus ferox</i> (Gmelin. 1789)	Insectivores	Low	1.09	FAL	Wet	8	8
					Dry	3	6
<i>Myiarchus swainsoni</i> Cabanis & Heine. 1859	Insectivores	Low	1.13	FAL	Wet	2	2
<i>Myiarchus tyrannulus</i> (Statius Muller. 1776)	Insectivores	Low	1.15	ESEC-AE	Dry	5	18
<i>Myiodynastes maculatus</i> (Statius Muller. 1776)	Insectivores	Low	1.41	ESEC-AE	Dry	1	19
				FAL	Wet	11	15
<i>Myiopagis caniceps</i> (Swainson. 1835)	Insectivores	Medium	0.69	FAL	Dry	1	1
<i>Phaeomyias murina</i> (Spix. 1825)	Insectivores	Medium	0.82	ESEC-AE	Dry	1	3
<i>Phyllomyias fasciatus</i> (Thunberg. 1822)	Insectivores	Low	0.69	ESEC-AE	Wet	2	3
				FAL	Wet	75	109
					Dry	23	41
<i>Tyrannus albogularis</i> Burmeister. 1856	Insectivores	Low	1.40	ESEC-AE	Dry	2	6
<i>Tyrannus melancholicus</i> Vieillot. 1819	Insectivores	Low	1.35	FAL	Wet	23	29
<i>Tyrannus savana</i> Vieillot. 1808	Insectivores	Low	1.22	ESEC-AE	Dry	1	3
				FAL	Wet	3	3

Family <i>Frugivore species</i>	Food habit	Sensitivity to disturbances	Gape size (cm)	Forest	Season	Records	Eaten fruits
Vireonidae							
<i>Cyclarhis gujanensis</i> (Gmelin. 1789)	Insectivores	Low	1.00	ESEC-AE	Wet	2	3
					Dry	2	9
<i>Vireo chivi</i> (Vieillot. 1817)	Insectivores	Low	0.85	ESEC-AE	Wet	5	10
					Dry	9	24
					FAL	Wet	64
Corvidae							
<i>Cyanocorax cristatellus</i> (Temminck. 1823)	Omnivores	Medium	1.90	FAL	Dry	61	130
Poliophtilidae							
<i>Poliophtila dumicola</i> (Vieillot. 1817)	Insectivores	Medium	0.63	ESEC-AE	Dry	1	1
Turdidae							
<i>Catharus fuscescens</i> (Stephens. 1817)	Omnivores	Medium	0.93	FAL	Wet	26	37
<i>Turdus albicollis</i> Vieillot. 1818	Omnivores	Medium	1.21	FAL	Wet	15	26
					Dry	16	33
<i>Turdus amaurochalinus</i> Cabanis. 1850	Omnivores	Low	1.35	FAL	Wet	4	7
					Dry	2	2
<i>Turdus leucomelas</i> Vieillot. 1818	Omnivores	Low	1.51	ESEC-AE	Wet	41	111
					Dry	61	243

Family <i>Frugivore species</i>	Food habit	Sensitivity to disturbances	Gape size (cm)	Forest	Season	Records	Eaten fruits
				FAL	Wet	260	309
					Dry	145	399
<i>Turdus rufiventris</i> Vieillot. 1818	Omnivores	Low	1.40	ESEC-AE	Wet	13	39
					Dry	8	31
				FAL	Wet	31	62
					Dry	26	36
<i>Turdus subalaris</i> (Seebohm. 1887)	Omnivores	Low	1.35	ESEC-AE	Dry	35	130
				FAL	Wet	78	87
Mimidae							
<i>Mimus saturninus</i> (Lichtenstein. 1823)	Omnivores	Low	1.23	ESEC-AE	Dry	1	3
Passerellidae							
<i>Arremon flavirostris</i> Swainson. 1838	Omnivores	Medium	0.85	FAL	Wet	1	1
Thraupidae							
<i>Coereba flaveola</i> (Linnaeus. 1758)	Omnivores	Low	0.67	ESEC-AE	Wet	7	26
					Dry	1	1
				FAL	Wet	23	25
					Dry	9	9
<i>Cyanerpes cyaneus</i> (Linnaeus. 1766)	Omnivores	Low	0.71	FAL	Wet	1	1

Family <i>Frugivore species</i>	Food habit	Sensitivity to disturbances	Gape size (cm)	Forest	Season	Records	Eaten fruits
<i>Dacnis cayana</i> (Linnaeus. 1766)	Omnivores	Low	0.75	ESEC-AE	Wet	30	85
					Dry	3	11
				FAL	Wet	225	248
					Dry	53	98
<i>Hemithraupis guira</i> (Linnaeus. 1766)	Omnivores	Low	0.73	ESEC-AE	Wet	6	19
					Dry	4	12
				FAL	Wet	142	142
					Dry	49	78
<i>Lanio melanops</i> (Vieillot. 1818)	Omnivores	Medium	0.93	FAL	Wet	16	17
					Dry	4	12
<i>Lanio penicillatus</i> (Spix. 1825)	Omnivores	Medium	1.01	ESEC-AE	Wet	2	5
					Dry	2	24
				FAL	Wet	4	5
					Dry	3	11
<i>Nemosia pileata</i> (Boddaert. 1783)	Omnivores	Low	0.85	ESEC-AE	Dry	1	2
				FAL	Dry	3	9
<i>Pipraeidea melanonota</i> (Vieillot. 1819)	Omnivores	Low	0.77	FAL	Dry	3	15
<i>Ramphocelus carbo</i> (Pallas. 1764)	Omnivores	Low	1.27	ESEC-AE	Wet	1	1

Family	Food habit	Sensitivity to disturbances	Gape size (cm)	Forest	Season	Records	Eaten fruits
<i>Frugivore species</i>				FAL	Wet	6	7
					Dry	1	16
<i>Saltator sp.</i>	Omnivores	Low	1.19	ESEC-AE	Dry	2	7
<i>Saltator maximus</i> (Statius Muller. 1776)	Omnivores	Low	1.15	ESEC-AE	Wet	3	8
					Dry	13	44
				FAL	Wet	20	28
					Dry	5	14
<i>Saltator similis</i> d'Orbigny & Lafresnaye. 1837	Omnivores	Low	1.23	ESEC-AE	Wet	31	98
					Dry	67	390
				FAL	Wet	84	96
					Dry	120	391
<i>Schistochlamys melanopis</i> (Latham. 1790)	Omnivores	Low	1.11	ESEC-AE	Dry	1	4
				FAL	Wet	3	6
<i>Sporophila caerulescens</i> (Vieillot. 1823)	Granivores	Low	0.65	FAL	Dry	3	5
<i>Sporophila nigricollis</i> (Vieillot. 1823)	Granivores	Low	0.66	FAL	Dry	23	85
<i>Tachyphonus rufus</i> (Boddaert. 1783)	Omnivores	Low	0.96	ESEC-AE	Wet	22	99
					Dry	37	279
				FAL	Wet	56	62

Family <i>Frugivore species</i>	Food habit	Sensitivity to disturbances	Gape size (cm)	Forest	Season	Records	Eaten fruits
					Dry	34	70
<i>Tangara cayana</i> (Linnaeus. 1766)	Omnivores	Medium	0.91	ESEC-AE	Wet	67	174
					Dry	137	723
				FAL	Wet	119	131
					Dry	99	192
<i>Tangara palmarum</i> (Wied. 1823)	Omnivores	Low	1.00	FAL	Wet	15	22
					Dry	12	16
<i>Tangara sayaca</i> (Linnaeus. 1766)	Omnivores	Low	1.01	ESEC-AE	Wet	21	24
					Dry	1	2
				FAL	Wet	16	30
					Dry	31	81
<i>Tersina viridis</i> (Illiger. 1811)	Omnivores	Low	1.36	ESEC-AE	Wet	1	3
					Dry	23	47
				FAL	Wet	88	113
					Dry	4	9
<i>Thlypopsis sordida</i> (d'Orbigny & Lafresnaye. 1837)	Omnivores	Low	0.79	FAL	Dry	1	1

Family <i>Frugivore species</i>	Food habit	Sensitivity to disturbances	Gape size (cm)	Forest	Season	Records	Eaten fruits
Cardinalidae							
<i>Piranga flava</i> (Vieillot, 1822)	Omnivores	Low	1.15	FAL	Dry	1	1
				ESEC-AE	Dry	1	1
Fringillidae							
<i>Euphonia chlorotica</i> (Linnaeus. 1766)	Frugivores	Baixa	0.72	ESEC-AE	Wet	5	12
				FAL	Wet	33	33
					Dry	2	2
<i>Euphonia violacea</i> (Linnaeus. 1758)	Frugivores	Baixa	0.69	ESEC-AE	Wet	7	19
				FAL	Wet	6	6

CAPÍTULO 3

Seasonality and the structure of plant-frugivore networks in Neotropical savanna forest

Abstract

Complex frugivory networks are common in heterogeneous environments, but how the structure of those networks varies due to seasonality and other environmental factors remains unclear. For example, seasonal variation in rainfall can influence fruit production and diaspore traits, which could alter the quantity and quality of resources available to different animals in the network and, hence, network structure. How a frugivory network varied seasonally in Brazilian savanna (Cerrado) was investigated, where there are well-defined dry and wet seasons and higher fruit production during the rainy season. Fruit consumption by birds during the dry and wet seasons in two different gallery forests was recorded and these data were used to test the hypotheses that connectance, links per species and nestedness would be higher in the dry season than in the rainy season. Seed width and lipid content from diaspores of the fruiting trees were also measured to determine if these traits influenced interaction properties between fruiting trees and frugivores. Network parameters, including connectance, links per species and specialization, varied between seasons in one site but not in the other, suggesting that seasonal variation in networks is not necessarily consistent over time or space. The number of tree species with small diaspores with high lipid content differed between seasons, and those traits were key factors increasing the interaction parameter of fruiting trees. It suggests that network stability between seasons may be related to local frugivore diversity, resource availability, and fruit quality.

Key words: birds, Cerrado, food resource, lipid, specialization.

Introduction

The analysis of mutualistic networks is an important tool for understanding evolutionary processes and the maintenance of biodiversity (Bascompte & Jordano 2007). The ecological interactions represented in these networks can be quantified using metrics such as interaction strength, diversity, defined as the number of linked species, and graph structure, e.g., whether or not links are nested (Cruz *et al.* 2013; Saavedra *et al.* 2014). In general, networks with many links between species, i.e., high connectance, are “nested”. This means that interactions mostly involve generalist species with low resource specificity, generalist species with other generalists (i.e., “central core”), and generalist species with specialist species (Diaz-Castelazo *et al.* 2010).

Frugivory networks are a type of a mutualistic network characterized by low specificity (Carlo & Yang 2011) and diverse interactions that are a typical response to environmental heterogeneity. Interactions between frugivores and fruiting tree species have been shown to be influenced by the extent of forest stratification (Schleuning *et al.* 2011), variation in landscape types (Plein *et al.* 2013; Cruz *et al.* 2013; Hawes & Peres 2014), and human-induced edge effects (Saavedra *et al.* 2014). However, while seasonality may lead to variation in resources available to frugivores and, thereby, the strength and type of plant-frugivore interactions (Mulwa *et al.* 2013), how the structure of frugivory networks varies temporally remains surprisingly ambiguous (Gonzalez-Castro *et al.* 2012; Hawes & Peres 2014).

The structure of consumer-resource networks has been shown to respond to temporal variation in resources at annual (Alarcón *et al.* 2008) or seasonal time scales (Winemiller 1990; Akin & Winemiller 2006; Berg & Bengtsson 2007). However, the interactions, and hence network properties, may be more dependent on the local context (i.e., food availability) than on the unique characteristics of species involved (Perea *et al.* 2013). In frugivory networks, a seasonal increase in food availability could cause an increase in the number of interactions (Carnicer *et al.* 2009; Plein *et al.* 2013), thereby influencing seed dispersal (Gonzalez-Castro *et al.* 2012). Network structure can also vary temporally due to seasonal differences in the use of resources (Cruz *et al.* 2013; Santos *et al.* 2014) or seasonal patterns of rainfall (Takemoto *et al.* 2014). These results are not universal, however, because connectance can also remain unchanged between seasons (Winemiller 1990; Olesen *et al.* 2008) because of the high fruit abundance and long periods of fruiting that increase the likelihood of links between the species (Olesen *et al.* 2008).

Morphological and nutritional characteristics of fruits, which can vary between seasons, can influence fruit selection by frugivores (Howe 2016). For example, species that fruit in autumn in North America have larger seeds than species that produce fruit in other seasons (Piper 1986), while those in temperate regions of Europe can have smaller seeds after the migratory season (Eriksson & Ehrlén 1998). Similar variation can be observed in fruit nutritional quality – during the late autumn fruits can have high levels of protein (Johnson *et al.* 1985), while fruits can have high levels of lipids during the winter (Herrera 1982). In the tropics, the greatest fruit production occurs during the rainy season (Levey 1988), though it does vary seasonally with elevation (Loiselle & Blake 1991). This seasonality apparently influences characteristics of networks (Gonzalez-Castro *et al.* 2012; Hawes & Peres 2014) in ways that could potentially influence plant communities (Lange & Del-Claro 2014).

Despite attempts to determine if networks predict ecological outcomes (Carlo & Yang 2011), general conclusions regarding the influence of seasonality on the structure of frugivory networks remain elusive (Takemoto *et al.* 2014). In part this is because studies are based on qualitative data (i.e., does Frugivore A consume fruit of Plant 1; Schleuning *et al.* 2014) rather than data on the frequency of interactions (Vizentin-Bugoni *et al.* 2016). Second, most studies to date have been conducted in the temperate zone, where the limited diversity of frugivores can limit the range of potential interactions (Carnicer *et al.* 2009; Plein *et al.* 2013), or have limited analyses to only a subset of potential dispersers (Carnicer *et al.* 2009; Plein *et al.* 2013; Schleuning *et al.* 2014). Third, using techniques such as the analysis of fecal samples to assess consumption rather than observations of focal plants (Carnicer *et al.* 2009) can preclude the collection of data such as the number of fruits eaten, number of seeds dropped, time spent in a tree, etc. Fourth, studies that have collected data throughout a full year are uncommon (Plein *et al.* 2013) but essential because longer sampling can give more accurate estimates of, for example, connectivity (Vazquez & Aizen 2004) and modularity (Bosch *et al.* 2009). Finally, most studies rarely consider seasonality and diaspore traits simultaneously, despite the fact that traits like nutritional content help determine which species might feed on a particular fruit (Howe 2016).

Brazilian savannas, known broadly as Cerrado, are composed of different phytophysionomies (Oliveira-Filho & Ratter 2002), including gallery forests that border streams (Ribeiro & Walter 2008) and that support a high diversity of zoochoric plants (Kuhlmann & Ribeiro 2016). Marked seasonality in rainfall is typical of the region, which drives patterns of phenology and morphology - fruit production (Gouveia & Felfili 1998) and

seed size (Oliveira 2008) are greatest during the rainy season. In this environment, there is advantage of the high plant and frugivore seasonality, and seasonal variability in fruit traits to investigate how seasonality influences frugivory network parameters. The reduced food availability during the dry season will cause both generalist and specialist frugivores to feed on generalist fruiting tree species. This will lead to more links between species and nested interactions in the dry season, and more specialized and modular interactions during the wet season. Then seasonal differences in the relationship between diaspore morphology and nutritional content and plant-frugivore interactions were also tested.

Material and methods

Study areas

Fruit-frugivore interactions in two gallery forests about 40 km apart in Federal District, Brazil (Figure 1) was studied, where the dry season (average rainfall 800 mm) is from April-September and the wet season (average rainfall 2000 mm) is from October-March (Silva *et al.* 2008). The first gallery forests border two streams in the Águas Emendadas Ecological Station (ESEC-AE; 15°32'S 47°34'W, ~945 m a.s.l.), which is situated in the northwest portion of Federal District. ESEC-AE is a 10,547 ha protected area surrounded by highways and farms. The other gallery forests border two streams in the Água Limpa Experimental Farm (FAL, 15°57'S 47°56'W, ~1,097 m a.s.l.), which is located in the southwestern portion of the Federal District. The area is a University of Brasilia property (4,062 ha) and is adjacent to two other protected areas – the Brasilia Botanical Garden Ecological Station (5,000 ha) and the Ecological Reserve of Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE) (1,360 ha).

Trees are the most diverse life form of zoochoric plants in Brazilian savanna gallery forest (Kuhlmann & Ribeiro 2016). A survey of gallery forests (0.48 ha total area surveyed) in ESEC-AE, including the gallery forest that was visited by this study, identified 885 individuals from 77 zoochoric tree species (Haidar *et al.* 2013). A bird survey also in ESEC-AE recorded 266 species (60.6% of the total recorded in Federal District), including 16 endemic to Brazilian savanna (Bagno 1998; Lopes *et al.* 2005). A survey totaling 1-ha in a gallery forest inner FAL recorded 845 individuals of 64 zoochoric trees species (Oliveira *et al.* 2011). Bird surveys recorded 206 species (46.9% of the total known from Federal District) with 10 endemics (Braz & Cavalcanti 2001).

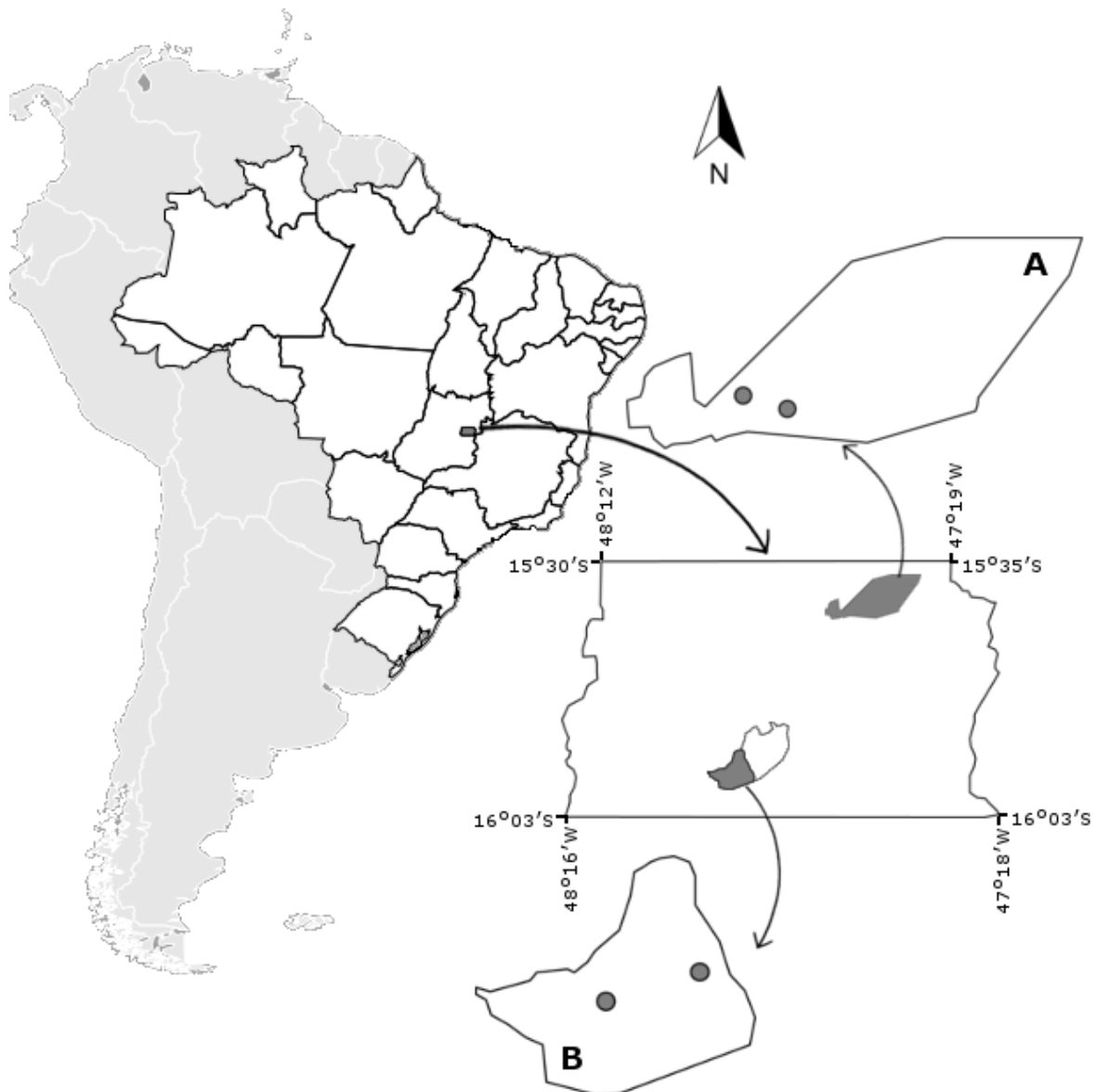


Figure 1. Locations of gallery forest study sites in different protected areas about 40 km apart in the Federal District, Brazil. A: Águas Emendadas Ecological Station (ESEC-AE), where the first gallery forest is located; B: Água Limpa Experimental Farm (FAL), where the second gallery forest is located (dashed line represents other protected areas next to FAL).

Data collection

Focal observations were conducted at 10 zoochoric fruiting trees at ESEC-AE from November 2013 to November 2014 (59 days in dry season and 45 days in wet season; observations by thesis author) and at 12 trees in FAL from March 1988 to January 1990 (50 days in dry season and 46 days in wet season; observations by Motta-Junior 1991). Observations started in early morning (about 0700 h) and finished late afternoon (1800 h).

Most individual trees were observed for a total of 32 h at FAL and 36 h at ESEC-AE, although three species in ESEC-AE were observed for 18, 24 and 26 h and two species in FAL for 10 and 15 h (Table 1). This number of hours is considered sufficient to document stable plant-animal interaction patterns (Vizentin-Bugoni *et al.* 2016).

In both forests, trees were located for focal observations by walking trails in the study areas and looking for trees with ripe fruits. Focal trees were located in flooded and unflooded patches of forest, both inside and at the edge of the gallery forests. Most fruiting tree species were represented by three (ESEC-AE) or up to six individuals (FAL). Individuals were chosen for observations based on the amount of fruits and good canopy visibility. Voucher specimens were collected from all focal trees and identified species by comparison with plants in University of Brasilia (UB) (ESEC-AE and FAL) and University of Campinas (UEC) (FAL) herbaria. Nomenclature for trees and frugivores follow Brazilian flora (<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>), checked by ‘flora’ package (version 0.2.7, <https://cran.r-project.org/web/packages/flora/index.html>) in software R (version 3.1.2, <http://www.R-project.org>), and Brazilian Ornithological Records Committee (CBRO 2014) or Annotated Checklist of Brazilian Mammals (Paglia *et al.* 2012), respectively.

Table 1. Sample effort - number of observed individuals and total observation time (h) - at zoochoric fruiting trees in two different forests (ESEC-AE and FAL).

Species	Family	Number of individuals	Time of observation (h)
ESEC-AE			
<i>Cupania vernalis</i> Cambess.	Sapindaceae	3	43
<i>Emmotum nitens</i> (Benth.) Miers	Icacinaceae	2	36
<i>Euterpe edulis</i> Mart.	Arecaceae	3	35
<i>Guarea guidonia</i> (L.) Sleumer	Meliaceae	3	24
<i>Magnolia ovata</i> (A.St.-Hil.) Spreng.	Magnoliaceae	2	18
<i>Micropholis venulosa</i> (Mart. & Eichler) Pierre	Sapotaceae	3	35
<i>Protium spruceanum</i> (Benth.) Engl.	Burseraceae	3	42
<i>Richeria grandis</i> Vahl	Phyllanthaceae	3	36
<i>Virola sebifera</i> Aubl.	Myristicaceae	2	26
<i>Xylopia emarginata</i> Mart.	Annonaceae	3	40
FAL			
<i>Alchornea glandulosa</i> Poepp. & Endl.	Euphorbiaceae	3	32
<i>Amaioua guianensis</i> Aubl.	Rubiaceae	6	32
<i>Cabrlea canjerana</i> (Vell.) Mart.	Meliaceae	2	32
<i>Guatteria sellowiana</i> Schtdl.	Annonaceae	3	32
<i>Mauritia flexuosa</i> L.f.	Arecaceae	2	10
<i>Miconia cuspidata</i> Naudin	Melastomataceae	4	32
<i>Mouriri glazioviana</i> Cogn.	Melastomataceae	2	32
<i>Protium spruceanum</i> (Benth.) Engl.	Burseraceae	3	32
<i>Richeria grandis</i> Vahl	Phyllanthaceae	1	15
<i>Schefflera morototoni</i> (Aubl.) Maguire <i>et al.</i>	Araliaceae	4	32
<i>Virola sebifera</i> Aubl.	Myristicaceae	5	32
<i>Xylopia aromatica</i> (Lam.) Mart.	Annonaceae	2	32

Binoculars 10x50 mm (Bushnell®) (ESEC-AE) and 8x30 mm (Carl Zeiss®) (FAL) were used to make observations; observations were recorded on field spreadsheets (ESEC-AE) or with voice recorders (FAL). Frugivores were identified based on morphology and vocalizations, using field guides (e.g. Meyer de Schauensee 1970; Dunning 1982; Gwynne *et al.* 2010) and the University of São Paulo and University of Brasília zoological museum collections. The identity of frugivores and the number of fruits eaten during a visit were recorded. Frugivores were recorded if they ate at least one fruit (Appendix 1). After a frugivore left a fruiting tree, new foraging records for that species were recorded only after 5 min had passed, if there was only one individual of that species in the tree. If the species was represented by more than one individual in the tree, the 5-min rule was ignored and each individual was treated as a separate observation. Data were collected after the observer was in the place for 5 min at a distance of at least 15 m from the focal fruiting tree.

A total of 100 (ESEC-AE) and 30 (FAL) fruits from three individuals of each focal tree species (about 30 and 10 fruits per individual) were collected. Fruits and seeds were measured (length, width) with metal callipers (0.1 mm) and weighed with a precision balance (0.0001 g). Only seed width was used in subsequent analyses because all morphological data were highly correlated (r^2 higher than 0.4 and $p < 0.01$). Pulp, including pericarp and aril, was removed from fruits and stored frozen for later chemical analyses. The total lipid content of fruits collected in ESEC-AE was determined by the gravimetric method (Melo *et al.* 2015). Triplicate samples previously dried on lyophilizer for 48 h were pulverized using a mortar and pestle. A sample of 50 mg was extracted with 2 mL of organic solvent hexane and placed in an ultrasound bath for 15 min. The supernatant was removed and a new extraction carried out twice more. The total solvent volume was evaporated at the chapel in a laminar flow hood for 48 h and the content of lipid estimated in a precision balance (0.0001g). The lipid content of *Xylopia emarginata* Mart. and *Guarea guidonia* (L.) Sleumer could not be measured due to the low amount of aril collected. These data were obtained from other studies (genus *Xylopia*, Christianini *et al.* 2012; *Guarea*, Lamperti *et al.* 2014). In general, there is no significant variation in this trait between species from the same genus (Jordano 1995).

The lipid content of fruits collected in FAL was quantified according to standard methods (Folch *et al.* 1957). Homogenized ripe fruit from each species was used to obtain 200 mg of dry pulp or macerated aril. Only the employed organic solvent was modified in this method (distilled pure hexane instead of chloroform solution in methanol 1:2). The lipid content for *Alchornea glandulosa* Poepp. & Endl. and *Xylopia aromatica* (Lam.) Mart. could

not determine and these data were obtained from other studies (*Alchornea glandulosa*, Pizo & Oliveira 2001; genus *Xylopia*, Christianini *et al.* 2012).

Statistical analyses

Interaction matrices, with fruiting trees as rows and species as columns, were used to construct a fruit-frugivore network for each season (dry and wet) and forest (ESEC-AE and FAL). The data used to fill these matrices were numbers of fruits eaten by each species from each tree. Five network parameters were used (Carlo & Yang 2011): modularity (M, ranges from 0 to 1), nestedness (NODF, nested overlap and decreasing fill; ranges from 0 to 100), number of links per species (sum of links divided by number of species), specialization (H_2 , ranges from 0 to 1) and connectance (ranges from 0 to 1). Modularity represents the non-random interactions between groups of species that form, in this way, significant modules. Nestedness measures how the observed pattern of interactions deviates from a perfectly nested pattern of interactions or, in other words, to what extent the observed links were not uniformly distributed among species. NODF was used to measure this parameter as it is most consistent among the usual measures of nestedness (Almeida-Neto *et al.* 2008). H_2 is derived from the Shannon diversity index of network links (Blüthgen *et al.* 2006) and considers the deviation of observed interactions from interactions without apparent specialization of fruiting trees and animals (null distribution). Connectance is the proportion of observed in relation to all possible links between fruiting trees and animals. The significance of these parameters was tested by using null models with 1,000 replicates (type II) (Bascompte *et al.* 2003).

Confidence intervals (CI) were used to compare parameters between seasons in each forest. Confidence intervals were obtained by running 1,000 bootstrap iterations with replacement (Schleuning *et al.* 2011). Random databases were produced with the same amount of observed records per month in each season. Then, randomly sampled matrices were formed and the network parameters were calculated. Random values were used of each network parameter to obtain the CI by quantiles 95% (interval between 2.5% and 97.5%).

Generalized linear models were fitted with lipid content and seed width as explanatory variables and interaction properties of fruiting trees (species strength) as response variable to determine if coefficients for the explanatory variables were significantly different from zero. Species strength is the sum of interaction strength values of a fruiting tree with all animal species and interaction strength is the relative interaction between a fruiting tree and a particular animal (interaction value between fruiting tree and animal divided by total

interactions of the animal). When the tree had interactions in both networks (dry and wet), the species strength obtained from the network in which this tree had a higher number of interactions was used. The values of species strength were square-root transformed in ESEC-AE and FAL models because of high variation in values for lipid in ESEC-AE and FAL and for seed width in FAL (Table 2).

Table 2. Average and standard deviation (without square-root transformation) for each variable used in generalized linear models, by forest (ESEC-AE and FAL) and season (W, Wet; D, Dry).

	ESEC-AE-W	ESEC-AE-D	FAL-W	FAL-D
Tree species strength	10.39(\pm 7.33)	9.47(\pm 4.43)	11.44(\pm 4.9)	8.66(\pm 7.76)
Lipid (%)	8.93(\pm 8.37)	42.35(\pm 12.28)	40.45(\pm 29.9)	15.9(\pm 9.86)
Seed width (cm)	0.67(\pm 0.25)	0.55(\pm 0.11)	0.62(\pm 0.2)	0.57(\pm 0.69)

Simple linear models were discarded because of lack of normality for the residuals and homoscedasticity between the explanatory variables. The full model of each forest included interaction terms between content of lipid and seed width plus interaction with seasons in order to evaluate the effect of seasonality. The significance of this full model was tested by comparison with a model without interaction between content of lipid and seed width (F test). The ratio of the residual deviance to the residual degrees of freedom was compared with the expected dispersion parameters to test if the models provide a good fit to the data.

All network analyses were run using the “bipartite” package (Dormann *et al.* 2009); other analyses were done using the “stats” package in software R.

Results

The wet-season network in ESEC-AE included six tree species and 32 animal species (34% exclusive species); the dry-season network comprised six tree species and 37 animal species (40% exclusive species) (Figure 2). The wet season network in FAL was composed of eight tree species and 50 animals (40% exclusive species) and the dry season network comprised nine fruiting tree species and 43 animals (33% exclusive species) (Figure 3). The 10 most common frugivore species (core group) shared five species between seasons in ESEC-AE (Figure 2) and six in FAL (Figure 3).

Connectance, specialization and links per species were different between seasons (CIs did not overlap) in ESEC-AE as expected by our hypothesis. However, no network parameter differed between seasons in FAL (Table 3).

All patterns from wet and dry seasons in ESEC-AE and FAL were significantly different from null models ($p < 0.05$), except nestedness for wet ($p = 0.11$) and modularity for dry ($p = 0.25$) in ESEC-AE, and nestedness for wet ($p = 0.39$) and modularity for wet ($p = 0.11$) and dry ($p = 0.32$) in FAL. Fruiting tree species strength differed between seasons in ESEC-AE (Dry-Wet, Estimate = -17.37; $t = -25.32$; $p < 0.01$; Residual deviance = 0.60 on 92 degrees of freedom) and FAL (Dry-Wet, Estimate = 2.91; $t = 6.69$; $p < 0.01$; Residual deviance = 8.07 on 201 degrees of freedom) showing increased interaction by trees in dry (ESEC-AE) and wet (FAL) seasons. Morphology (seed width) and nutritional content (lipid) of the diaspore were related with interactions of the frugivory networks (fruiting trees species strength) in different ways in each season (Table 4). Lipid-rich species with low variation in seed width were more common in ESEC-AE during dry season and in FAL during wet season (Table 2).

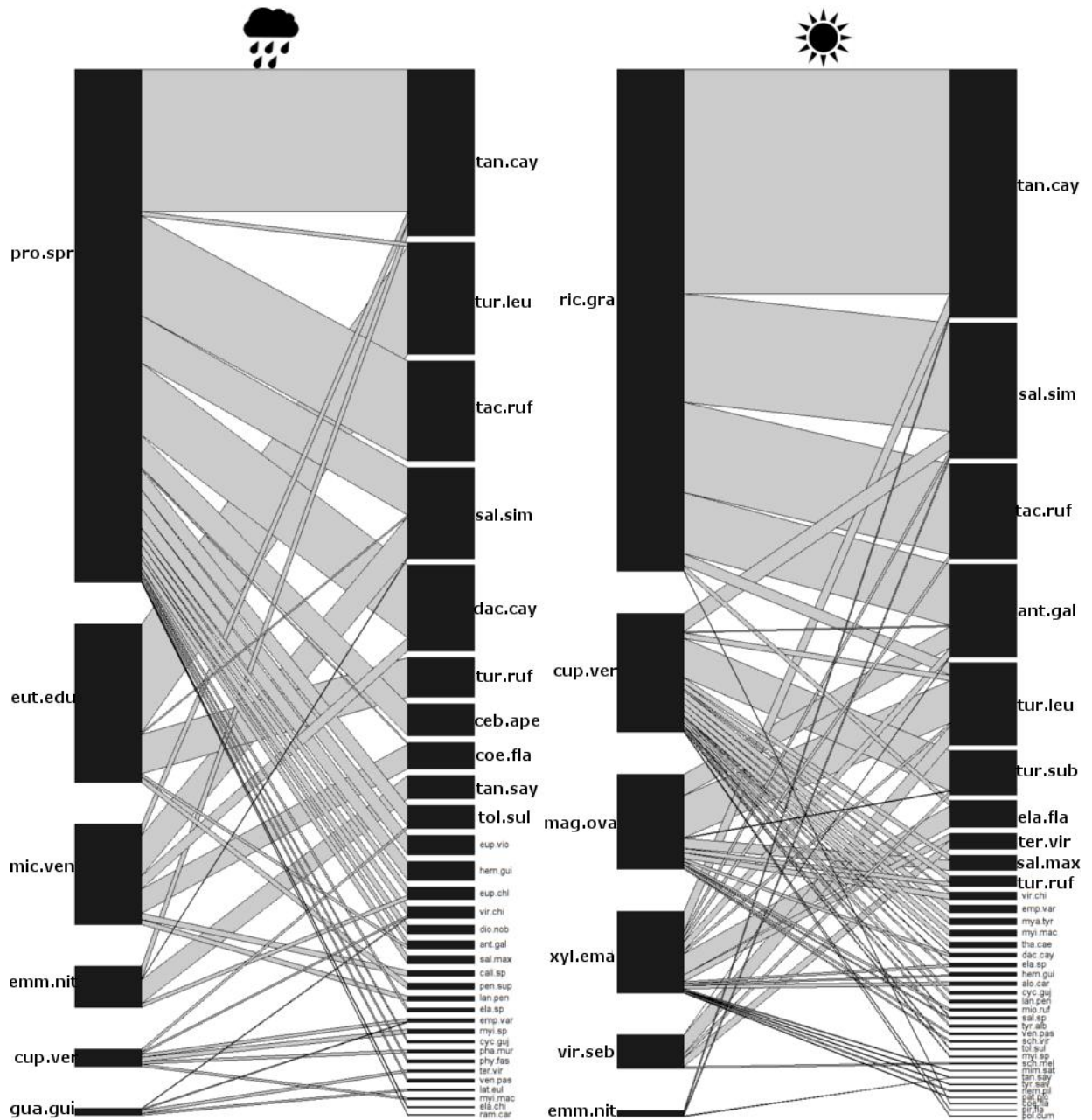


Figure 2. Frugivory network for wet (left) and dry (right) seasons in gallery forest, ESEC-AE: fruiting tree species at left and animals at right. The 10 commonest frugivore species are in bold. Trees, cup.ver: *Cupania vernalis*; emm.nit: *Emmotum nitens*; eut.edu: *Euterpe edulis*; gua.gui: *Guarea guidonea*; mag.ova: *Magnolia ovata*; mic.ven: *Micropholis venulosa*; pro.spru: *Protium spruceanum*; ric.gra: *Richeria grandis*; vir.seb: *Viola sebifera*; xyl.ema: *Xylopia emarginata*. Animals, ant.gal: *Antilophia galeata*; ceb.ape: *Sapajus apella*; coe.fla: *Coereba flaveola*; dac.cay: *Dacnis cayana*; ela.fla: *Elaenia flavogaster*; sal.max: *Saltator maximus*; sal.sim: *Saltator similis*; tac.ruf: *Tachyphonus rufus*; tan.cay: *Tangara cayana*; tan.say: *Tangara sayaca*; ter.vir: *Tersina viridis*; tol.sul: *Tolmomyias sulphurescens*; tur.leu: *Turdus leucomelas*; tur.ruf: *Turdus rufiventris*; tur.sub: *Turdus subalaris*.

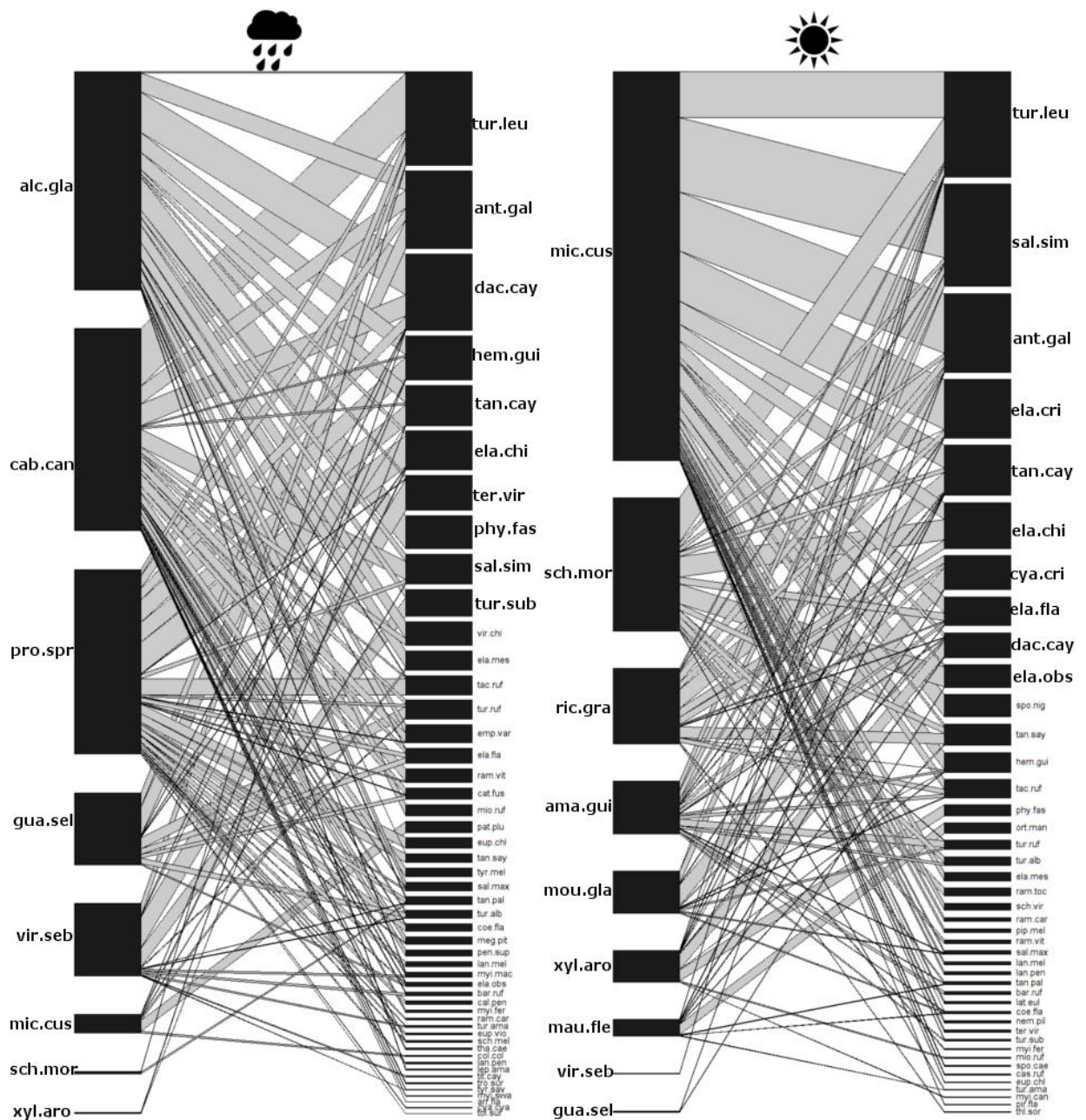


Figure 3. Frugivory network for wet (left) and dry (right) seasons in gallery forest, FAL: fruiting tree species at left and animals at right. The 10 commonest frugivores species are in bold. Trees, alc.gla: *Alchornea glandulosa*; ama.gui: *Amaioua guianensis*; cab.can: *Cabralea canjerana*; gua.sel: *Guatteria sellowiana*; mau.fle: *Mauritia flexuosa*; mic.cus: *Miconia cuspidata*; mou.gla: *Mouriri glaziioviana*; pro.spru: *Protium spruceanum*; ric.gra: *Richeria grandis*; sch.mor: *Schefflera morototoni*; vir.seb: *Virola sebifera*; xyl.aro: *Xylopiya aromatica*. Animals, ant.gal: *Antilophia galeata*; cya.cri: *Cyanocorax cristatellus*; dac.cay: *Dacnis cayana*; ela.chi: *Elaenia chiriquensis*; ela.cri: *Elaenia cristata*; ela fla: *Elaenia flavogaster*; ela.obs: *Elaenia obscura*; hem.gui: *Hemithraupis guira*; phy.fas: *Phyllomyias fasciatus*; sal.sim: *Saltator similis*; tan.cay: *Tangara cayana*; ter.vir: *Tersina viridis*; tur.leu: *Turdus leucomelas*; tur.sub: *Turdus subalaris*.

Table 3. Networks parameters for each gallery forest (ESEC-AE; FAL) and season (W, Wet; D, Dry) with confidence interval by 95% quantiles obtained by randomization with replacement (1,000 bootstrap samples). H_2 = specialization.

	Connectance	Links per species	H_2	Nestedness (NODF)	Modularity
ESEC-AE-W	0.24 (0.21-0.25)	1.21 (1.03-1.22)	0.73 (0.68-0.82)	18.61 (11.34-25.53)	0.45 (0.39-0.51)
ESEC-AE-D	0.28 (0.26-0.3)	1.46 (1.31-1.51)	0.55 (0.53-0.63)	23.73 (19-27.39)	0.34 (0.29-0.42)
FAL-W	0.28 (0.25-0.32)	1.96 (1.76-1.94)	0.51 (0.49-0.57)	31.03 (25.86-32.64)	0.261 (0.12-0.44)
FAL-D	0.28 (0.24-0.33)	2.08 (1.79-2.04)	0.44 (0.44-0.53)	30.57 (27.16-33.79)	0.2 (0.12-0.42)

Table 4. Significant explanatory variables and respective interactions to fruiting trees species strength in generalized linear models for each gallery forest (ESEC-AE; FAL) according different seasons (wet and dry, dry as intercept).

	Source of variation	Estimate	T value
ESEC-AE	Wet, Lipid	3.18	26.53
	Wet, Seed width	36.82	23.18
	Wet, Lipid:Seed width	-6.04	-25.07
FAL	Wet, Lipid	-0.41	-5.59
	Wet, Seed width	-3.85	-6.93
	Wet, Lipid:Seed width	0.50	5.07

Discussion

Network parameters, including connectance, links per species and specialization, varied between seasons in ESEC-AE but not in FAL, indicating that seasonal variation in networks is not necessarily consistent over time or space. In Brazilian savannas, seasonality in availability of resources (higher in wet season) (Gouveia & Felfili 1998) and in mutualistic interactions (Del-Claro & Oliveira 2000) can affect fruit-frugivore interactions. Greater availability of fruits in one season may, for example, lead to increased richness and abundance of frugivores (Mulwa *et al.* 2013). Fruits can be an important available source of food in dry seasons and, therefore, may lead to an increase in connectance, links per species and generalization (low specialization). On the other hand, the presence of other food types, including fruits produced by shrubs or other, unsampled, trees or invertebrates, can also influence the interactions in networks (Gonzalez-Castro *et al.* 2012), decreasing connectance and links per species and increasing specialization, as was seen in the ESEC-AE network during the wet season. Insectivorous animals were recorded less often in the wet season than in the dry season network in this forest (*pers. observ.*), most likely because of the greater availability of insect prey in the wet season. In Brazilian savannas, three insect orders were most abundant during the wet season (Pinheiro *et al.* 2002) and all orders that were sampled, except Diptera, were more abundant at the beginning of the rainy season (Silva *et al.* 2011). Thus, some insectivores can eat fruits instead of insects in dry season, if fruits are easier to catch than insects, according to optimal foraging theory (Hughes 1993). Moreover, diaspore traits (e.g. small size) (Howe 2016) and high abundance of fruits and fruit-eating animals (Plein *et al.* 2013; Hawes & Peres 2014), in addition to a long fruiting season (Gonzalez-Castro *et al.* 2012), can increase the interactions and, thus, help explain the differences between seasons.

Some network parameters, however, such as specialization in FAL, did not differ between seasons. Frugivores can use resources from a wide range of fruiting trees and fruiting trees can be visited by a diverse community of vertebrates (Hawes & Peres 2014). As a consequence, low levels of specialization and high connectance are characteristics of some fruit–frugivore networks (Bascompte & Jordano 2007), regardless of seasonality (Santos *et al.* 2014). The large number of frugivore species that was recorded in FAL can also explain the lack of seasonal differences in networks in that forest. For example, there were many omnivores birds in both seasons (28 species in each season, about 60% of the total, *pers. observ.*). That guild of birds can interact with many fruiting trees and influence connectance

and links per species (Baiser *et al.* 2012). Moreover, migratory birds can be abundant in Brazilian savannas between the end of dry season and the middle of wet season (Negret 1988) and may, as a consequence, be able to influence connectance and other metrics in both seasons.

Variation in the structure of ecological networks may be also influenced by urbanization and other anthropogenic disturbances (Sebastián-González *et al.* 2014) that can decrease the richness of frugivores (Gonzalez-Castro *et al.* 2012) and seed removal rates (Boissier *et al.* 2014). Frugivory networks in perturbed forests can therefore be less stable over time (Dupont *et al.* 2009). Most frugivores recorded in ESEC-AE were small species that can consume a smaller set of fruits given the limitation of gape size (Galetti *et al.* 2013). Thus, large frugivores can exert a greater influence on network parameters such as links per species (more) and specialization (less). In FAL, seven large frugivores were recorded -- six birds and one monkey -- with substantial contributions to networks mainly in dry season (e.g. *Cyanocorax cristatellus* (Temminck, 1823), among the 10 most common frugivores). The data used to construct FAL networks were collected between 1988 and 1990; at that time the human environmental impacts in this region might have been lower (Klink & Machado 2005). Moreover, other forests linked or close to FAL may have had a positive influence on overall species richness because of the relation between frugivore richness and large protected areas (Galetti *et al.* 2013). On the other hand, the difference in the frugivore community between two forests also may be affected by local environmental conditions which cause variation in fruit ripening times and fruit availability (Moran & Catterall 2014). Frugivore frequency was higher in both seasons in FAL than in ESEC-AE (amount of frugivores in networks) and there were few hours of observation without any records of fruit-eating by animals in that forest.

Species composition and abundance of frugivores varied between seasons in both forests. These changes in the frugivore community may represent new trophic strategies and thereby lead to changes in networks parameters, as seen in ESEC-AE (Baiser *et al.* 2012). In FAL, however, the large number of species that interact with plants can mean greater overlap among species in ecological functionality. This greater overlap means that the networks may be insensitive to some changes in abiotic factors and, consequently, may remain stable over time (Dupont *et al.* 2009).

Furthermore, nestedness, although common in tropical plant-animal networks (Sebastián-González *et al.* 2014), was not significant in the wet season in either forest. The presence of interactions between specialists may be responsible for this result. Specialist frugivores consume a fixed and small subset of fruiting species (Gonzalez-Castro *et al.* 2012).

Also, restricted interactions with few plant species can change some generalist animals into specialists (Armbruster 2006). Thus, the number of fruiting trees in the gallery forests probably was not enough to define a core interaction group and, hence, to result in significant nestedness in the network. Specialist species may also be responsible for the significant modularity seen in the wet-season network in ESEC-AE. Modularity is typically low in tropical ecosystems because of increased interactions with generalist frugivores (Schleuning *et al.* 2014). Thus, the absence of significant modularity in FAL indicates more generalized interactions, or that all fruits are being eaten by a wide range of frugivores, a condition which may be common to fruit-frugivore interactions (Howe 2016) regardless of season. In this way, nestedness and modularity may not be related to precipitation seasonality (Sebastián-González *et al.* 2014), as in the networks from both forests analyzed in this study.

The species strength for fruiting trees varied over time and responded differently between seasons according to the lipid content and seed width of fruits found in gallery forests included in this study. In seasons where the presence of fruits with high lipid content was low, this nutrient was significantly related to greater increase of species strength. In ESEC-AE and in FAL, there was a greater presence of small diaspores with high lipid content in the dry and wet seasons, respectively, which can explain the positive relation between the interaction of lipid content and seed width with fruiting trees species strength. The fruiting process in different seasons can be affected by different biotic and physical factors that can influence fruit traits (Piper 1986) and, hence, the interactions with frugivores (Hawes & Peres 2014).

Seed width was an important influence on tree species strength in seasonal networks where the range of this measure was higher. However, that range may not have been enough to limit interactions with frugivores (Galetti *et al.* 2013). It can be associated with variation in fruit size (correlation between seed size and fruit size, $r^2 > 0.6$; $p < 0.01$) which may represent an increase in available resources and attract, in this way, more consumers (Piper 1986). Small diaspores with high lipid content are associated with frugivorous birds and increased seed dispersal chances (Jordano 1995). Birds were the most common frugivores in our networks and they may choose lipid-rich fruits rather than those rich in other nutrients, since lipids are negatively correlated with fruit carbohydrate content (Schaefer *et al.* 2014). Lipids may be more important in specific seasons such as before or during migration (Loiselle & Blake 1991). The consumption of specific fruits to supply seasonal nutritive needs is common in birds (Gonzalez-Castro *et al.* 2012). Moreover, some species always look for lipid-rich fruits, accumulating this nutrient throughout the year (Loiselle & Blake 1991). Nevertheless, lipids

also may not vary seasonally and were not related with frugivore choice (Piper 1986). Sometimes, random choices are behind fruit consumption (Poston & Middendorf 1988). Plant species with smaller seeds are important to network structure (Vidal *et al.* 2014) because they attract a generalist set of frugivore species (Hawes & Peres 2014). Furthermore, the diaspore size is also important to define specialized interactions because birds and mammals differed significantly in their preference for fruit size (David *et al.* 2015).

Though there is caution about extrapolating these results beyond gallery forest, it suggests that despite very strong seasonality, tropical frugivory networks may not vary seasonally. Future studies testing for seasonal variation in structure should survey multiple sites simultaneously to control for annual variation in fruit production. Moreover, there may be a strong phylogenetic signal among fruiting trees and frugivores that consume their fruits, which may influence some network parameters (Rezende *et al.* 2007) irrespective of seasonality. Finally these results emphasize that when using the results of network analyses to draw conclusions for conservation and management, the local diversity of frugivores and resource availability may have much greater effects than those of seasonality on community-wide trends in these key plant-animal interactions.

References

- Akin, S. & Winemiller, K.O. 2006. Seasonal variation in food web composition and structure in a temperate tidal estuary. **Estuaries Coasts** **29**: 552-567.
- Alarcón, R.; Waser, N.M. & Ollerton, J. 2008. Year-to-year variation in the topology of a plant-pollinator interaction network. **Oikos** **117**: 1796-1807.
- Almeida-Neto, M.; Guimarães, P.; Guimarães-Jr, P.R.; Loyola, R.D. & Ulrich, W. 2008. A consistent metric for nestedness analysis in ecological systems: reconciling concept and measurement. **Oikos** **117**: 1227-1239.
- Armbruster, W.S. 2006. Evolutionary and ecological aspects of specialized pollination: views from the Arctic to the Tropics. *In*: Waser, N.M. & Ollerton, J. (Ed.) **Plant–Pollinator Interactions, from Specialization to Generalization**. University of Chicago Press. Chicago. Pg, 260–282.

- Bagno, M.A. 1998. As aves da estação ecológica de águas emendadas. *In*: Marinho-Filho, J.; Rodrigues, F. & Guimarães, M. (Ed.) **Vertebrados da estação ecológica de águas emendadas – História natural e Ecologia em um fragmento de Cerrado do Brasil Central**. SEMATEC, IEMA e IBAMA. Brasília. Pg. 22-33.
- Baiser, B.; Gotelli, N.J.; Buckley, H.L.; Miller, T.E. & Ellison, A.M. 2012. Geographic variation in network structure of a nearctic aquatic food web. **Global Ecology and Biogeography** **21**: 579-591
- Bascompte, J. & Jordano, P. 2007. Plant-animal mutualistic networks: The architecture of biodiversity. **Annual Review of Ecology Evolution and Systematics** **38**: 567-593.
- Bascompte, J.; Jordano, P.; Melian, C.J. & Olesen, J.M. 2003. The nested assembly of plant–animal mutualistic networks. **Proceedings of the National Academy of Sciences** **100**: 9383–9387.
- Berg, M.P. & Bengtsson, J. 2007. Temporal and spatial variability in soil food web structure. **Oikos** **116**: 1789-1804.
- Blüthgen, N.; Menzel, F. & Blüthgen, N. 2006. Measuring specialization in species interaction networks. **BMC Ecology** **6**: 9-12.
- Boissier, O.; Bouiges, A.; Mendoza, I.; Feer, F. & Forget, P.M. 2014. Rapid Assessment of Seed Removal and Frugivore Activity as a Tool for Monitoring the Health Status of Tropical Forests. **Biotropica** **46**: 633-641.
- Bosch, J.; Gonzalez, A.M.M.; Rodrigo, A. & Navarro, D. 2009. Plant-pollinator networks: adding the pollinator's perspective. **Ecology Letters** **12**: 409-419.
- Braz, V.S. & Cavalcanti, R.B. 2001. A representatividade de áreas protegidas do Distrito Federal na conservação da avifauna do Cerrado. **Ararajuba** **9**: 61-69.

- Carlo, T.A. & Yang, S. 2011. Network models of frugivory and seed dispersal: challenges and opportunities. **Acta Oecologica** **37**: 619-624.
- Carnicer, J.; Jordano, P. & Melian, C.J. 2009. The temporal dynamics of resource use by frugivorous birds: a network approach. **Ecology** **90**: 1958-1970.
- CBRO-Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos. 2014. **Listas das aves do Brasil**. 11st Edition. 1/1/2014. Available at: www.cbro.org.br.
- Christianini, A.V.; Mayhé-Nunes, A.J. & Oliveira, P.S. 2012. Exploitation of fallen diaspores by ants: are there ant-plant partner choices? **Biotropica** **44**: 360-367.
- Cruz, J.C.; Ramos, J.A.; da Silva, L.P.; Tenreiro, P.Q. & Heleno, R.H. 2013. Seed dispersal networks in an urban novel ecosystem. **European Journal of Forest Research** **132**: 887-897.
- David, J.P.; Manakadan, R. & Ganesh, T. 2015. Frugivory and seed dispersal by birds and mammals in the coastal tropical dry evergreen forests of southern India: A review. **Tropical Ecology** **56**: 41-55.
- Del-Claro, K. & Oliveira, P.S. 2000. Conditional outcomes in a neotropical treehopper-ant association: temporal and species-specific variation in ant protection and homopteran fecundity. **Oecologia** **124**: 156-165.
- Diaz-Castelazo, C.; Guimaraes-Jr., P.R.; Jordano, P.; Thompson, J.N.; Marquis, R.J. & Rico-Gray, V. 2010. Changes of a mutualistic network over time: reanalysis over a 10-year period. **Ecology** **91**: 793-801.
- Dormann, C.F.; Fründ, J.; Blüthgen, N. & Gruber, B. 2009. Indices, graphs and null models: analyzing bipartite ecological networks. **The Open Ecology Journal** **2**: 7-24.
- Dunning, J.S. 1982. **South American land birds**. Harrowood Books. Newtown square.

- Dupont, Y.L.; Padrón, B.; Olesen, J.M. & Petanidou, T. 2009. Spatio-temporal variation in the structure of pollination networks. **Oikos** **118**: 1261-1269.
- Eriksson, O. & Ehrlén, J. 1998. Phenological adaptations in fleshy vertebrate-dispersed fruits of temperate plants. **Oikos** **82**: 617-621.
- Folch, J.; Lees, M. & Sloane-Stanley, G.H. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. **Journal of Biological Chemistry** **226**: 497-509.
- Galetti, M.; Guevara, R.; Côrtes, M.C.; Fadini, R.; Von Matter, S.; 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.
- Gonzalez-Castro, A.; Yang, S.; Nogales, M. & Carlo, T.A. 2012. What determines the temporal changes of species degree and strength in an oceanic island plant-disperser network? **Plos One** **7**: e41385.
- Gouveia, G.P. & Felfili, J.M. 1998. Fenologia de comunidades de cerrado e de mata de galeria no Brasil central. **Revista Árvore** **22**: 443-450.
- Gwynne, J.A.; Ridgely, R.S.; Tudor, G. & Argel, M. 2010. **Aves do Brasil - Pantanal & Cerrado**. Editora Horizonte. Wildlife Conservation Society. São Paulo.
- Haidar, R.F.; Felfili, J.M.; Damasco, G.; Brandão, M.M.V.; Carneiro, D.C.; Lobo, R.N.; Amaral, A.G. & Silveira, I.M. 2013. Florística, estrutura e diversidade da mata de galeria da Estação Ecológica de Águas Emendadas ESEC-AE. Brasil Central. **Heringeriana** **7**: 33-49.
- Hawes, J.E. & Peres, C.A. 2014. Fruit-frugivore interactions in Amazonian seasonally flooded and unflooded forests. **Journal of Tropical Ecology** **30**: 381-399.

- Herrera, C.M. 1982. Seasonal-variation in the quality of fruits and diffuse coevolution between plants and avian dispersers. **Ecology** **63**: 773-785.
- Howe, H.F. 2016. Making dispersal syndromes and networks useful in tropical conservation and restoration. **Global Ecology and Conservation** **6**: 152–178.
- Hughes, R.N. 1993. Basic optimal diet theory. *In*: Hughes, R.N. (Ed.). **Diet selection: an interdisciplinary approach to foraging behaviour**. Blackwell Scientific Publications. Oxford. Pp. 1-9.
- Johnson, R.A.; Willson, M.F.; Thompson, J.N. & Bertin, R.I. 1985. Nutritional values of wild fruits and consumption by migrant frugivorous birds. **Ecology** **66**: 819-827.
- Jordano, P. 1995. Angiosperm fleshy fruits and seed dispersers: a comparative analysis of adaptation and constraints in plant-animal interaction. **The American Naturalist** **145**: 163-191.
- Klink, C.A. & Machado, R.B. 2005. A conservação do Cerrado brasileiro. **Megadiversidade** **1**: 147-155.
- Kuhlmann, M. & Ribeiro, J.F. 2016. Evolution of seed dispersal in the Cerrado biome: ecological and phylogenetic considerations. **Acta Botanica Brasilica** **30**: 271-282.
- Lamperti, A.M.; French, A.R.; Dierenfeld, E.S.; Fogiel, M.K.; Whitney, K.D.; Stauffer, D.J.; Holbrook, K.M.; Hardesty, B.D.; Clark, C.J.; Poulsen, J.R.; Wang, B.C.; Smith, T.B. & Parker, V.T. 2014. Diet selection is related to breeding status in two frugivorous hornbill species of Central Africa. **Journal of Tropical Ecology** **30**: 273-290.
- Lange, D. & Del-Claro, K. 2014. Ant-plant interaction in a tropical savanna: may the network structure vary over time and influence on the outcomes of associations? **Plos One** **9**: e105574.

- Levey, D.J. 1988. Spatial and temporal variation in Costa Rican fruit and fruit-eating bird abundance. **Ecological Monographs** **58**: 251-269.
- Loiselle, B.A. & Blake, J.G. 1991. Temporal variation in birds and fruits along an elevational gradient in Costa-Rica. **Ecology** **72**: 180-193.
- Lopes, L.E.; Leite, L.; Pinho, J.B. & Goes, R. 2005. New bird records to the Estação Ecológica de Águas Emendadas, Planaltina, Distrito Federal. **Ararajuba** **13**: 107-108.
- Melo, R.B.; Franco, A.C.; Silva, C.O.; Piedade, M.T.F. & Ferreira, C.S. 2015. Seed germination and seedling development in response to submergence in tree species of the Central Amazonian floodplains. **AoB Plants** **7**: plv041.
- Meyer de Schauensee, R. 1970. **A guide to the birds of South America**. Livingston Publishing Company. Wynnewood.
- Moran, C. & Catterall, C.P. 2014. Responses of seed-dispersing birds to amount of rainforest in the landscape around fragments. **Conservation Biology** **28**: 551-560.
- Motta-Junior, J.C. 1991. **A exploração de frutos como alimento por aves de mata ciliar numa região do Distrito Federal** (Dissertação de mestrado). Universidade Estadual Paulista (Unesp), Rio Claro, Brasil.
- Mulwa, R.K.; Neuschulz, E.L.; Bohning-Gaese, K. & Schleuning, M. 2013. Seasonal fluctuations of resource abundance and avian feeding guilds across forest-farmland boundaries in tropical Africa. **Oikos** **122**: 524-532.
- Negret, A. 1988. Fluxos migratórios na avifauna da reserva ecológica do IBGE, Brasília, DF, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia** **5**: 209-214.
- Oliveira, M.C.; Felfili, J.M. & Silva-Júnior, M.C. 2011. Análise florística e fitossociológica da comunidade arbórea da mata de galeria do Capetinga, após vinte anos de passagem de fogo, na Fazenda Água Limpa, Brasília-DF. **Heringeriana** **5**: 19-31.

- Oliveira, P.E.A.M. 2008. Fenologia e biologia reprodutiva das espécies de Cerrado. *In*: Sano, S.M. & Almeida, S.P. (Eds.). **Cerrado: ambiente e flora**. EMBRAPA-CPAC. Planaltina. Pp. 169-188.
- Oliveira-Filho, A.T. & Ratter, J.A. 2002. Vegetation physiognomies and woody flora of the cerrado biome. *In*: Oliveira, P.S. & Marquis, R.J. (Eds.). **The Cerrados of Brazil: Ecology and natural history of a Neotropical savanna**. Columbia University Press. New York. Pp. 91-120.
- Paglia, A.P.; Fonseca, G.A.B.; Rylands, A.B.; Herrmann, G.; Aguiar, L.M.S.; Chiarello, A.G.; Leite, Y.L.R.; Costa, L.P.; Siciliano, S.; Kierulff, M.C.M.; Mendes, S.L.; Tavares, V.C.; Mittermeier, R.A. & Patton J.L. 2012. **Lista Anotada dos Mamíferos do Brasil/Annotated Checklist of Brazilian Mammals**. 2ª Edição/2nd Edition. Occasional Papers in Conservation Biology. n°. 6. Conservation International. Arlington.
- Perea, R.; Delibes, M.; Polko, M.; Suárez-Esteban, A. & Fedriani, J.M. 2013. Context-dependent fruit–frugivore interactions: partner identities and spatio-temporal variations. **Oikos** **122**: 943-951.
- Pinheiro, F.; Diniz, I.R.; Coelho, D. & Bandeira, M.P.S. 2002. Seasonal pattern of insect abundance in the Brazilian cerrado. **Austral Ecology** **27**: 132-136.
- Piper, J.K. 1986. Seasonality of fruit characters and seed removal by birds. **Oikos** **46**: 303-310.
- Pizo, M.A. & Oliveira, P.S. 2001. Size and lipid content of nonmyrmecochorous diaspores: effects on the interaction with litter-foraging ants in the Atlantic rain forest of Brazil. **Plant Ecology** **157**: 37-52.
- Plein, M.; Langsfeld, L.; Neuschulz, E.L.; Schultheiss, C.; Ingmann, L.; Topfer, T.; Bohning-Gaese, K. & Schleuning, M. 2013. Constant properties of plant-frugivore networks

- despite fluctuations in fruit and bird communities in space and time. **Ecology** **94**: 1296-1306.
- Poston, M.E. & Mittermeier, G.A. 1988. Maturation characteristics of *Rubus pennsylvanicus* fruits: are red and black the same? **Oecologia** **77**: 69-72.
- Ribeiro, J.F. & Walter, B.M.T. 2008. As principais fitofisionomias do bioma Cerrado. In: Sano, S.M., Almeida, S.P. & Ribeiro, J.F. (Eds.). **Cerrado: ecologia e flora**. Vol. 1. EMBRAPA-Cerrados. Planaltina. Pg. 151-212.
- Rezende, E.L.; Lavabre, J.E.; Guimarães-Jr., P.R.; Jordano, P. & Bascompte, J. 2007. Non-random coextinctions in phylogenetically structured mutualistic networks. **Nature** **448**: 925-U926.
- Saavedra, F.; Hensen, I.; Beck, S.G.; Bohning-Gaese, K.; Lippok, D.; Topfer, 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.
- Santos, G.M.; Dattilo, W. & Presley, S.J. 2014. The seasonal dynamic of ant-flower networks in a semi-arid tropical environment. **Ecological Entomology** **39**: 674-683.
- Schaefer, H.M.; Valido, A. & Jordano, P. 2014. Birds see the true colours of fruits to live off the fat of the land. **Proceedings of the Royal Society of London B** **281**: 20132516.
- Schleuning, M.; Blüthgen, N.; Flörchinger, M.; Braun, J.; Schaefer, H.M. & Böhring-Gaese, K. 2011. Specialization and interaction strength in a tropical plant-frugivore network differ among forest strata. **Ecology** **92**: 26-36.
- Schleuning, M.; Ingmann, L.; Strauss, R.; Fritz, S.A.; Dalsgaard, B.; Dehling, D.M.; Plein, M.; Saavedra, F.; Sandel, B.; Svenning, J.C.; Bohning-Gaese, K. & Dormann, C.F. 2014. Ecological, historical and evolutionary determinants of modularity in weighted seed-dispersal networks. **Ecology Letters** **17**: 454-463.

- Sebastián-González, E.; Dalsgaard, B.; Sandel, B. & Guimarães-Jr., P.R. 2014. Macroecological trends in nestedness and modularity of seed-dispersal networks: human impact matters. **Global Ecology and Biogeography** **24**: 293-303.
- Silva, F.A.M.; Assad, E.A. & Evangelista, B.A. 2008. Caracterização climática do bioma Cerrado. *In*: Sano, S.M. & Almeida, S.P. (Eds.). **Cerrado: ambiente e flora**. EMBRAPA-CPAC. Planaltina. Pp. 69-88.
- Silva, N.A.P.D.; Frizzas, M.R. & Oliveira, C.M.D. 2011. Seasonality in insect abundance in the "Cerrado" of Goiás State, Brazil. **Revista Brasileira de Entomologia** **55**: 79-87.
- Takemoto, K.; Kanamaru, S. & Feng, W.F. 2014. Climatic seasonality may affect ecological network structure: Food webs and mutualistic networks. **Biosystems** **121**: 29-37.
- Tannus, J.L.; Assis, M.A. & Morellato, L.P.C. 2006. Fenologia reprodutiva em campo sujo e campo úmido numa área de cerrado no sudeste do Brasil, Itirapina-SP. **Biota Neotropica** **6(3)**: 1-27.
- Vazquez, D.P. & Aizen, M.A. 2004. Asymmetric specialization: A pervasive feature of plant-pollinator interactions. **Ecology** **85**: 1251-1257.
- Vidal, M.M.; Hasui, E.; Pizo, M.A.; Tamashiro, J.Y.; Silva, W.R. & Guimaraes, P.R. 2014. Frugivores at higher risk of extinction are the key elements of a mutualistic network. **Ecology** **95**: 3440-3447.
- Vizentin-Bugoni, J.; Maruyama, P.K.; Debastiani, V.J.; Duarte, L.D.S.; Dalsgaard, B. & Sazima, M. 2016. Influences of sampling effort on detected patterns and structuring processes of a Neotropical plant-hummingbird network. **Journal of Animal Ecology** **85**: 262-272.
- Winemiller, K.O. 1990. Spatial and temporal variation in tropical fish trophic networks. **Ecological Monographs** **60**: 331-367.

Appendix 1. Eaten fruits by each animal in tree species from different gallery forest (ESEC-AE and FAL) during two different seasons (Dry and Wet).

Forest	Season	Species	Animal	Eat. fruit
ESEC-AE	Dry	<i>Cupania vernalis</i> Cambess.	<i>Antilophia galeata</i> (Lichtenstein. 1823)	3
			<i>Cyclarhis gujanensis</i> (Gmelin. 1789)	9
			<i>Dacnis cayana</i> (Linnaeus. 1766)	1
			<i>Elaenia</i> sp.	4
			<i>Empidonomus varius</i> (Vieillot. 1818)	21
			<i>Hemithraupis guira</i> (Linnaeus. 1766)	7
			<i>Lanio penicillatus</i> (Spix. 1825)	8
			<i>Myiodynastes maculatus</i> (Statius Muller. 1776)	17
			<i>Myiarchus</i> sp.	4
			<i>Myiarchus tyrannulus</i> (Statius Muller. 1776)	18
			<i>Piranga flava</i> (Vieillot. 1822)	1
			<i>Polioptila dumicola</i> (Vieillot. 1817)	1
			<i>Saltator maximus</i> (Statius Muller. 1776)	15
			<i>Saltator similis</i> d'Orbigny & Lafresnaye. 1837	54
			<i>Saltator</i> sp.	3
			<i>Thamnophilus caerulescens</i> Vieillot. 1816	17
			<i>Tolmomyias sulphurescens</i> (Spix. 1825)	5
			<i>Turdus leucomelas</i> Vieillot. 1818	17
			<i>Turdus rufiventris</i> Vieillot. 1818	18
			<i>Turdus subalaris</i> (Seebohm. 1887)	117
<i>Tyrannus albogularis</i> Burmeister. 1856	6			
<i>Vireo chivi</i> (Vieillot. 1817)	5			
		<i>Emmotum nitens</i>	<i>Saltator similis</i> d'Orbigny & Lafresnaye.	8

Forest	Season	Species	Animal	Eat. fruit
		(Benth.) Miers	1837	
			<i>Tangara cayana</i> (Linnaeus. 1766)	9
			<i>Tangara sayaca</i> (Linnaeus. 1766)	1
		<i>Magnolia ovata</i> (A.St.- Hil.) Spreng.	<i>Antilophia galeata</i> (Lichtenstein. 1823)	63
			<i>Dacnis cayana</i> (Linnaeus. 1766)	10
			<i>Mionectes rufiventris</i> Cabanis. 1846	7
			<i>Saltator maximus</i> (Statius Muller. 1776)	29
			<i>Saltator</i> sp.	4
			<i>Schiffornis virescens</i> (Lafresnaye. 1838)	5
			<i>Turdus leucomelas</i> Vieillot. 1818	125
			<i>Turdus rufiventris</i> Vieillot. 1818	13
			<i>Turdus subalaris</i> (Seebohm. 1887)	2
			<i>Veniliornis passerinus</i> (Linnaeus. 1766)	6
			<i>Vireo chivi</i> (Vieillot. 1817)	17
		<i>Richeria grandis</i> Vahl	<i>Antilophia galeata</i> (Lichtenstein. 1823)	180
			<i>Coereba flaveola</i> (Linnaeus. 1758)	1
			<i>Elaenia flavogaster</i> (Thunberg. 1822)	16
			<i>Saltator similis</i> d'Orbigny & Lafresnaye. 1837	320
			<i>Tachyphonus rufus</i> (Boddaert. 1783)	266
			<i>Tangara cayana</i> (Linnaeus. 1766)	662
			<i>Turdus leucomelas</i> Vieillot. 1818	36
		<i>Virola sebifera</i> Aubl.	<i>Antilophia galeata</i> (Lichtenstein. 1823)	1
			<i>Schistochlamys melanopis</i> (Latham. 1790)	4
			<i>Tersina viridis</i> (Illiger. 1811)	27
			<i>Turdus leucomelas</i> Vieillot. 1818	56
			<i>Turdus subalaris</i> (Seebohm. 1887)	11
		<i>Xylopia emarginata</i> Mart.	<i>Alouatta caraya</i> (Humboldt. 1812)	10

Forest	Season	Species	Animal	Eat. fruit
			<i>Antilophia galeata</i> (Lichtenstein. 1823)	26
			<i>Elaenia flavogaster</i> (Thunberg. 1822)	63
			<i>Elaenia</i> sp.	7
			<i>Hemithraupis guira</i> (Linnaeus. 1766)	4
			<i>Mimus saturninus</i> (Lichtenstein. 1823)	3
			<i>Nemosia pileata</i> (Boddaert. 1783)	2
			<i>Patagioenas picazuro</i> (Temminck. 1813)	2
			<i>Saltator similis</i> d'Orbigny & Lafresnaye. 1837	16
			<i>Tachyphonus rufus</i> (Boddaert. 1783)	13
			<i>Tangara cayana</i> (Linnaeus. 1766)	61
			<i>Tangara sayaca</i> (Linnaeus. 1766)	2
			<i>Tersina viridis</i> (Illiger. 1811)	20
			<i>Turdus leucomelas</i> Vieillot. 1818	9
			<i>Tyrannus savana</i> Vieillot. 1808	3
	Wet	<i>Cupania vernalis</i> Cambess.	<i>Empidonomus varius</i> (Vieillot. 1818)	3
			<i>Myiodynastes maculatus</i> (Statius Muller. 1776)	2
			<i>Myiarchus</i> sp.	4
			<i>Phaeomyias murina</i> (Spix. 1825)	3
			<i>Tolmomyias sulphurescens</i> (Spix. 1825)	3
			<i>Vireo chivi</i> (Vieillot. 1817)	2
		<i>Emmotum nitens</i> (Benth.) Miers	<i>Euphonia chlorotica</i> (Linnaeus. 1766)	4
			<i>Saltator similis</i> d'Orbigny & Lafresnaye. 1837	1
			<i>Tangara cayana</i> (Linnaeus. 1766)	13
			<i>Tangara sayaca</i> (Linnaeus. 1766)	23
		<i>Euterpe edulis</i> Mart.	<i>Antilophia galeata</i> (Lichtenstein. 1823)	3

Forest	Season	Species	Animal	Eat. fruit
			<i>Penelope superciliaris</i> Temminck. 1815	6
			<i>Saltator similis</i> d'Orbigny & Lafresnaye. 1837	2
			<i>Turdus leucomelas</i> Vieillot. 1818	107
			<i>Turdus rufiventris</i> Vieillot. 1818	39
		<i>Guarea guidonia</i> (L.) Sleumer	<i>Empidonomus varius</i> (Vieillot. 1818)	1
			<i>Lathrotriccus euleri</i> (Cabanis. 1868)	2
			<i>Tersina viridis</i> (Illiger. 1811)	3
			<i>Vireo chivi</i> (Vieillot. 1817)	1
		<i>Micropholis venulosa</i> (Mart. & Eichler) Pierre	<i>Callithrix</i> sp.	6
			<i>Coereba flaveola</i> (Linnaeus. 1758)	24
			<i>Dacnis cayana</i> (Linnaeus. 1766)	13
			<i>Lanio penicillatus</i> (Spix. 1825)	5
			<i>Saltator similis</i> d'Orbigny & Lafresnaye. 1837	40
			<i>Tangara cayana</i> (Linnaeus. 1766)	11
		<i>Protium spruceanum</i> (Benth.) Engl.	<i>Antilophia galeata</i> (Lichtenstein. 1823)	5
			<i>Coereba flaveola</i> (Linnaeus. 1758)	32
			<i>Cyclarhis gujanensis</i> (Gmelin. 1789)	2
			<i>Dacnis cayana</i> (Linnaeus. 1766)	3
			<i>Diopsittaca nobilis</i> (Linnaeus. 1758)	72
			<i>Elaenia chiriquensis</i> Lawrence. 1865	9
			<i>Elaenia</i> sp.	1
			<i>Euphonia chlorotica</i> (Linnaeus. 1766)	4
			<i>Euphonia violacea</i> (Linnaeus. 1758)	8
			<i>Hemithraupis guira</i> (Linnaeus. 1766)	19
			<i>Phyllomyias fasciatus</i> (Thunberg. 1822)	19

Forest	Season	Species	Animal	Eat. fruit
			<i>Ramphocelus carbo</i> (Pallas. 1764)	3
			<i>Saltator maximus</i> (Statius Muller. 1776)	1
			<i>Saltator similis</i> d'Orbigny & Lafresnaye. 1837	8
			<i>Sapajus paella</i> (Linnaeus. 1758)	47
			<i>Tachyphonus rufus</i> (Boddaert. 1783)	99
			<i>Tangara cayana</i> (Linnaeus. 1766)	141
			<i>Tolmomyias sulphurescens</i> (Spix. 1825)	20
			<i>Turdus leucomelas</i> Vieillot. 1818	4
			<i>Veniliornis passerinus</i> (Linnaeus. 1766)	3
			<i>Vireo chivi</i> (Vieillot. 1817)	9
FAL	Dry	<i>Amaioua guianensis</i> Aubl.	<i>Antilophia galeata</i> (Lichtenstein. 1823)	15
			<i>Baryphthengus ruficapillus</i> (Vieillot. 1818)	10
			<i>Coereba flaveola</i> (Linnaeus. 1758)	1
			<i>Cyanocorax cristatellus</i> (Temminck. 1823)	16
			<i>Dacnis cayana</i> (Linnaeus. 1766)	4
			<i>Elaenia cristata</i> Pelzeln. 1868	5
			<i>Elaenia flavogaster</i> (Thunberg. 1822)	12
			<i>Hemithraupis guira</i> (Linnaeus. 1766)	6
			<i>Saltator maximus</i> (Statius Muller. 1776)	2
			<i>Saltator similis</i> d'Orbigny & Lafresnaye. 1837	35
			<i>Tachyphonus rufus</i> (Boddaert. 1783)	13
			<i>Tangara cayana</i> (Linnaeus. 1766)	3
			<i>Tangara palmarum</i> (Wied. 1823)	2
			<i>Turdus albicollis</i> Vieillot. 1818	8
			<i>Turdus leucomelas</i> Vieillot. 1818	35

Forest	Season	Species	Animal	Eat. fruit
			<i>Turdus rufiventris</i> Vieillot. 1818	26
			<i>Turdus subalaris</i> (Seebohm. 1887)	6
		<i>Guatteria sellowiana</i> Schltdl.	<i>Antilophia galeata</i> (Lichtenstein. 1823)	1
			<i>Elaenia obscura</i> (d'Orbigny & Lafresnaye. 1837)	2
		<i>Mauritia flexuosa</i> L.f.	<i>Coereba flaveola</i> (Linnaeus. 1758)	1
			<i>Cyanocorax cristatellus</i> (Temminck. 1823)	4
			<i>Dacnis cayana</i> (Linnaeus. 1766)	5
			<i>Orthopsittaca manilatus</i> (Boddaert. 1783)	39
			<i>Tangara cayana</i> (Linnaeus. 1766)	5
			<i>Tangara palmarum</i> (Wied. 1823)	2
			<i>Tangara sayaca</i> (Linnaeus. 1766)	4
			<i>Turdus amaurochalinus</i> Cabanis. 1850	1
			<i>Turdus leucomelas</i> Vieillot. 1818	2
		<i>Miconia cuspidata</i> Naudin	<i>Antilophia galeata</i> (Lichtenstein. 1823)	226
			<i>Casiornis rufus</i> (Vieillot. 1816)	4
			<i>Coereba flaveola</i> (Linnaeus. 1758)	1
			<i>Dacnis cayana</i> (Linnaeus. 1766)	18
			<i>Elaenia chiriquensis</i> Lawrence. 1865	64
			<i>Elaenia cristata</i> Pelzeln. 1868	190
			<i>Elaenia flavogaster</i> (Thunberg. 1822)	63
			<i>Elaenia mesoleuca</i> (Deppe. 1830)	32
			<i>Elaenia obscura</i> (d'Orbigny & Lafresnaye. 1837)	8
			<i>Euphonia chlorotica</i> (Linnaeus. 1766)	2
			<i>Hemithraupis guira</i> (Linnaeus. 1766)	67
			<i>Lanio melanops</i> (Vieillot. 1818)	12

Forest	Season	Species	Animal	Eat. fruit
			<i>Lanio penicillatus</i> (Spix. 1825)	11
			<i>Lathrotriccus euleri</i> (Cabanis. 1868)	10
			<i>Nemosia pileata</i> (Boddaert. 1783)	9
			<i>Pipraeidea melanonota</i> (Vieillot. 1819)	15
			<i>Piranga flava</i> (Vieillot. 1822)	1
			<i>Ramphocelus carbo</i> (Pallas. 1764)	16
			<i>Saltator maximus</i> (Statius Muller. 1776)	9
			<i>Saltator similis</i> d'Orbigny & Lafresnaye. 1837	281
			<i>Schiffornis virescens</i> (Lafresnaye. 1838)	27
			<i>Sporophila caerulescens</i> (Vieillot. 1823)	5
			<i>Sporophila nigricollis</i> (Vieillot. 1823)	85
			<i>Tachyphonus rufus</i> (Boddaert. 1783)	38
			<i>Tangara cayana</i> (Linnaeus. 1766)	86
			<i>Tangara sayaca</i> (Linnaeus. 1766)	13
			<i>Tersina viridis</i> (Illiger. 1811)	9
			<i>Turdus leucomelas</i> Vieillot. 1818	175
			<i>Turdus subalaris</i> (Seebohm. 1887)	1
		<i>Mouriri glazioviana</i> Cogn.	<i>Coereba flaveola</i> (Linnaeus. 1758)	6
			<i>Cyanocorax cristatellus</i> (Temminck. 1823)	81
			<i>Dacnis cayana</i> (Linnaeus. 1766)	8
			<i>Hemithraupis guira</i> (Linnaeus. 1766)	1
			<i>Saltator maximus</i> (Statius Muller. 1776)	3
			<i>Saltator similis</i> d'Orbigny & Lafresnaye. 1837	46
			<i>Tachyphonus rufus</i> (Boddaert. 1783)	2
			<i>Tangara cayana</i> (Linnaeus. 1766)	4
			<i>Turdus leucomelas</i> Vieillot. 1818	2

Forest	Season	Species	Animal	Eat. fruit
			<i>Turdus rufiventris</i> Vieillot. 1818	9
		<i>Richeria grandis</i> Vahl	<i>Antilophia galeata</i> (Lichtenstein. 1823)	36
			<i>Cyanocorax cristatellus</i> (Temminck. 1823)	29
			<i>Dacnis cayana</i> (Linnaeus. 1766)	2
			<i>Elaenia chiriquensis</i> Lawrence. 1865	33
			<i>Elaenia cristata</i> Pelzeln. 1868	26
			<i>Elaenia flavogaster</i> (Thunberg. 1822)	4
			<i>Hemithraupis guira</i> (Linnaeus. 1766)	1
			<i>Myiarchus ferox</i> (Gmelin. 1789)	6
			<i>Saltator similis</i> d'Orbigny & Lafresnaye. 1837	8
			<i>Tachyphonus rufus</i> (Boddaert. 1783)	17
			<i>Tangara cayana</i> (Linnaeus. 1766)	74
			<i>Tangara sayaca</i> (Linnaeus. 1766)	42
			<i>Thlypopsis sordida</i> (d'Orbigny & Lafresnaye. 1837)	1
			<i>Turdus leucomelas</i> Vieillot. 1818	10
		<i>Schefflera morototoni</i> (Aubl.) Maguire <i>et al.</i>	<i>Antilophia galeata</i> (Lichtenstein. 1823)	18
			<i>Elaenia chiriquensis</i> Lawrence. 1865	77
			<i>Elaenia cristata</i> Pelzeln. 1868	1
			<i>Elaenia flavogaster</i> (Thunberg. 1822)	27
			<i>Elaenia obscura</i> (d'Orbigny & Lafresnaye. 1837)	76
			<i>Ramphastos toco</i> Statius Muller. 1776	31
			<i>Ramphastos vitellinus</i> Lichtenstein. 1823	15
			<i>Saltator similis</i> d'Orbigny & Lafresnaye. 1837	18
			<i>Tangara cayana</i> (Linnaeus. 1766)	17

Forest	Season	Species	Animal	Eat. fruit
			<i>Tangara palmarum</i> (Wied. 1823)	7
			<i>Tangara sayaca</i> (Linnaeus. 1766)	22
			<i>Turdus albicollis</i> Vieillot. 1818	25
			<i>Turdus amaurochalinus</i> Cabanis. 1850	1
			<i>Turdus leucomelas</i> Vieillot. 1818	170
			<i>Turdus rufiventris</i> Vieillot. 1818	1
		<i>Virola sebifera</i> Aubl.	<i>Turdus leucomelas</i> Vieillot. 1818	4
		<i>Xylopia aromatica</i> (Lam.) Mart.	<i>Antilophia galeata</i> (Lichtenstein. 1823)	3
			<i>Dacnis cayana</i> (Linnaeus. 1766)	58
			<i>Elaenia cristata</i> Pelzeln. 1868	2
			<i>Elaenia flavogaster</i> (Thunberg. 1822)	4
			<i>Hemithraupis guira</i> (Linnaeus. 1766)	1
			<i>Mionectes rufiventris</i> Cabanis. 1846	5
			<i>Myiopagis caniceps</i> (Swainson. 1835)	1
			<i>Phyllomyias fasciatus</i> (Thunberg. 1822)	41
			<i>Saltator similis</i> d'Orbigny & Lafresnaye. 1837	1
			<i>Tangara cayana</i> (Linnaeus. 1766)	2
			<i>Turdus leucomelas</i> Vieillot. 1818	2
	Wet	<i>Alchornea glandulosa</i> Poepp. & Endl.	<i>Antilophia galeata</i> (Lichtenstein. 1823)	63
			<i>Dacnis cayana</i> (Linnaeus. 1766)	134
			<i>Elaenia chiriquensis</i> Lawrence. 1865	14
			<i>Elaenia cristata</i> Pelzeln. 1868	3
			<i>Elaenia mesoleuca</i> (Deppe. 1830)	54
			<i>Empidonomus varius</i> (Vieillot. 1818)	26
			<i>Hemithraupis guira</i> (Linnaeus. 1766)	64
			<i>Leptopogon amaurocephalus</i> Tschudi.	4

Forest	Season	Species	Animal	Eat. fruit
			1846	
			<i>Mionectes rufiventris</i> Cabanis. 1846	37
			<i>Myiodynastes maculatus</i> (Statius Muller. 1776)	3
			<i>Phyllomyias fasciatus</i> (Thunberg. 1822)	109
			<i>Saltator maximus</i> (Statius Muller. 1776)	19
			<i>Saltator similis</i> d'Orbigny & Lafresnaye. 1837	24
			<i>Tachyphonus rufus</i> (Boddaert. 1783)	3
			<i>Tangara cayana</i> (Linnaeus. 1766)	58
			<i>Tangara palmarum</i> (Wied. 1823)	6
			<i>Tangara sayaca</i> (Linnaeus. 1766)	1
			<i>Tersina viridis</i> (Illiger. 1811)	9
			<i>Turdus leucomelas</i> Vieillot. 1818	3
			<i>Turdus subalaris</i> (Seebohm. 1887)	25
			<i>Vireo chivi</i> (Vieillot. 1817)	56
		<i>Cabranea canjerana</i> (Vell.) Mart.	<i>Antilophia galeata</i> (Lichtenstein. 1823)	58
			<i>Arremon flavirostris</i> Swainson. 1838	1
			<i>Baryphthengus ruficapillus</i> (Vieillot. 1818)	5
			<i>Catharus fuscescens</i> (Stephens. 1817)	23
			<i>Coereba flaveola</i> (Linnaeus. 1758)	5
			<i>Dacnis cayana</i> (Linnaeus. 1766)	71
			<i>Elaenia flavogaster</i> (Thunberg. 1822)	14
			<i>Elaenia obscura</i> (d'Orbigny & Lafresnaye. 1837)	4
			<i>Empidonomus varius</i> (Vieillot. 1818)	31
			<i>Hemithraupis guira</i> (Linnaeus. 1766)	5
			<i>Megarhynchus pitangua</i> (Linnaeus. 1766)	21

Forest	Season	Species	Animal	Eat. fruit
			<i>Myiarchus ferox</i> (Gmelin. 1789)	8
			<i>Myiodynastes maculatus</i> (Statius Muller. 1776)	6
			<i>Myiarchus swainsoni</i> Cabanis & Heine. 1859	2
			<i>Penelope superciliaris</i> Temminck. 1815	21
			<i>Ramphastos vitellinus</i> Lichtenstein. 1823	41
			<i>Saltator maximus</i> (Statius Muller. 1776)	3
			<i>Saltator similis</i> d'Orbigny & Lafresnaye. 1837	58
			<i>Schistochlamys melanopis</i> (Latham. 1790)	1
			<i>Tachyphonus rufus</i> (Boddaert. 1783)	7
			<i>Tangara cayana</i> (Linnaeus. 1766)	6
			<i>Thamnophilus caeruleus</i> Vieillot. 1816	6
			<i>Trogon surrucura</i> Vieillot. 1817	3
			<i>Turdus albicollis</i> Vieillot. 1818	7
			<i>Turdus leucomelas</i> Vieillot. 1818	190
			<i>Turdus rufiventris</i> Vieillot. 1818	14
			<i>Tyrannus melancholicus</i> Vieillot. 1819	29
			<i>Tyrannus savana</i> Vieillot. 1808	2
			<i>Vireo chivi</i> (Vieillot. 1817)	22
		<i>Guatteria sellowiana</i> Schltdl.	<i>Antilophia galeata</i> (Lichtenstein. 1823)	93
			<i>Catharus fuscescens</i> (Stephens. 1817)	13
			<i>Dacnis cayana</i> (Linnaeus. 1766)	2
			<i>Elaenia chiriquensis</i> Lawrence. 1865	3
			<i>Elaenia flavogaster</i> (Thunberg. 1822)	18
			<i>Elaenia obscura</i> (d'Orbigny & Lafresnaye. 1837)	5
			<i>Tangara cayana</i> (Linnaeus. 1766)	1

Forest	Season	Species	Animal	Eat. fruit
			<i>Turdus albicollis</i> Vieillot. 1818	17
			<i>Turdus leucomelas</i> Vieillot. 1818	48
			<i>Turdus rufiventris</i> Vieillot. 1818	37
		<i>Miconia cuspidata</i> Naudin	<i>Colonia colonus</i> (Vieillot. 1818)	5
			<i>Elaenia chiriquensis</i> Lawrence. 1865	7
			<i>Elaenia mesoleuca</i> (Deppe. 1830)	9
			<i>Hemithraupis guira</i> (Linnaeus. 1766)	2
			<i>Patagioenas plumbea</i> (Vieillot. 1818)	35
			<i>Saltator similis</i> d'Orbigny & Lafresnaye. 1837	2
		<i>Protium spruceanum</i> (Benth.) Engl.	<i>Antilophia galeata</i> (Lichtenstein. 1823)	39
			<i>Callithrix penicillata</i> (É. Geoffroy. 1812)	11
			<i>Catharus fuscescens</i> (Stephens. 1817)	1
			<i>Coereba flaveola</i> (Linnaeus. 1758)	20
			<i>Cyanerpes cyaneus</i> (Linnaeus. 1766)	1
			<i>Dacnis cayana</i> (Linnaeus. 1766)	40
			<i>Elaenia chiriquensis</i> Lawrence. 1865	104
			<i>Elaenia flavogaster</i> (Thunberg. 1822)	14
			<i>Elaenia obscura</i> (d'Orbigny & Lafresnaye. 1837)	4
			<i>Empidonomus varius</i> (Vieillot. 1818)	2
			<i>Euphonia chlorotica</i> (Linnaeus. 1766)	33
			<i>Euphonia violacea</i> (Linnaeus. 1758)	6
			<i>Hemithraupis guira</i> (Linnaeus. 1766)	72
			<i>Lanio melanops</i> (Vieillot. 1818)	17
			<i>Lanio penicillatus</i> (Spix. 1825)	5
			<i>Megarhynchus pitangua</i> (Linnaeus. 1766)	3
			<i>Ramphocelus carbo</i> (Pallas. 1764)	7

Forest	Season	Species	Animal	Eat. fruit
			<i>Ramphastos vitellinus</i> Lichtenstein. 1823	5
			<i>Saltator maximus</i> (Statius Muller. 1776)	6
			<i>Saltator similis</i> d'Orbigny & Lafresnaye. 1837	14
			<i>Schistochlamys melanopis</i> (Latham. 1790)	5
			<i>Tachyphonus rufus</i> (Boddaert. 1783)	52
			<i>Tangara cayana</i> (Linnaeus. 1766)	66
			<i>Tangara palmarum</i> (Wied. 1823)	15
			<i>Tangara sayaca</i> (Linnaeus. 1766)	29
			<i>Tersina viridis</i> (Illiger. 1811)	2
			<i>Tolmomyias sulphurescens</i> (Spix. 1825)	1
			<i>Turdus albicollis</i> Vieillot. 1818	1
			<i>Turdus amaurochalinus</i> Cabanis. 1850	2
			<i>Turdus leucomelas</i> Vieillot. 1818	22
			<i>Turdus rufiventris</i> Vieillot. 1818	7
		<i>Schefflera morototoni</i> (Aubl.) Maguire <i>et al.</i>	<i>Tangara palmarum</i> (Wied. 1823)	5
			<i>Turdus leucomelas</i> Vieillot. 1818	3
		<i>Virola sebifera</i> Aubl.	<i>Baryphthengus ruficapillus</i> (Vieillot. 1818)	7
			<i>Dacnis cayana</i> (Linnaeus. 1766)	1
			<i>Hemithraupis guira</i> (Linnaeus. 1766)	1
			<i>Myiodynastes maculatus</i> (Statius Muller. 1776)	6
			<i>Tangara palmarum</i> (Wied. 1823)	1
			<i>Tersina viridis</i> (Illiger. 1811)	102
			<i>Tityra cayana</i> (Linnaeus. 1766)	4
			<i>Turdus albicollis</i> Vieillot. 1818	1
			<i>Turdus amaurochalinus</i> Cabanis. 1850	5

Forest	Season	Species	Animal	Eat. fruit
			<i>Turdus leucomelas</i> Vieillot. 1818	42
			<i>Turdus rufiventris</i> Vieillot. 1818	4
			<i>Turdus subalaris</i> (Seebohm. 1887)	62
			<i>Tyrannus savana</i> Vieillot. 1808	1
		<i>Xylopia aromatica</i> (Lam.) Mart.	<i>Dacnis cayana</i> (Linnaeus. 1766)	3
			<i>Tangara cayana</i> (Linnaeus. 1766)	1

CONCLUSÃO GERAL E PERSPECTIVAS FUTURAS

As matas ripárias na região de Cerrado apresentaram alta diversidade de espécies zoocóricas, podendo, assim, serem capazes de fornecer quantidade e qualidade de recurso alimentar para a fauna. No entanto, houve diferenças na diversidade dessas espécies entre algumas matas, o que demonstra a peculiaridade de cada local que pode refletir-se na fauna associada. Com isso, a diversidade de espécies zoocóricas de matas de galeria, em nível regional, é considerada maior do que em nível local e, novamente, a fauna pode fazer uso dessa diversidade a fim de complementar sua dieta. É preciso, assim, a manutenção de ambas as diversidades, local e regional, no intento de preservar interações fundamentais para esses ambientes florestais. Quando o fator sazonalidade é considerado sobre o período de frutificação de espécies arbóreas abundantes, tal diversidade ao longo da região se torna ainda mais relevante para a fauna, haja vista que durante a estação seca, a diversidade de frutos disponíveis é menor, com algumas matas podendo ter valor maior no fornecimento do recurso alimentar. Matas de galeria de outras regiões de Cerrado necessitam passar também por essa investigação a fim de endossar a importância da conservação da diversidade da comunidade zoocórica e, dessa maneira, das interações ecológicas a despeito da sazonalidade.

A importância da diversidade, tanto da fauna quanto da flora, também foi percebida no processo de frugivoria observado *in situ*. Apesar da generalização ter se revelado preponderante, algumas características do diásporo e algumas características do frugívoro foram associadas ao consumo de frutos. A perda dessas características pode, assim, influenciar a dispersão. Além disso, a comunidade de árvores visitada por maior diversidade de frugívoros foi aquela que mais apresentou árvores potencialmente dispersas e mais frugívoros potencialmente dispersores. A variação da disponibilidade do recurso alimentar entre períodos pluviométricos diferentes novamente foi importante, sendo que algumas árvores que apresentaram alto consumo de diásporos e taxa de visitação foram observadas quanto a frugivoria durante a seca, quando, geralmente, há poucas espécies arbóreas frutificando. Além de algumas características do diásporo e do frugívoro terem sido associadas ao consumo dos frutos apenas nesse período de seca, sugerindo variação no processo de frugivoria entre comunidades com frutos disponíveis em diferentes períodos pluviométricos do ano.

Porém, quando analisada sobre a ótica das redes de interação, a frugivoria pode ou não ser sensível à sazonalidade. Para uma comunidade de espécies arbóreas (localizada na ESEC-

AE), interações foram mais frequentes e generalizadas durante o período seco, algo que pode ser resultado da menor disponibilidade de recurso alimentar nesse período. Por outro lado, a diversidade alta de frugívoros registradas na outra comunidade (localizada na FAL) pode garantir constantes e frequentes interações ao longo do ano, a despeito da sazonalidade. Já as características morfológicas e nutricionais dos diásporos se mostraram relevantes para a interação, podendo, assim, serem responsáveis pelas diferenças entre as comunidades arbóreas e entre os períodos sazonais dentro dessas comunidades. Dessa maneira, o efeito da sazonalidade sobre a frugivoria é possivelmente dependente das particularidades ambientais de cada comunidade. Aqui, novamente, tanto para a análise da frugivoria (consumo de diásporos), quanto para a análise da interação entre frugívoro e planta, novos estudos são sugeridos em outras matas de galeria do Cerrado, envolvendo novas espécies, novas características e novos períodos sazonais, a fim de ratificar a influência das características daqueles que interagem e do ambiente no processo de frugivoria, além de ampliar a concepção da dispersão nesses tipos de mata.