



UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DO PARÁ
PRO-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO TECNOLÓGICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS NATURAIS DA AMAZÔNIA

ESTIMATIVA DE BIOMASSA DA ERVA-DE-PASSARINHO
LENHOSA *Psittacanthus plagiophyllus* EICHLER
(LORANTHACEAE) NA SAVANA AMAZÔNICA DE ALTER DO
CHÃO

SARAH ROSANE MONTEIRO CARVALHO FADINI

Santarém, Pará
Março, 2018

SARAH ROSANE MONTEIRO CARVALHO FADINI

**ESTIMATIVA DE BIOMASSA DA ERVA-DE-PASSARINHO
LENHOSA *Psittacanthus plagiophyllus* EICHLER
(LORANTHACEAE) NA SAVANA AMAZÔNICA DE ALTER DO
CHÃO**

DR. RODRIGO FERREIRA FADINI

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais, junto ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Recursos Naturais da Amazônia.

Área de concentração: Estudos e Manejos de Ecossistemas Amazônicos.

**Santarém, Pará
Março, 2018**

**ESTIMATIVA DE BIOMASSA DA ERVA-DE-PASSARINHO
LENHOSA *Psittacanthus plagiophyllus* EICHLER
(LORANTHACEAE) NA SAVANA AMAZÔNICA DE ALTER
DO CHÃO**

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do Título de Mestre em Ciências Ambientais, Área de concentração: Estudos e Manejos de Ecossistemas Amazônicos. Aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Recursos Naturais da Amazônia, nível de mestrado, da Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA, em 26 de março de 2018.

Prof. Dr. Troy Beldini (UFOPA)
Coordenador do PPGRNA

Apresentada à Comissão Examinadora, integrada pelos Professores:

Prof(a). Dr(a). Amanda Frederico Mortati (UFOPA)
Examinador(a) 01

Prof(a). Dr(a). Leidiane Leão de Oliveira (UFOPA)
Examinador(a) 02

Prof(a). Dr(a). Susan Aragon Carrasco (UFOPA)
Examinador(a) 03

Prof. Dr. Rodrigo Ferreira Fadini (UFOPA)
Orientador(a)

**Santarém, Pará
Março, 2018**

**Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas – SIGI/UFOPA**

F145e Fadini, Sarah Rosane Monteiro Carvalho
Estimativa de biomassa da erva-de-passarinho lenhosa *Psittacanthus
plagiophyllus* Eichler (Loranthaceae) na savana amazônica de Alter do
Chão./ Sarah Rosane Monteiro Carvalho Fadini. – Santarém, 2018.
38 fls.: il.
Inclui bibliografias.

Orientador: Rodrigo Ferreira Fadini
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Oeste do Pará, Pró-Rei-
toria de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação Tecnológica, Programa de Pós-
Graduação *Stricto Sensu* em Recursos Naturais da Amazônia.

1. Estoque de biomassa. 2. Equações alométricas. 3. Cerrado. I. Fadini, Ro-
drigo Ferreira, *orient.* II. Título.

CDD: 23 ed. 333.9539098115

Bibliotecária - Documentalista: Renata Ferreira – CRB/2 1440

DEDICATÓRIA

Ao Marco Mello, por compartilhar em seu blog dicas fundamentais a quem envereda pela jornada científica, em especial ao post “A ciência básica é a base!”.

AGRADECIMENTOS

O Programa de Pesquisa em Biodiversidade na Amazônia que me permitiu utilizar as parcelas permanentes instaladas na savana de Alter do Chão para realizar este trabalho.

O Instituto de Biodiversidade e Florestas da Universidade Federal do Oeste do Pará, através de Victor Moutinho do Laboratório de Tecnologia da Madeira, que gentilmente disponibilizou equipamentos para a triagem do material vegetal.

Thaiza Rodrigues, do Laboratório de Tecnologia da Madeira/UFOPA, por se dispor a analisar a densidade básica do material lenhoso.

A Universidade Federal do Oeste do Pará por custear as despesas com transporte.

O Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais da Amazônia, através da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, por me fornecer uma bolsa durante o período de estudos.

Rodrigo Fadini por me orientar, participar no trabalho de campo, discutir, dar sugestões e fazer correções na redação da dissertação.

Arlison Bezerra Castro, Juliana Maia Lima e Laudelino Sardinha de Vasconcelos – “Deco” pela ajuda vital no trabalho de campo.

Minha Banca da Qualificação, formada pelo Dr. Rafael Rode (UFOPA/IBEF) e Dr. Ricard Scoles (UFOPA/CFI), contribuiu positivamente através de críticas e sugestões que enriqueceram as informações contidas na dissertação.

Meus avaliadores na disciplina de Comunicação Científica (UFOPA/PPGBEES), Dr. Thiago Andre, Dr.^a Amanda Mortati, Dr. Leandro Giacomini e Dr. Jorge Porto pelas considerações e sugestões essenciais ao aperfeiçoamento das informações contidas na dissertação.

Minha Banca Julgadora, formada pela Dr.^a Amanda Mortati (UFOPA), Dr.^a Leidiane de Oliveira (UFOPA) e Dr.^a Susan Carrasco (UFOPA), contribuiu positivamente através de sugestões que enriqueceram as informações contidas na versão final da dissertação.

EPÍGRAFE

“Pessoas que dizem ‘eu não consigo’ normalmente sofrem mais por falta de foco do que falta de capacidade.”

Renato Cardoso

FADINI, Sarah Rosane Monteiro Carvalho. **Estimativa de biomassa da erva-de-passarinho lenhosa *Psittacanthus plagiophyllus* Eichler (Loranthaceae) na savana amazônica de Alter do Chão**. 2018. 38 páginas. Dissertação de Mestrado em Ciências Ambientais. Área de Concentração: Estudos e Manejos de Ecossistemas Amazônicos – Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais da Amazônia. Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA, Santarém, 2018.

RESUMO

Este estudo desenvolveu equações alométricas para estimar a contribuição relativa da erva-de-passarinho *Psittacanthus plagiophyllus* no estoque de biomassa em uma savana amazônica. Uma amostragem destrutiva de 35 indivíduos foi realizada para a construção das equações. Para cada indivíduo, foram medidos: diâmetro do haustório (cm) e da copa (m), profundidade da copa (m), altura (m) e porcentagem foliar (1-100%). Todas as partes foram removidas e pesadas para estudar o padrão de alocação da biomassa. Em 13 parcelas (2 ha cada), contamos o número de todas as ervas-de-passarinho adultas e medimos seu tamanho em 342 hospedeiros da espécie *Anacardium occidentale* (cajueiro). Com os dados de tamanho, utilizamos a melhor equação alométrica para estimar sua biomassa. Simultaneamente, medimos o perímetro basal (cm), diâmetro da copa (m) e altura (m) dos cajueiros, a fim de utilizar essas medidas como possíveis preditoras do número de infecções e da biomassa acumulada de ervas-de-passarinho por hospedeiro. Para comparar a biomassa total acumulada pelas ervas-de-passarinho com a biomassa arbórea total acima do solo, utilizamos dados de estimativas de biomassa disponíveis para uma parcela de savana em Alter do Chão. Galhos e folhas alocam biomassa em proporção semelhante, juntos somam 95% do total da biomassa da planta. A equação com o diâmetro x profundidade da copa x altura foi a melhor preditora da biomassa ($r^2=0,9$ e EP 0,39). O número de infecções e a biomassa estimada das ervas-de-passarinho tiveram relação positiva, porém fraca com a biometria do hospedeiro (i.e., diâmetro da copa), mostrando que as informações dos hospedeiros são pobres preditores para modelar a biomassa das ervas-de-passarinho. Os resíduos da biomassa estimada das ervas-de-passarinho e do número de infecções por hospedeiro se relacionaram positivamente ($r^2=0,33$ e $p<0,001$). A biomassa das ervas-de-passarinho constitui menos de 0,5% da biomassa arbórea total acima do solo, sugerindo que ela é irrelevante para o estoque de biomassa local. Apesar disso, sua importância nos processos ecossistêmicos deve ser considerada, uma vez que a produção de liteira fina e grossa (que não foram avaliadas) pode ser um serviço essencial para savanas com solos pobres em nutrientes, como as do presente estudo.

Palavras-chave: Loranthaceae, *Psittacanthus*, estoque de biomassa, equações alométricas, Cerrado.

FADINI, Sarah Rosane Monteiro Carvalho. **Estimativa de biomassa da erva-de-passarinho lenhosa *Psittacanthus plagiophyllus* Eichler (Loranthaceae) na savana amazônica de Alter do Chão.** 2018. 38 páginas. Dissertação de Mestrado em Ciências Ambientais. Área de Concentração: Estudos e Manejos de Ecossistemas Amazônicos – Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais da Amazônia. Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA, Santarém, 2018.

ABSTRACT

This study developed allometric equations to estimate the relative contribution of the mistletoe *Psittacanthus plagiophyllus* in the biomass stock in an Amazonian savanna. A destructive sampling of 35 individuals was performed to construct the equations. For each individual, haustorium diameter (cm) and crown diameter (m), crown depth (m), height (m) and leaf percentage (1-100%) were measured. All parts were removed and weighed to study the biomass allocation pattern. In 13 plots (2 ha each), we counted the number of all adult mistletoes and measured their size in 342 hosts of the species *Anacardium occidentale* (cashew trees). With the size data, we use the best allometric equation to estimate its biomass. At the same time, we measured the basal perimeter (cm), crown diameter (m) and height (m) of the cashew trees, in order to use these measures as possible predictors of the number of infections and the accumulated biomass of mistletoes per host. In order to compare the total biomass accumulated by mistletoe and total above-ground trees biomass, we used biomass estimates available for a savanna plot in Alter do Chão. Twigs and leaves allocate biomass in a similar proportion, together they account for 95% of the total biomass of the plant. The equation with the diameter x depth of the crown x height was the best predictor of the biomass ($r^2 = 0.9$ and EP 0.39). The number of infections and the estimated biomass of mistletoes had a positive, but weak relationship with host biometry (i.e., crown diameter), showing that host information is a poor predictor of mistletoe biomass. Residues of the estimated biomass of the mistletoes and the number of infections per host were positively correlated ($r^2 = 0.33$ and $p < 0.001$). The biomass of mistletoes constitutes less than 0.5% of the total above-ground tree biomass, suggesting that it is irrelevant to the local biomass stock. Nevertheless, its importance in ecosystem processes must be considering, since the production of thin and thick litter (which have not been evaluated) can be an essential service for savannas with nutrient poor soils, such as those of the present study.

Keywords: Loranthaceae, *Psittacanthus*, biomass stock, allometric equations, Cerrado.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	x
1. Introdução Geral e Revisão Bibliográfica	1
2. Material e Métodos	8
3. Resultados e Discussão.....	12
4. Conclusão	20
5. Referências Bibliográficas.....	21

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Flores (a) e frutos (b, c) de *Psittacanthus plagiophyllus*. Fotos: Rodrigo Fadini.5
- Figura 2. Localização espacial da área de estudo (noroeste do estado do Pará, Amazônia Brasileira).9
- Figura 3. Relação entre a biomassa de galhos e biomassa de folhas da erva-de-passarinho *Psittacanthus plagiophyllus*, calculada para 35 indivíduos removidos da savana de Alter do Chão, Brasil. 14
- Figura 4. Representação gráfica das relações alométricas entre o tamanho (diam x prof x altura) e a biomassa da erva-de-passarinho *Psittacanthus plagiophyllus* para o melhor modelo obtido na Tabela 2 ($r^2 = 0,9$). A) Gráfico com eixos transformados em log-log; B) Comparação entre o modelo log-log transformado de volta aos dados originais e o modelo não linear, estimado por tentativa e erro. 16
- Figura 5. A. Histograma de frequências da biomassa seca estimada para 150 indivíduos da espécie *Psittacanthus plagiophyllus*, em 26 ha na savana de Alter do Chão, Brasil. B. Proporção da biomassa total distribuída em cada uma das classes de biomassa informadas. Os números acima das barras correspondem ao total de indivíduos em cada classe..... 17
- Figura 6. Regressão do número e da biomassa seca estimada de ervas-de-passarinho em uma árvore hospedeira em comparação à biometria do hospedeiro na savana de Alter do Chão, Brasil. Os valores de r^2 e p são dados para todos os hospedeiros (342 árvores) e apenas hospedeiros infectados (51 árvores). Eixos foram transformados para minimizar discrepâncias em relação aos pressupostos de homogeneidade e normalidade. 18
- Figura 7. Regressão entre os resíduos do número de infecções e da biomassa de ervas-de-passarinho, após controlar o efeito do tamanho do hospedeiro. Em (A) os valores estão transformados para atender aos pressupostos de homogeneidade e normalidade do modelo. Em (B) os dados estão plotados em sua escala original para interpretação. 19
- Figura 8. Histograma de frequência da biomassa estimada de *P. plagiophyllus* em 26 hectares (13 parcelas), na savana de Alter do Chão, Brasil..... 20

1. Introdução Geral e Revisão Bibliográfica

1.1. Biomassa

O aumento dos gases do efeito estufa na atmosfera resulta principalmente das atividades antrópicas como o desmatamento e a queima de combustíveis fósseis, o que tem intensificado o aquecimento global e despertado o interesse por formas de compensar essa emissão (KOEHLER et al., 2005). Diante deste cenário, os ecossistemas de todo o mundo tem sido alvo da quantificação do carbono para entender o papel destes no ciclo deste gás, pois as plantas que tem a capacidade de capturar gás carbônico da atmosfera pelo processo de fotossíntese, transformando a energia do sol em energia química, são capazes de estoca-lo na forma orgânica, conhecida como biomassa (KOEHLER et al., 2005; SILVEIRA et al., 2008).

A biomassa é entendida como toda matéria de origem animal ou vegetal existente dentro de um ecossistema ou população, entretanto, a biomassa vegetal ou fitomassa refere-se apenas a matéria orgânica de origem vegetal (SILVEIRA et al., 2008). Esta pode ser encontrada na forma viva ou morta acima do solo como árvores e serapilheira, bem como abaixo do solo na forma de raízes (citado em SILVEIRA et al., 2008). Adicionalmente esta é considerada a base para estudos de sequestro de carbono e um importante parâmetro para a quantificação da ciclagem de nutrientes (NADKARNI, 1984), do combustível florestal produzido (SMITH; BRAND, 1983), dos nutrientes armazenados, do tempo de regeneração da floresta (OVERMAN; WITTE; SALDARRIAGA, 1994), do efeito do fogo dentro do ecossistema (CATCHPOLE; WHEELER, 1992), entre outros.

Em comparação às florestas tropicais, as savanas têm perdido áreas mais rápido, cerca de 1% ao ano, e ainda são pouco estudadas e pouco conservadas, adicionalmente, ao contrário das florestas tropicais, o seu estoque de carbono tem taxas bem menores e concentra-se principalmente na biomassa subterrânea (GRACE et al., 2006; PRANCE, 2006). No entanto, as savanas ocupam cerca de 20% da superfície terrestre, sendo um dos maiores biomas do planeta que, juntas, as tornam importantes para o estoque global do carbono e outros fluxos gasosos relacionados (GRACE et al., 2006; LAL, 2008).

O desenvolvimento de formas para avaliar o acúmulo de carbono na vegetação é apontado como necessário, assim como a disponibilidade adequada de nutrientes no ecossistema é considerada um fator preponderante para o sequestro de carbono (GRACE et al., 2006). Esse fato aponta para a necessidade de estudos sobre diversos grupos de plantas

que vêm sendo negligenciados como estoques de biomassa em sistemas tropicais, como lianas (GEHRING; PARK; DENICH, 2004), epífitas (MCCUNE, 1994) e ervas-de-passarinho.

Para Salomão et al. (1996) (citado em KOEHLER et al., 2005; SILVEIRA et al., 2008) a quantificação do carbono estocado em um ecossistema deve ser feita antes para a biomassa das diferentes partes das plantas, considerando fatores como a taxa de acúmulo de carbono em diferentes idades e condições de sítio. Para as ervas-de-passarinho, os estudos, geralmente de cunho epidemiológico, tentam criar modelos estatísticos para estimar a porcentagem de hospedeiros infectados, assim como a intensidade de infecção, através de variáveis preditoras como altura e diâmetro da copa do hospedeiro numa escala espacial menor (AUKEMA; DEL RIO, 2002; FADINI; GONÇALVES; REIS, 2010). No entanto, esses estudos desconsideram o fato de que o tamanho das ervas-de-passarinho varia em diversas ordens de magnitude (este estudo), negligenciando seu papel em estudos de estoque e sequestro de carbono mundialmente. Portanto, acredita-se que a elaboração de modelos preditores de biomassa que utilizem variáveis como o tamanho e a biomassa das diferentes partes das ervas-de-passarinho possam explicar melhor a sua importância na interação com outros organismos, assim como identificar a alocação da biomassa em sua estrutura (galhos, folhas, flores e frutos).

Para as plantas que habitam a copa das árvores, as técnicas de amostragem da biomassa podem ser realizadas através de medidas indiretas, obtidas a partir de dados como a biomassa da liteira (MCCUNE, 1994) ou diretas, onde se corta, separa e pesa as plantas estudadas. Uma alternativa é o método misto, que remove algumas plantas em campo para ajustar equações alométricas e mede as demais plantas no local para fazer as estimativas ao nível da paisagem (CATCHPOLE; WHEELER, 1992).

Em geral, a biomassa de espécies vegetais arbóreas pode ser modelada utilizando alguma equação que inclui o Diâmetro à Altura do Peito (DAP) como principal variável preditora (CHAMBERS et al., 2001; NOGUEIRA et al., 2008). O mesmo ocorre para as lianas (GEHRING; PARK; DENICH, 2004). Para as ervas-de-passarinho, Miller et al. (2003) usaram um modelo modificado da equação de um elipsoide com as larguras maior e menor da copa, além da altura, para calcularem o volume de ervas-de-passarinho da espécie *Amyema miquelii* (Loranthaceae), na Austrália. Enquanto March e Watson (2007) utilizaram a mesma equação, porém modificada, para correlacionar com a biomassa da mesma espécie numa escala espacial reduzida, encontrando excelentes resultados ($r^2 > 0,9$). Nenhum desses estudos, porém, possuía o interesse em entender a biomassa das ervas-de-passarinho no nível da paisagem.

Nos estudos de biomassa, as estimativas alométricas são preferíveis por possibilitarem a expansão das áreas de estudo sem os distúrbios causados pelo método destrutivo (GEHRING; PARK; DENICH, 2004) e as equações alométricas simples são mais comumente usadas por se basearem em dados do diâmetro do caule ou percentual de cobertura para prever a biomassa (SMITH; BRAND, 1983). Sendo assim, estimar a biomassa das ervas-de-passarinho torna-se importante porque: (1) elas podem constituir um estoque de carbono temporário, porém importante em sistemas naturais ou antropizados; (2) a biomassa pode ser um preditor mais eficaz da produção de recurso disponível para diversos grupos de organismos (dispersores, polinizadores e herbívoros) do que a intensidade de infecção ou a porcentagem de hospedeiros infectados e (3) ela está diretamente relacionada com a biomassa de liteira que, é uma importante fonte direta e indireta de nutrientes para comunidades de plantas e animais que habitam regiões com solos pobres, como o da savana de Alter do Chão.

1.1.2. Ervas-de-passarinho

As ervas-de-passarinho, plantas parasitas aéreas, pertencem a ordem Santalales, distribuídas em cinco famílias botânicas: Amphorogynaceae, Loranthaceae, Misodendraceae, Santalaceae e Viscaceae (NICKRENT, 2011). Entre as famílias das ervas-de-passarinho, Loranthaceae, Santalaceae e Viscaceae estão presentes no Brasil, sendo Loranthaceae a mais representativa, com 73 gêneros e cerca de 800 espécies mundialmente, 131 só no Brasil (ARRUDA et al., 2012). Nem toda espécie de planta que pertence a uma dessas famílias é uma erva-de-passarinho, já que existem espécies de vida livre e parasitas de raízes, no entanto, toda erva-de-passarinho pertence a uma dessas famílias (NICKRENT, 2011).

Essas plantas precisam de um hospedeiro vegetal para completar seu ciclo de vida e o nível de dependência deste as diferencia em hemi- ou holoparasitas. As hemiparasitas penetram o xilema do hospedeiro, têm folhas e fazem fotossíntese, sendo parcialmente dependentes do hospedeiro. As holoparasitas penetram o floema, não apresentam folhas e são totalmente dependentes do hospedeiro. Ambas se fixam e penetram o hospedeiro através da raiz modificada denominada haustório, de onde obtém seus nutrientes (ARRUDA et al., 2012). Algumas espécies possuem apenas um haustório primário central, enquanto outras apresentam haustórios secundários conectados por raízes epicorticais adventícias (CALVIN; WILSON, 2006).

A presença no dossel de diversos ecossistemas nativos ou plantados tem gerado uma produção científica ampla sobre as ervas-de-passarinho nas regiões tropicais de todos os continentes, mas muitas lacunas sobre a biologia básica e aplicada desse grupo precisam ser preenchidas nos Neotrópicos, principalmente no Brasil (ARRUDA et al., 2012). A maioria dessa produção refere-se aos prejuízos causados pelo parasita adulto, pois o desvio de nutrientes causa a diminuição na taxa de crescimento e reprodução do hospedeiro (REID; YAN; FITTLER, 1994; SILVA; DEL RIO, 1996), além de crescimento anormal do hospedeiro em alguns casos (GEILS; HAWKSWORTH, 2002).

No entanto, acredita-se que o papel ecológico desse grupo de plantas é mais benéfico do que prejudicial, pois são consideradas recurso-chave por sustentarem uma ampla gama de herbívoros, polinizadores e dispersores de plantas, que se alimentam do seu néctar, flores, frutos, sementes ou folhas (WATSON, 2001, 2004). A intensidade de infecção pelas ervas-de-passarinho favorece o aumento da diversidade e abundância das aves que as utilizam como alimento (NAPIER et al., 2014), ou para nidificar (BENNETTS et al., 1996; COONEY; WATSON, 2005; COONEY; WATSON; YOUNG, 2006; GWINNER et al., 2000).

Adicionalmente, contribuem para uma serapilheira enriquecida por diversos macro e micronutrientes porque possuem mais nutrientes nas folhas e têm uma rotação foliar maior e mais prolongada do que seus hospedeiros (KARUNAICHAMY; PALIWAL; ARP, 1999), contribuindo para o aumento da produtividade de todo o ecossistema e promovendo uma maior diversidade de espécies de plantas, de micróbios do solo e da complexidade da serapilheira no espaço e no tempo (MARCH; WATSON, 2007, 2010; MELLADO et al., 2016; SOLER et al., 2015).

1.1.3. *Psittacanthus plagiophyllus*

Entre os 12 gêneros e 131 espécies da família Loranthaceae encontrados no Brasil, *Psittacanthus* é o gênero que apresenta o maior número de espécies (42), das 119 que existem na região neotropical (ARRUDA et al., 2012). Esse grupo de plantas tem hábito hemiparasita, obtendo água e minerais de um único haustório central, exceto duas a três espécies descritas que também possuem raízes epicorticais (KUIJT, 2009).

As espécies deste gênero preferem altitudes inferiores e médias até 1260 m (KUIJT, 2009), assim como infestam árvores em savanas, florestas plantadas e nativas desde o México (COLLAZO; CHAVEZ; CHAVEZ, 1982; COLLAZO; GEILS, 2002; LÓPEZ DE BUEN; ORNELAS; GARCÍA-FRANCO, 2002), passando pela Amazônia (FADINI, 2011; FADINI;

LIMA, 2012) até o Brasil Central e os campos rupestres do Sudeste (MONTEIRO; MARTINS; YAMAMOTO, 1992; TEODORO; VAN DEN BERG; ARRUDA, 2013). Em alguns casos a prevalência de infecção pode chegar a mais de 70% das árvores disponíveis (LÓPEZ DE BUEN; ORNELAS; GARCÍA-FRANCO, 2002).

Os indivíduos adultos de *Psittacanthus* variam bastante de tamanho, desde alguns centímetros até cerca de 2-3 m de diâmetro (ex: em *P. plagiophyllus*, este estudo), assim como os haustórios que chegam a 20-30 cm para outras espécies de *Psittacanthus* (KUIJT, 2009). Apesar destas plantas ocorrerem em boa parte da região neotropical, ainda são pouco estudadas sob diferentes aspectos nas savanas brasileiras (ARRUDA et al., 2012).

A espécie *Psittacanthus plagiophyllus* apresenta apenas um haustório e pode ser encontrada em diversos estados do norte e nordeste do Brasil, assim como no Equador, Guiana, Peru, Suriname, Guiana Francesa e Venezuela (KUIJT, 2009), sempre em áreas abertas. Em Alter do Chão, *P. plagiophyllus* somente foi encontrada parasitando cajueiros (*Anacardium occidentale*) (FADINI, 2011; FADINI; LIMA, 2012), porém em outros estados há relatos de parasitismo em outras espécies de hospedeiros (KUIJT, 2009).

Em Alter do Chão, a floração de *P. plagiophyllus* ocorre em fevereiro e março de cada ano (Fig. 1a) e a frutificação de junho até outubro, os polinizadores são diversas espécies de beija-flores (S. Castro e A. B. Castro, comunicação pessoal) e seu principal dispersor é *Elaenia cristata* uma ave residente da família dos bem-te-vis (FADINI; GONÇALVES; REIS, 2010). Seus frutos são elípticos, tipo baga, medindo 10-12 mm comprimento por 7-8 mm de diâmetro (KUIJT, 2009), quando maduros tem coloração preta e a polpa pegajosa adere facilmente ao galho do hospedeiro (Fig. 1b, 1c). A germinação é rápida, de 1-3 meses, ocorrendo apenas em galhos finos como encontrado em *A. occidentale* (FADINI, 2011; FADINI; GONÇALVES; REIS, 2010).

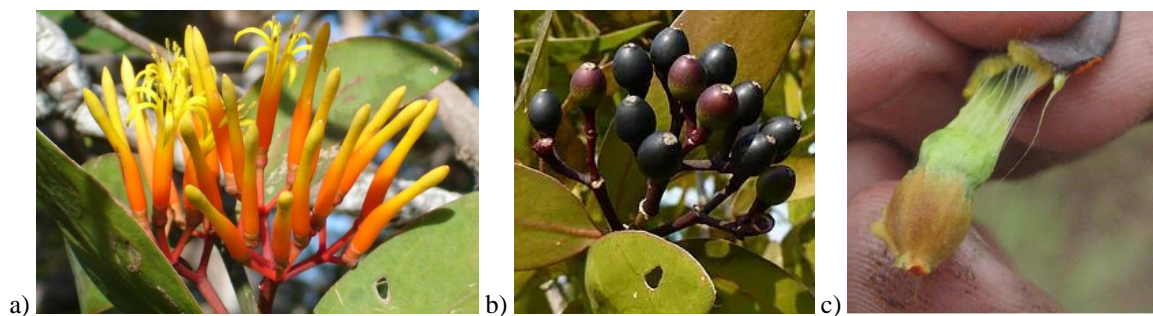


Figura 1. Flores (a) e frutos (b, c) de *Psittacanthus plagiophyllus*. Fotos: Rodrigo Fadini.

A abundância dessa espécie é menor quando há mais incêndios e maior quando há mais árvores hospedeiras; entretanto a porcentagem de hospedeiros infectados relaciona-se negativamente ao número de incêndios (FADINI; LIMA, 2012). A espécie não possui estruturas especializadas para proteção contra queimadas e, por isso, depende da dispersão alóctone de sementes para manter suas populações. No entanto, indivíduos que estão a mais de dois metros de altura do chão, reduzindo o alcance da chama, e muito grandes, podem rebrotar após o fogo (FADINI; LIMA, 2012).

1.1.4. Savana

Savana é o quarto maior tipo de ecossistema terrestre no mundo (LAL, 2008), ocorre em regiões tropicais e subtropicais da África, Ásia, Austrália e Zona Neotropical (IBGE, 2012), sempre em altitudes baixas e médias até 1200 m onde não há geada e cujo dossel é sempre aberto (HUBER, 1987). Nela predominam gramíneas que são as responsáveis pela maior captação de luz solar e produção de biomassa, além de arbustos ou árvores baixas que podem ou não ser encontrados na paisagem (HUBER, 1987). O fogo também é uma característica marcante das savanas, determinando mudanças fisionômicas da vegetação e influenciando diretamente nos ciclos de vida de diversas espécies vegetais (MISTRY, 1998).

Além deste termo, existem muitos outros a nível global, nacional e regional onde a definição varia de acordo a delimitação das savanas e a inclusão ou não de tipos de vegetação diferentes (BARBOSA, R., 2001). No Brasil as savanas são conhecidas por cerrado, sendo classificadas em florestada, arborizada, parque e gramíneo-lenhosa. Entretanto, o bioma Cerrado apesar de ter as formações savânicas em mais da metade do seu território, também possui áreas florestais e campestres em sua cobertura vegetal natural (IBGE, 2012; OLIVEIRA; MARQUIS, 2002).

A origem das manchas de savana na América Neotropical deve-se às variações climáticas do período Quaternário em que um período seco e mais frio seguido pela retomada da umidade ocasionou a retração e a expansão da vegetação, formando ilhas de vegetação (FILHO, 1993). Os tipos de savanas locais são influenciados diretamente por fatores como a duração das estações seca e chuvosa, o tipo de cobertura vegetal, de solo e a sua relação com o ciclo da água, no entanto, a ocorrência de savanas em escala global deve-se principalmente ao clima (FURLEY, 2006).

Nos Neotrópicos, as savanas vão desde o Uruguai e Argentina até o sul do México, com uma fisionomia vegetal que varia tanto no local quanto na região devido os tipos de solo

e drenagem a que estão expostas (FURLEY, 2006; HUBER, 1987). Esses dois fatores influenciam tanto na riqueza de espécies, quanto na composição herbácea e lenhosa, o que faz com que as savanas neotropicais se sobressaiam, em termos de diversidade, em comparação a outras savanas do mundo (HUBER, 1987).

Apesar da diversidade biológica do bioma Cerrado as formações savânicas são mal protegidas, dos 4,5% do seu território que é protegido por Unidades de Conservação, apenas 0,85% correspondem às áreas savânicas (SANO et al., 2007), fato alarmante devido ao impacto causado pela perda dessas áreas sobre o balanço global de carbono e os climas locais, assim como pela crescente pressão na utilização do solo para expansão agrícola, produção bovina, produção de carvão e colonização devido ao aumento populacional (FURLEY, 2006; HUBER, 1987; PRANCE, 2006).

A principal área savânica contínua no Brasil faz parte do bioma Cerrado, concentrada no Planalto Central, no entanto, savanas disjuntas podem ser encontradas em diversos biomas brasileiros, incluindo o bioma Amazônia (BARBOSA, R. et al., 2007; DE CARVALHO; MUSTIN, 2017). Na Amazônia as savanas ocupam o segundo lugar em vegetação mais extensa e são constituídas por sete grandes áreas consideradas, em sua maioria, pobres em diversidade de espécies arbóreas e arbustivas grandes (RATTER; BRIDGEWATER; RIBEIRO, 2003). A savana disjunta de Alter do Chão, entretanto, é considerada vegetativamente mais rica em espécies, com números comparáveis aos do Cerrado (MAGNUSSON et al., 2008; RATTER; BRIDGEWATER; RIBEIRO, 2003).

No Brasil as áreas de savana de modo geral, caracterizam-se por plantas adaptadas a climas secos, solos distróficos com acidez e concentração de alumínio altas, baixa produção de serapilheira e baixa fertilidade (HARIDASAN, 2000). Em Alter do Chão, as manchas de savanas estão sujeitas a queimadas frequentes (1-3 anos, A. P. Lima, dados não publicados), apresentam solo principalmente arenoso com estrato graminoso predominante, vegetação herbáceo-arbustiva de densa a esparsa e árvores espalhadas na paisagem (SANAIOTTI; MAGNUSSON, 1995).

Entre as espécies arbóreas encontradas com copa presente em mais de 1% dessa savana, *Anacardium occidentale* L. (cajuzeiro) é uma delas. Este se reproduz a partir de dois metros de altura quando é considerado adulto (MAGNUSSON et al., 2008), e nessa área possui uma abundância relativa baixa, sendo a única espécie hospedeira localmente compatível com *Psittacanthus plagiophyllus* Eichl., uma planta parasita vulgarmente conhecida como erva-de-passarinho (FADINI, 2011).

Desta forma, construímos equações alométricas com diferentes variáveis preditoras da biomassa para *P. plagiophyllus* e, em seguida, utilizamos o melhor modelo para estimar a biomassa dessa espécie na savana de Alter do Chão. Nossas questões são as seguintes: (1) Qual conjunto de variáveis oferece a melhor relação alométrica com a biomassa de *P. plagiophyllus*? (2) Quanto da biomassa acumulada pode ser explicada pelo tamanho do hospedeiro? (3) Qual a relação entre a intensidade de infecção e biomassa de ervas-de-passarinho acumulada por hospedeiro? E (4) Qual a estimativa de biomassa de *P. plagiophyllus* para a savana em estudo e o que isso representa em relação à biomassa arbórea?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo geral

Avaliar a contribuição da erva-de-passarinho *Psittacanthus plagiophyllus* para o estoque de biomassa vegetal das savanas de Alter do Chão e ilustrar o papel da biomassa de ervas-de-passarinho em sistemas naturais em comparação com as medidas usuais (prevalência e intensidade de infecção) utilizadas em estudos sobre o grupo.

1.2.2. Objetivos específicos

- I. Avaliar a qualidade dos modelos de predição da biomassa da erva-de-passarinho *P. plagiophyllus* para diferentes combinações de suas variáveis alométricas preditoras;
- II. Avaliar se é possível prever a biomassa de ervas-de-passarinho acumulada através de dados biométricos do hospedeiro;
- III. Quantificar a representatividade da biomassa das ervas-de-passarinho estimada em relação a biomassa arbórea das áreas de savana estudadas.

2. Material e Métodos

2.1. Área de estudo

Este estudo foi conduzido na savana amazônica de Alter do Chão (2°31' S e 55°00' W), Pará, Brasil (Fig. 2). O solo é arenoso (>90% de areia) (SANAIOTTI; MAGNUSSON, 1995), a temperatura média anual é de 27,5 °C e a precipitação média anual é acima de 2.000 mm, o clima é tipicamente do tipo Am conforme classificação de Köppen-Geiger. As estações

estão divididas entre os meses chuvosos (janeiro a maio) e menos chuvosos (junho a dezembro). Entre os meses de agosto a outubro, o auge da estação seca, a precipitação fica abaixo de 50 mm mensais (CERQUEIRA, 2006). As queimadas são frequentes na região, com tempo de retorno de fogo de 1-3 anos (A. P. Lima, dados não publicados). O número de espécies de plantas é comparável ao do Cerrado (RATTER; BRIDGEWATER; RIBEIRO, 2003). No entanto, o número de espécies de árvores é baixo (*ca.* 20-30 espécies) (MAGNUSSON et al., 2008; MIRANDA, 1995). A área (Fig. 2), com cerca de 10.000 hectares, abriga 35-40 parcelas permanentes do Programa de Pesquisa em Biodiversidade (PPBio), divididas em 4 transecções paralelas, em sentido norte-sul, com 250 m de comprimento e 50 m entre si (MAGNUSSON et al., 2008).

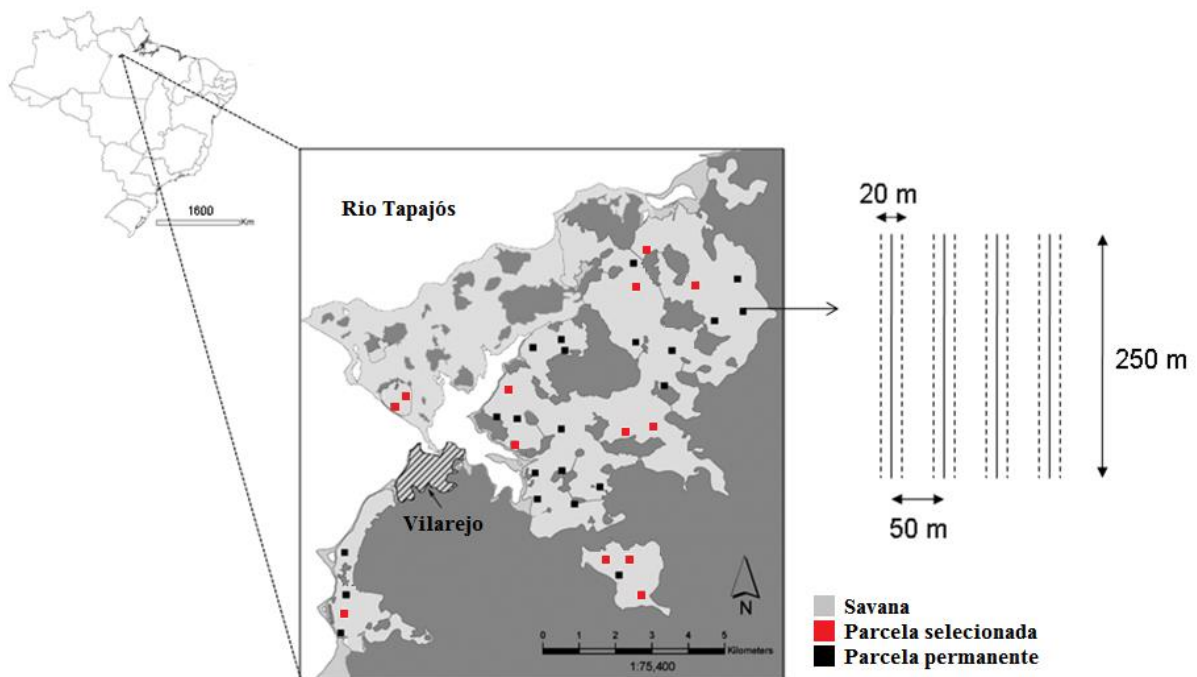


Figura 2. Localização espacial da área de estudo (noroeste do estado do Pará, Amazônia Brasileira).

2.2. Equações alométricas para a erva-de-passarinho

Em agosto e setembro de 2016, 35 ervas-de-passarinho adultas (com estruturas reprodutivas ou cicatrizes destas) foram removidas manualmente de 13 hospedeiros selecionados oportunamente em três sites de savana, distantes > 500 m das parcelas permanentes do PPBio. Escolhemos estes locais com base na similaridade de condições ambientais para os hospedeiros e as ervas-de-passarinho, amostrados fora e dentro das parcelas. Removemos apenas algumas ervas-de-passarinho de cada árvore; aquelas escolhidas

para remoção foram selecionadas para representar todos os tamanhos encontrados nos indivíduos em campo, e foram distribuídas em toda a copa em relação à altura e ao aspecto. Medimos o diâmetro e profundidade do haustório (cm), o diâmetro e profundidade da copa (m), a altura da erva perpendicular à copa (m) e estimamos visualmente a porcentagem de folhas (em quatro classes de 25%, variando de 1: 1-25% até 4: 76-100%). Em laboratório, pesamos as plantas e as secamos a 70 °C em estufa durante dois dias, separando entre folhas, galhos (centrais e periféricos), frutos e flores. Também obtivemos a média da densidade básica da madeira que é a relação encontrada entre o peso seco e o volume saturado da madeira, de 2-3 secções transversais dos galhos centrais de 4 indivíduos para descrição.

Antes de elaborarmos as equações alométricas, criamos outras duas variáveis com base na literatura: o elipsoide e o índice de volume foliar (IVF). A equação do elipsoide foi utilizada por Miller et al. (2003) para estimar o volume da erva-de-passarinho *Amyema miquelii* na Austrália, enquanto March e Watson (2007) adicionaram uma medida da porcentagem de folhas a essa fórmula para produzir o IVF e estimar a biomassa para a mesma espécie. Na fórmula (Equação 1), *a*, *b* e *c* são diâmetro, profundidade e altura da copa da erva-de-passarinho, respectivamente. A porcentagem foliar variou em classes de 1 (1-25%) até 4 (76-100%).

$$\text{Índice de volume foliar (IVF): } \frac{1}{6} * \pi * a * b * c * \text{porcentagem foliar (Eq. 1)}$$

Na elaboração das equações alométricas, relacionamos as variáveis preditoras à biomassa total líquida seca através de regressões lineares com os dados transformados em logarítimo. A qualidade dos modelos foi avaliada através do erro padrão (EP modelo) e do coeficiente de determinação (r^2). Após encontrarmos o melhor modelo, desfizemos a transformação dos dados para ajusta-los aos dados originais. Ajustamos um novo modelo aos dados através de uma regressão não linear por um processo iterativo, utilizando como valores iniciais os parâmetros estimados com o modelo log-log. Utilizamos o modelo não linear para as estimativas de biomassa das ervas-de-passarinho em campo.

A mudança da biomassa alocada nas folhas e galhos foi avaliada ao transformarmos a biomassa de galhos e de folhas em logaritmo e avaliarmos a relação entre ambas utilizando uma regressão linear. Não há consenso na literatura se relações alométricas devem ser analisadas com regressões lineares ou regressões robustas (MÜLLER; SCHMID; WEINER, 2000). Portanto, optamos pela análise mais usual. Se $b = 1$, há uma relação proporcional biomassa de galhos e folhas. No nosso caso, utilizamos a biomassa de galhos no eixo *x* e de

folhas no eixo y . Assim, se $b < 1$, a biomassa de folhas decresce desproporcionalmente com a biomassa de galhos. Se $b > 1$, a biomassa de folhas cresce desproporcionalmente com a biomassa de galhos. Se $b = 1$, o crescimento é proporcional. Testamos a diferença entre o b calculado e o b esperado ($b = 1$) com um teste t pareado, substituindo os valores na equação e resolvendo para a biomassa estimada de folhas (GUIMARÃES JÚNIOR, 2003).

2.3. Estimativa de campo da biomassa das ervas-de-passarinho e das árvores

Entre julho e setembro de 2016, contamos e medimos as ervas-de-passarinho adultas da espécie estudada em 13 parcelas, selecionadas para abranger diferentes históricos de fogo, com base em informações anuais dos últimos 20 anos. Todos os hospedeiros > 2 m de altura foram amostrados ao longo de 20 m de cada transeção (Fig. 2), totalizando 80 x 250 m (2 ha). Dois metros foram considerados um ponto de medição adequado após um levantamento preliminar de árvores parasitadas, onde ervas-de-passarinho não foram encontradas em árvores menores que 2 m de altura. O perímetro basal (cm), o diâmetro (m), a profundidade da copa (m) e a altura (m) dos hospedeiros foram registrados. A presença de infecção, juntamente com o número e o tamanho das ervas-de-passarinho foram registrados para indivíduos reprodutivos ou com cicatrizes de estruturas reprodutivas anteriores. As variáveis de tamanho registradas das ervas-de-passarinho foram o diâmetro e profundidade da copa (m), a altura perpendicular à copa (m) e a porcentagem de folhas. A altura de cada hospedeiro foi estimada com auxílio de uma vara decimetrada.

A relação entre o tamanho do hospedeiro e a biomassa das ervas-de-passarinho foi avaliada utilizando dois conjuntos de modelos de regressão linear: (1) para todos os hospedeiros e (2) apenas para os hospedeiros infectados. Transformamos a biomassa em logaritmo para atender os pressupostos de homogeneidade e normalidade dos resíduos e realizar os testes. Também construímos modelos de regressão para a intensidade de infecção (número de ervas-de-passarinho por hospedeiro), transformada em raiz quadrada, como variável dependente. Para o segundo conjunto de modelos, utilizamos os resíduos da regressão de biomassa e intensidade de infecção contra o tamanho do hospedeiro em uma nova regressão, desta vez para relacionar o número de infecções (parcial), como variável independente, contra a biomassa das ervas-de-passarinho (parcial), como variável dependente. Assim, utilizamos o coeficiente angular dessa nova equação para testar se a biomassa de ervas-de-passarinho varia linearmente em função da intensidade de infecção, após levar em

conta o tamanho do hospedeiro. Para interpretação da relação entre a intensidade e a biomassa, utilizamos uma equação com dados não transformados.

A biomassa arbórea usada como referência para comparação com a biomassa das ervas-de-passarinho foi calculada ao utilizarmos os dados de uma parcela (2°31' S e 54°54' W) de 1 hectare na savana de Alter do Chão, coletados por Ted Feld Pausch, disponível livremente na plataforma ForestPlots.net (LOPEZ-GONZALEZ et al., 2011). Esses dados consideram apenas árvores maiores ou iguais a 10 cm de DAP. O modelo utilizado para cálculo de biomassa arbórea (CHAVE et al., 2005) leva em conta o DAP e a densidade básica da madeira, esta última retirada de ZANNE *et al.* (2009). Em todo o trabalho, descrições dos dados incluem média \pm desvio padrão, exceto quando indicado de outra forma.

3. Resultados e Discussão

Para nossa compreensão, os resultados apresentados aqui são os primeiros disponíveis no mundo todo para a biomassa total alocada em ervas-de-passarinho, ilustrando um fato até hoje não avaliado pela maioria dos estudos: as ervas-de-passarinho não são apenas números, elas estocam biomassa e variam muito de tamanho. A biomassa das ervas-de-passarinho foi ligeiramente maior nos galhos, sugerindo que estes são tão importantes quanto as folhas no estoque de biomassa local. Assim, sua importância nos processos ecossistêmicos deve ser considerada, uma vez que a produção de liteira fina e grossa (que não foram aqui avaliadas) pode ser um serviço essencial para savanas com solos pobres em nutrientes (MARCH; WATSON, 2007, 2010; SOLER et al., 2015; NDAGURWA et al., 2016), como no presente estudo.

3.1. Alocação da biomassa

A densidade básica da madeira da base do galho central de *P. plagiophyllus* é de $0,66 \pm 0,01$ g/cm³. Um total de 70,95 kg de biomassa úmida de 35 ervas-de-passarinho foi removido de 13 amostras de árvores hospedeiras, e variou de 45,8 g até 12,12 kg. A biomassa seca total foi de 32,4 kg e variou de 28,2 g até 6,48 kg. A média da massa seca representa $43,8 \pm 8,2\%$ (amplitude de 20,4 – 61,5%) da biomassa úmida total (Tabela 1). O número de frutos total foi de 16539 e variou de 0 até 5454 por erva-de-passarinho. A alocação da biomassa entre galhos e folhas foi muito similar, com pequena biomassa alocada para a produção de estruturas reprodutivas (Tabela 1). Apesar da evidente participação de estruturas

lenhosas em ervas-de-passarinho de vários gêneros como *Psittacanthus* (COLLAZO; GEILS, 2002), *Amyema*, *Peraxilla*, *Alepis* (PATEL, 1991), *Erianthemum* (DZEREFOS; WITKOWSKI; SHACKLETON, 2003) entre outros, seu papel como estoque temporário de biomassa é pouco documentado. Ao analisarmos a biomassa das plantas separadamente, mostramos que os galhos são tão importantes quanto as folhas no estoque de biomassa, o que inclui uma informação até então negligenciada na história de vida dessas plantas. Adicionalmente, os galhos promovem a estocagem de biomassa por um período mais longo do que as folhas (em média de 5 a 10 anos, R. Fadini, obs. pessoal) e, ao se decomporem, podem liberar os nutrientes mais lentamente e por mais tempo do que as folhas.

Tabela 1. Percentual da biomassa seca total alocada na morfologia vegetal de 35 ervas-de-passarinho da espécie *Psittacanthus plagiophyllus* coletadas na savana de Alter do Chão, Brasil.

Medida (%)	Média	± DP	Mínimo	Máximo
Galhos periféricos	18,4	6,4	4,1	37,9
Galhos centrais	29,4	9,9	17,9	61,2
Galhos total	47,8	13,5	26,1	92,6
Folhas	46,1	13,5	6,7	70,7
Frutos e flores	6	6,1	0	22,6

A alocação de biomassa nos galhos centrais foi, em média, 60% maior do que nos galhos periféricos. Um decréscimo desproporcional no investimento em folhas relativo ao investimento em galhos foi encontrado à medida que a planta cresce ($r^2 = 0,77$). Esse decréscimo é explicado pela diferença na média dos valores estimados para a biomassa de folhas, com $b = 0,79$ (calculado através do modelo log-log) e $b = 1$ (caso o investimento na biomassa de galhos e folhas fosse igual) ($p < 0,001$) (Fig. 3). *Psittacanthus plagiophyllus* é severamente afetada pelo fogo localmente e indivíduos menores atingidos diretamente pelas chamas morrem, ao passo que indivíduos maiores podem sobreviver à passagem de queimadas rápidas (FADINI; LIMA, 2012). Nós sugerimos que isso se deve à maior alocação de biomassa para as partes lenhosas à medida que a planta cresce, aumentando o efeito protetor da casca em indivíduos grandes (KELLY; REID; DAVIES, 1997).

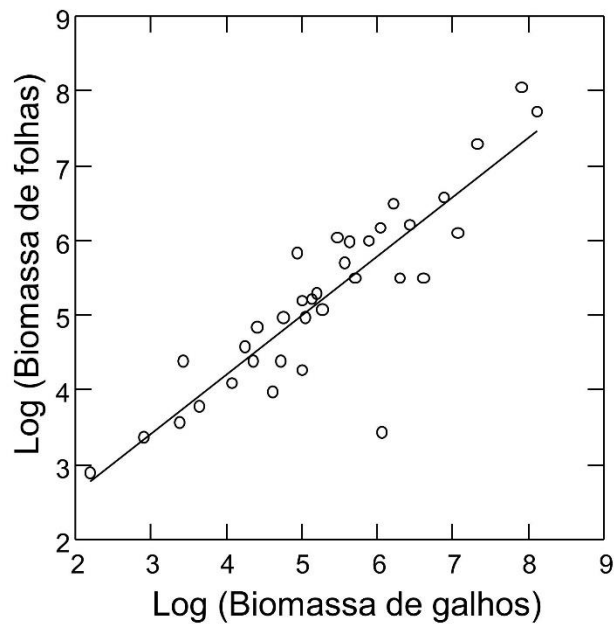


Figura 3. Relação entre a biomassa de galhos e biomassa de folhas da erva-de-passarinho *Psittacanthus plagiophyllus*, calculada para 35 indivíduos removidos da savana de Alter do Chão, Brasil.

3.2. Equações alométricas

As equações alométricas para a estimativa da biomassa total da erva-de-passarinho *P. plagiophyllus* são apresentadas na Tabela 2. Todas as variáveis preditoras têm relação positiva significativa com a biomassa seca das ervas-de-passarinho ($p < 0,01$ ou $p < 0,001$). A equação alométrica que utiliza medidas do haustório como variável preditora apresentou a pior relação avaliada. As equações que utilizam o diâmetro e profundidade da copa ou a altura como preditores, tiveram ajuste similar. A coleta de dados baseada no diâmetro e profundidade da copa é suficiente para produzir relações satisfatórias com a biomassa em incursões rápidas de campo, além de ser menos arriscada, pois os diâmetros são mais fáceis e precisamente mensuráveis a partir do chão (BARBOSA, J. et al., 2016). No entanto, a qualidade do ajuste aumentou quando o IVF e o elipsoide foram usados como estimadores. A equação alométrica que utiliza como preditores o diâmetro, profundidade da copa e a altura, superou ligeiramente a equação que utiliza o elipsoide como preditor ($r^2 = 0,9$). Resultado semelhante foi obtido por March e Watson (2007), que utilizaram o IVF para estimar a biomassa de folhas da erva-de-passarinho *Amyema miquelii* (Lehm. ex Miq.), na Austrália. A inclusão da altura do indivíduo melhorou o modelo consideravelmente e parece ser essencial para estimar a biomassa de ervas-de-passarinho com copas irregulares, como em *P. plagiophyllus*. No entanto, a utilização do diâmetro da copa pode ser suficiente no caso de ervas-de-passarinho

regulares (i.e., perfeitamente redondas) como *Psittacanthus nodosissimus* Rizzini, em nossa área de estudo, além de muitas outras espécies de *Phoradendron* (KUIJT, 2003).

Tabela 2. Equações alométricas para estimar biomassa, elaboradas a partir de variáveis distintas coletadas em 35 indivíduos de *Psittacanthus plagiophyllus* coletados na savana de Alter do Chão, Brasil.

Modelo	Coef.	Valor Coef.	EP	EP (modelo)	r ²	P
(1) log (biom) = a + b log (diahaus x profhaus)	a	-3.35	0.97	0.64	0.74	<0.01
	b	2.41	0.24			<0.001
(2) log (biom) = a + b log (diam x prof)	a	-6.24	1.05	0.55	0.81	<0.001
	b	2.76	0.23			<0.001
(3) log (biom) = a + b log (altura)	a	-5.91	1	0.54	0.81	<0.001
	b	2.95	0.24			<0.001
(4) log (biom) = a + b log (IVF)	a	6.28	0.08	0.48	0.85	<0.001
	b	1.01	0.07			<0.001
*(5) log (biom) = a + b log (elipsoide)	a	7.63	0.12	0.42	0.89	<0.001
	b	1.03	0.06			<0.001
*(6) log (biom) = a + b log (diam x prof x altura)	a	-7.48	0.77	0.39	0.9	<0.001
	b	1.59	0.09			<0.001

biom: biomassa total seca líquida; diahaus: diâmetro do haustório; profhaus: profundidade do haustório; diam: diâmetro da copa; prof: profundidade da copa; IVF: índice de volume foliar; * equações significativas.

O modelo com os melhores resultados obtidos para erro padrão e coeficiente de determinação foi selecionado para estimar a biomassa das ervas-de-passarinho (modelo 6 na Tabela 2). O valor transformado em log do tamanho foi linearmente relacionado à biomassa transformada em log para clara visualização no gráfico (Fig. 4a). O modelo log-log foi bom para estimar a biomassa das ervas-de-passarinho menores que 1 kg, porém subestimou a biomassa das ervas-de-passarinho maiores que 1 kg. Os valores do tamanho e da biomassa foram relacionados pelo modelo não linear, estimado através de tentativa e erro (Fig. 4b). O modelo não linear foi bom para estimar a biomassa das ervas-de-passarinho e foi melhor do que o modelo log-log para estimar a biomassa das plantas maiores que 1 kg. O modelo log-log, no estado original da equação, foi comparado ao modelo não linear.

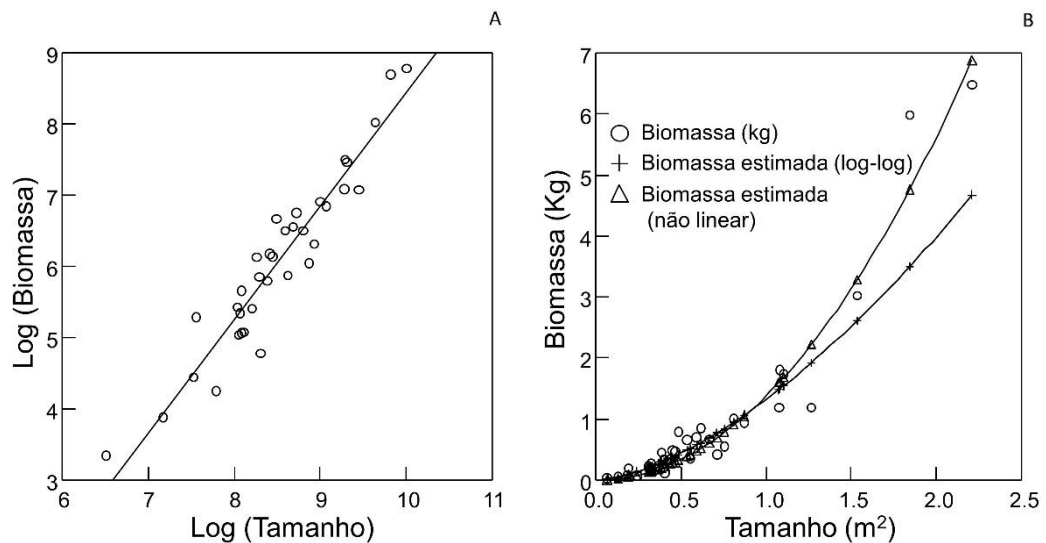


Figura 4. Representação gráfica das relações alométricas entre o tamanho (diam x prof x altura) e a biomassa da erva-de-passarinho *Psittacanthus plagiophyllus* para o melhor modelo obtido na Tabela 2 ($r^2 = 0,9$). A) Gráfico com eixos transformados em log-log; B) Comparação entre o modelo log-log transformado de volta aos dados originais e o modelo não linear, estimado por tentativa e erro.

3.3. Intensidade de infestação e biomassa das ervas-de-passarinho em campo

Um total de 342 árvores hospedeiras foi registrado em 26 ha amostrados (média=13,1±8,3 ha⁻¹). O número de hospedeiros variou 63,3% (2,5 – 35,5 ha⁻¹) e a porcentagem de hospedeiros infectados variou de 0 até 44% na área amostrada. Registramos 150 ervas-de-passarinho em 51 árvores hospedeiras, em 16 hectares. A biomassa seca estimada variou de 8,4 g até 8,8 kg por erva-de-passarinho. O número de infecções por árvore hospedeira variou de 1 até 16 (16x), e a biomassa seca estimada das ervas-de-passarinho por hospedeiro variou de 24,4 g até 21 kg (825x). Aproximadamente 70% dos indivíduos têm <1 kg (Fig. 5a), porém representam apenas 20% da biomassa total estimada (Fig. 5b). Estrutura populacional com poucos indivíduos grandes e muitos pequenos (J-invertido) é típica entre as plantas em geral e entre as ervas-de-passarinho, em particular (BANNISTER; STRONG, 2001; NORTON; LADLEY; OWEN, 1997). Esse padrão sugere que as populações de *P. plagiophyllus* estão se autorregenerando, exceto em locais com alta frequência e intensidade de fogo, onde elas não ocorrem (FADINI; LIMA, 2012).

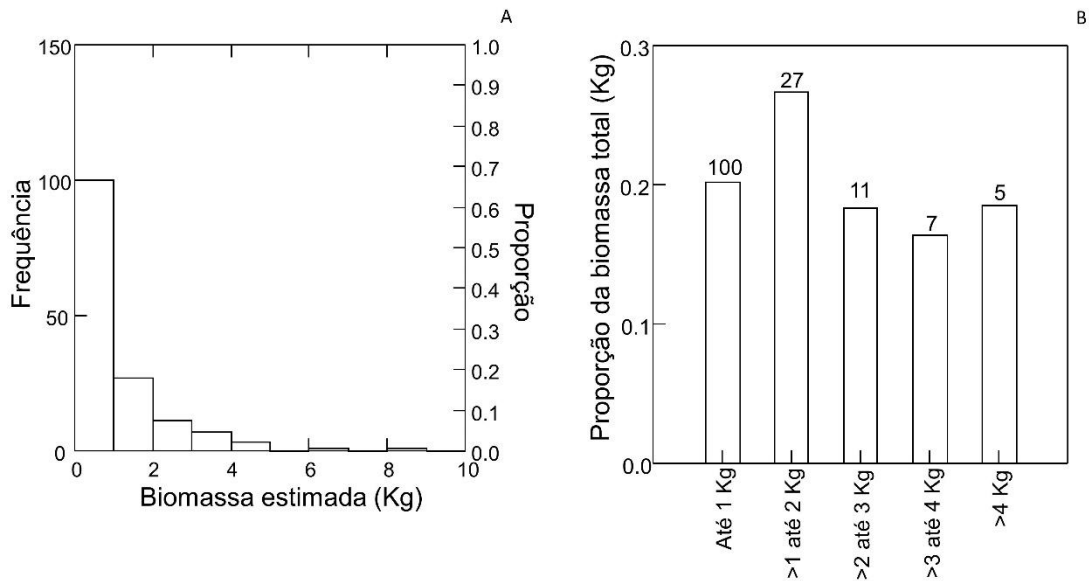


Figura 5. A. Histograma de frequências da biomassa seca estimada para 150 indivíduos da espécie *Psittacanthus plagiophyllus*, em 26 ha na savana de Alter do Chão, Brasil. B. Proporção da biomassa total distribuída em cada uma das classes de biomassa informadas. Os números acima das barras correspondem ao total de indivíduos em cada classe.

As relações entre o número de infecções, e a biomassa seca estimada das ervas-de-passarinho em uma árvore com a biometria do hospedeiro (i.e., diâmetro da copa) são apresentadas na Figura 5. O número de infecções e a biomassa seca estimada têm relação positiva, mas fraca com a biometria dos hospedeiros infectados e não infectados (Fig. 6abc), exceto a biomassa seca estimada em comparação com a biometria dos hospedeiros infectados que não tem relação ($r^2 = 0,03$ e $p > 0,05$). O número de ervas-de-passarinho em uma árvore hospedeira e o diâmetro da copa do hospedeiro são positivamente correlacionados, entretanto, os valores de r^2 dessa relação são baixos. Valores de r^2 baixos também foram encontrados em estudos anteriores, que correlacionaram o número e o volume de ervas-de-passarinho em uma árvore hospedeira com a altura e com o diâmetro basal do hospedeiro (NORTON; LADLEY; OWEN, 1997; OVERTON, 1994). Desta forma, a biometria do hospedeiro é geralmente um fator significativo, mas pobre preditor do número e da biomassa de ervas-de-passarinho. Isso indica que para estimar a biomassa de *P. plagiophyllus* (e provavelmente de outras ervas-de-passarinho) é necessário mensurá-las em campo e remover alguns indivíduos para desenvolver uma equação alométrica satisfatória.

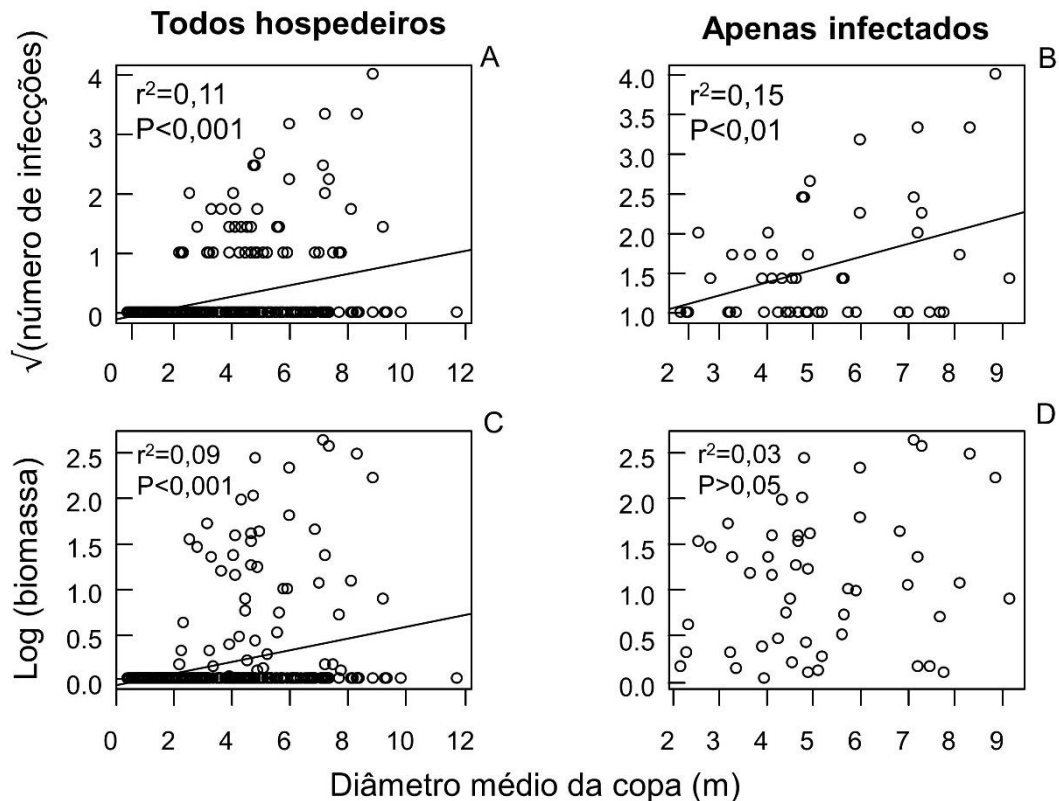


Figura 6. Regressão do número e da biomassa seca estimada de ervas-de-passarinho em uma árvore hospedeira em comparação à biometria do hospedeiro na savana de Alter do Chão, Brasil. Os valores de r^2 e p são dados para todos os hospedeiros (342 árvores) e apenas hospedeiros infectados (51 árvores). Eixos foram transformados para minimizar discrepâncias em relação aos pressupostos de homogeneidade e normalidade.

Os resíduos da biomassa seca estimada e do número de infecções por hospedeiro infectado, após a remoção da biometria do hospedeiro, têm relação positiva (Fig. 7). No entanto, o gráfico sugere que o modelo se ajusta satisfatoriamente aos dados para intensidades intermediárias de infecção, o que não acontece para hospedeiros muito infestados. Encontramos na área de estudo hospedeiros pequenos com infecções grandes e hospedeiros grandes com infecções de diversos tamanhos, às vezes em processo avançado de senescência, o que talvez possa ter causado o padrão observado. De qualquer modo, parece evidente que não é possível estimar a biomassa de ervas-de-passarinho usando apenas informações sobre o número de infecções.

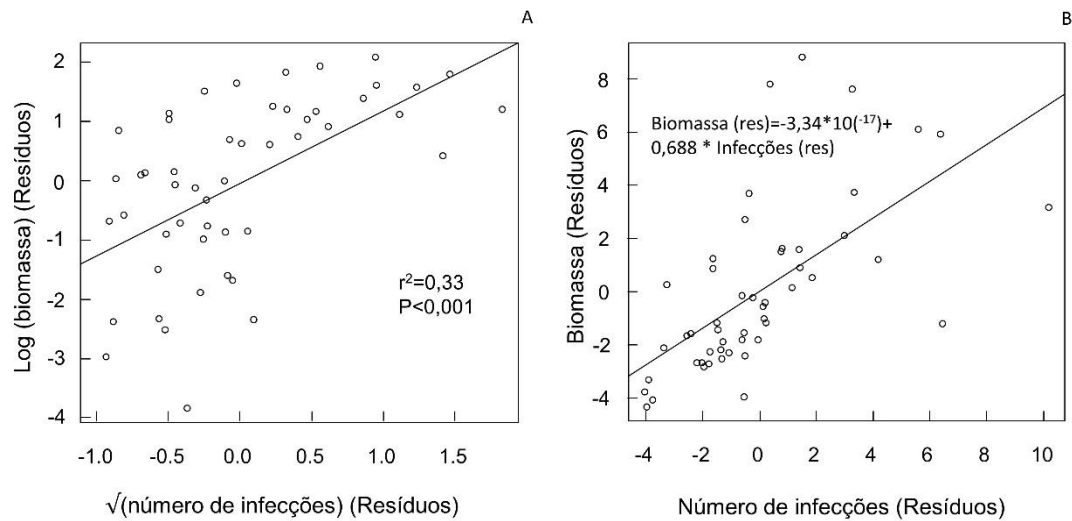


Figura 7. Regressão entre os resíduos do número de infecções e da biomassa de ervas-de-passarinho, após controlar o efeito do tamanho do hospedeiro. Em (A) os valores estão transformados para atender aos pressupostos de homogeneidade e normalidade do modelo. Em (B) os dados estão plotados em sua escala original para interpretação.

A biomassa seca estimada de *P. plagiophyllus*, no nível da paisagem, variou de 0.5 kg até 22 kg.ha⁻¹ entre as áreas com pelo menos uma infecção registrada (Fig. 8). Isso equivale de 0.005 até 0.2% da biomassa arbórea total acima do solo (> 10 cm DAP) estimada para a parcela amostrada (11.377 Kg). No entanto, pode ser que esses valores estejam sendo subestimados por apenas indivíduos adultos de uma única espécie terem sido amostrados entre outras três espécies (*P. biternatus*, *P. eucalyptifolius*, *P. nodosissimus*) encontradas nessa savana. Valores de biomassa muito baixos também foram encontrados para as epífitas em comparação à biomassa total dentro do ecossistema florestal (HSU; HORNG; KUO, 2002; NADKARNI, 1984). No entanto, assim como elas, as ervas-de-passarinho disponibilizam uma serapilheira rica em nutrientes ao longo do ano em diversas partes do mundo (MARCH; WATSON, 2007, 2010; NDAGURWA; DUBE; MLAMBO, 2013; NDAGURWA et al., 2016; SOLER et al., 2015), o que sugere que o seu papel pode ser maior na dinâmica da ciclagem de nutrientes dentro do ecossistema do que no estoque de biomassa.

As ervas-de-passarinho assim como as lianas, reduzem o crescimento e sobrevivência dos hospedeiros (REID; SMITH; VENABLES, 1992; REID; YAN; FITTLER, 1994), ao mesmo tempo em que estocam biomassa. Além disso, são fonte de nutrientes a curto e médio prazos para os ecossistemas arborizados no mundo todo (COLLAZO; CHAVEZ; CHAVEZ, 1982; GEILS; HAWKSWORTH, 2002; HEIJDEN et al., 2013; NDAGURWA; DUBE; MLAMBO, 2013; REID; SMITH; VENABLES, 1992; SILVA; DEL RIO, 1996; WATSON, 2001). Por isso, entender o balanço entre ganhos (para a erva-de-passarinho) e perdas (para o

hospedeiro) de biomassa é fundamental para entender até que ponto o papel das ervas-de-passarinho é benéfico ou prejudicial para o sequestro de carbono em ambientes arborizados.

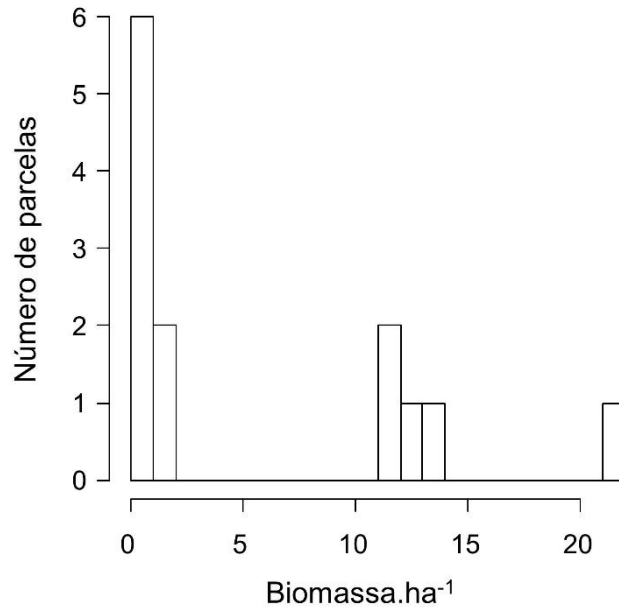


Figura 8. Histograma de frequência da biomassa estimada de *P. plagiophyllus* em 26 hectares (13 parcelas), na savana de Alter do Chão, Brasil.

4. Conclusão

A equação baseada em diâmetro, profundidade da copa e altura apresentada neste estudo fornece uma medida simples para a estimativa da biomassa de *Psittacanthus plagiophyllus* na pesquisa de campo. Embora a biometria do hospedeiro (i.e., diâmetro da copa) não explique a intensidade de infecção e a biomassa acumulada por hospedeiro, o modelo com os resíduos da biomassa estimada das ervas-de-passarinho e do número de infecções por hospedeiro é bom para prever a biomassa das ervas-de-passarinho em árvores com número intermediário de infecções. A biomassa das ervas-de-passarinho é menor que 0,5% da biomassa arbórea total acima do solo nessa savana. A dinâmica na alocação dessa biomassa é semelhante nos galhos e folhas em indivíduos pequenos e é maior em galhos lenhosos em indivíduos grandes. A biomassa de poucos indivíduos grandes compensa a biomassa de vários indivíduos pequenos, sugerindo que a biomassa é importante para relacionar a erva-de-passarinho com outros organismos. Por fim, o fato das ervas-de-passarinho estocarem biomassa temporariamente, atuarem na ciclagem de nutrientes e

também reduzirem a biomassa do hospedeiro, demanda estudos sobre o papel que têm no balanço do carbono dentro do ecossistema.

5. Referências Bibliográficas

ARRUDA, R. et al. Ecology of neotropical mistletoes: an important canopy-dwelling component of brazilian ecosystems. **Acta Botanica Brasilica**, v. 26, n. 2, p. 264–274, 2012.

AUKEMA, J. E.; DEL RIO, C. M. Variation in mistletoe seed deposition: effects of intra- and interspecific host characteristics. **Ecography**, v. 25, n. June 2001, p. 139–144, 2002.

BANNISTER, P.; STRONG, G. L. The distribution and population structure of the temperate mistletoe *Ileostylus micranthus* in the Northern Cemetery, Dunedin, New Zealand. **New Zealand Journal of Botany**, v. 39, p. 225–233, 2001.

BARBOSA, J. M. et al. Hemiparasite–host plant interactions in a fragmented landscape assessed via imaging spectroscopy and LiDAR. **Ecological Applications**, v. 26, n. 1, p. 55–66, 2016.

BARBOSA, R. I. **Savanas da Amazônia: emissão de gases do efeito estufa e material particulado pela queima e decomposição da biomassa acima do solo, sem a troca do uso da terra, em Roraima, Brasil**. 2001. 212 f. Tese (doutorado) –Universidade do Amazonas, Manaus, 2001.

BARBOSA, R. I. et al. The “Lavrados” of Roraima: biodiversity and conservation of Brazil’s Amazonian savannas. **Functional Ecosystems and Communities**, v. 1, n. 1, p. 29–41, 2007.

BENNETTS, R. E. et al. The influence of dwarf mistletoe on bird communities in Colorado Ponderosa pine forests. **Ecological Applications**, v. 6, n. 3, p. 899–909, 1996.

CALVIN, C. L.; WILSON, C. A. Comparative morphology of epicortical roots in Old and New World Loranthaceae with reference to root types, origin, patterns of longitudinal extension and potential for clonal growth. **Flora: Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants**, v. 201, n. 1, p. 51–64, 2006.

CATCHPOLE, W. R.; WHEELER, C. J. Estimating plant biomass: a review of techniques. **Australian Journal of Ecology**, v. 17, p. 121–131, 1992.

CERQUEIRA, J. L. R. P. DE. **Estudo radiometeorológico da Região Amazônica**. 2006. 261 f. Tese (doutorado)–Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

CHAMBERS, J. Q. et al. Tree damage, allometric relationships, and above-ground net primary production in central Amazon forest. **Forest Ecology and Management**, v. 152, n. 1–3, p. 73–84, 2001.

CHAVE, J. et al. Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. **Oecologia**, v. 145, n. 1, p. 87–99, 2005.

COLLAZO, I. V.; CHAVEZ, R. P.; CHAVEZ, R. P. Efecto del parasitismo del Muerdago (*Psittacanthus schiedeana* Cham. & Schlecht Blume) en el desarrollo de tres especies del genero *Pinus*. **Revista Mexicana de Ciencias Forestales**, v. 7, n. 40, p. 48–64, 1982.

COLLAZO, I. V.; GEILS, B. W. *Psittacanthus* in Mexico. In: GEILS, B. W.; TOVAR, J. C.; MOODY, B. (Eds.). **Mistetloes of North American Conifers**. Gen. Tech. ed. Ogden, UT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. 123 p., 2002. p. 9–17.

COONEY, S. J. N.; WATSON, D. M. Diamond Firetails (*Stagonopleura guttata*) preferentially nest in mistletoe. **The Emu: official organ of the Australasian Ornithologists' Union**, v. 105, n. 4, p. 317–322, 2005.

COONEY, S. J. N.; WATSON, D. M.; YOUNG, J. Mistletoe nesting in Australian birds: a review. **The Emu: official organ of the Australasian Ornithologists' Union**, v. 106, n. 1, p. 1–12, 2006.

DE CARVALHO, W. D.; MUSTIN, K. The highly threatened and little known Amazonian savannahs. **Nature Ecology and Evolution**, v. 1, n. 4, p. 1–3, 2017.

DZEREFOS, C. M.; WITKOWSKI, E. T. F.; SHACKLETON, C. M. Host-preference and density of woodrose-forming mistletoes (Loranthaceae) on savanna vegetation, South Africa. **Plant Ecology**, v. 167, p. 163–177, 2003.

FADINI, R. F. Non-overlap of hosts used by three congeneric and sympatric loranthaceous mistletoe species in an Amazonian savanna: host generalization to extreme specialization. **Acta Botanica Brasílica**, v. 25, n. 2, p. 337–345, 2011.

FADINI, R. F.; GONÇALVES, D. C. M.; REIS, R. P. F. Consistency in seed-deposition patterns and the distribution of mistletoes among its host trees in an Amazonian savanna. **Australian Journal of Botany**, v. 57, n. 8, p. 640–646, 2010.

FADINI, R. F.; LIMA, A. P. Fire and host abundance as determinants of the distribution of three congener and sympatric mistletoes in an Amazonian savanna. **Biotropica**, v. 44, n. 1, p. 27–34, 2012.

FILHO, A. C. Cerrados amazônicos: fósseis vivos? Algumas reflexões. **Rev. IG, São paulo**, v. 14, n. 1, p. 63–68, 1993.

FURLEY, P. Tropical savannas. **Progress in Physical Geography**, v. 30, n. 1, p. 105–121, 2006.

GEHRING, C.; PARK, S.; DENICH, M. Liana allometric biomass equations for Amazonian primary and secondary forest. **Forest Ecology and Management**, v. 195, n. 1–2, p. 69–83, 2004.

GEILS, B. W.; HAWKSWORTH, F. G. Damage, Effects, and Importance of Dwarf Mistletoes. In: GEILS, B. W.; TOVAR, J. C.; MOODY, B. (Eds.). **Mistetloes of North American Conifers**. Gen. Tech. ed. Ogden, UT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. 123 p., 2002. p. 57–66.

GRACE, J. et al. Productivity and carbon fluxes of tropical savannas. **Journal of Biogeography**, v. 33, p. 387–400, 2006.

GUIMARÃES JÚNIOR, P. R. **Predação de sementes em *Crotalaria pallida* (Leguminosae; Papilionoideae; Crotalarieae): fatores dependentes de densidade e defesas bióticas e químicas**. 2003. [s.l.]. Dissertação (mestrado)—Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 2003.

GWINNER, H. et al. Green plants in starling nests: effects on nestlings. **Animal behaviour**, v. 59, n. 2, p. 301–309, 2000.

HARIDASAN, M. Nutrição mineral de plantas nativas do Cerrado. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 12, n. 1, p. 54–64, 2000.

HEIJDEN, G. M. VAN DER et al. Liana impacts on carbon cycling, storage and sequestration in tropical forests. **Biotropica**, v. 45, n. 6, p. 682–692, 2013.

HSU, C.-C.; HORNG, F.-W.; KUO, C.-M. Epiphyte biomass and nutrient capital of a moist subtropical forest in north-eastern Taiwan. **Journal of Tropical Ecology**, v. 18, p. 659–670, 2002.

HUBER, O. Neotropical savannas: their flora and vegetation. **Trends in Ecology and Evolution**, v. 2, n. 3, p. 67–71, 1987.

IBGE, Brasil. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. 2. ed. Rio de Janeiro, RJ - Brasil: Manuais técnicos em geociências, 2012. v. 55

KARUNAICHAMY, K. S. T. K.; PALIWAL, K.; ARP, P. A. Biomass and nutrient dynamics of mistletoe (*Dendrophthoe falcata*) and neem (*Azadirachta indica*) seedlings. **Current Science**, v. 76, n. 6, p. 840–842, 1999.

KELLY, P.; REID, N.; DAVIES, I. Effects of experimental burning, defoliation, and pruning on survival and vegetative resprouting in mistletoes (*Amyema miquelii* and *Amyema pendula*). **International Journal of Plant Sciences**, v. 158, n. 6, p. 856–861, 1997.

KOEHLER, H. S. et al. Fontes de erros nas estimativas de biomassa e carbono fixado na floresta ombrófila mista. **Biomassa & Energia**, v. 2, n. 1, p. 69–77, 2005.

KUIJT, J. **Monograph of Phoradendron (Viscaceae)**. American Society of Plant Taxonomists, Ann Arbor, Michigan, 2003. v. 66, 643 p. ISBN 978-0-912861-66-1.

KUIJT, J.; AMERICAN SOCIETY OF PLANT TAXONOMISTS. **Monograph of Psittacanthus (Loranthaceae)**. American Society of Plant Taxonomists, Ann Arbor, Michigan, 2009. v. 86, 361 p. ISBN: 978-0-912861-86-9.

LAL, R. Savannas and global climate change: source or sink of atmospheric CO₂. In: FALEIRO, F. G.; FARIAS NETO, A. L. DE (Eds.). **Savanas: desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais**. 1. ed. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados: Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. p. 80–102.

LOPEZ-GONZALEZ, G. et al. ForestPlots.net: a web application and research tool to manage and analyse tropical forest plot data. **Journal of Vegetation Science**, v. 22, n. 4, p. 610–613, 2011.

LÓPEZ DE BUEN, L.; ORNELAS, J. F.; GARCÍA-FRANCO, J. G. Mistletoe infection of trees located at fragmented forest edges in the cloud forests of central Veracruz, Mexico. **Forest Ecology and Management**, v. 164, n. 1–3, p. 293–302, 2002.

MAGNUSSON, W. E. et al. Composição florística e cobertura vegetal das savanas na região de Alter do Chão, Santarém - PA. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 31, n. 1, p. 165–177, 2008.

MARCH, W. A.; WATSON, D. M. Parasites boost productivity: effects of mistletoe on litterfall dynamics in a temperate australian forest. **Oecologia**, v. 154, n. 2, p. 339–347, 2007.

MARCH, W. A.; WATSON, D. M. The contribution of mistletoes to nutrient returns: evidence for a critical role in nutrient cycling. **Austral Ecology**, v. 35, n. 7, p. 713–721, 2010.

MCCUNE, B. Using epiphyte litter to estimate epiphyte biomass. **The Blyolopsi**, v. 97, n. 4,

p. 396–401, 1994.

MELLADO, A. et al. Temporal dynamic of parasite-mediated linkages between the forest canopy and soil processes and the microbial community. **New Phytologist**, v. 211, n. 4, p. 1382–1392, 2016.

MILLER, A. C. et al. Does water status of *Eucalyptus largiflorens* (Myrtaceae) affect infection by the mistletoe *Amyema miquelii* (Loranthaceae)? **Functional Plant Biology**, v. 30, n. 12, p. 1239–1247, 2003.

MIRANDA, I. S. Fenologia do estrato arbóreo de uma comunidade de cerrado em Alter-do-Chão, PA. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 18, n. 2, p. 235–240, 1995.

MISTRY, J. Fire in the cerrado (savannas) of Brazil: an ecological review. **Progress in Physical Geography**, v. 22, n. 4, p. 425–448, 1998.

MONTEIRO, R. F.; MARTINS, R. P.; YAMAMOTO, K. Host specificity and seed dispersal of *Psittacanthus robustus* (Loranthaceae) in south-east Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, v. 8, n. 3, p. 307–314, 1992.

MÜLLER, I.; SCHMID, B.; WEINER, J. The effect of nutrient availability on biomass allocation patterns in 27 species of herbaceous plants. **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics**, v. 3, n. 2, p. 115–127, 2000.

NADKARNI, N. M. Epiphyte biomass and nutrient capital of a Neotropical Elfin forest. **Biotropica**, v. 16, n. 4, p. 249–256, 1984.

NAPIER, K. R. et al. Do bird species richness and community structure vary with mistletoe flowering and fruiting in western Australia? **The Emu: official organ of the Australasian Ornithologists' Union**, v. 114, n. 1, p. 13–22, 2014.

NDAGURWA, H. G. T.; DUBE, J. S.; MLAMBO, D. The influence of mistletoes on nitrogen cycling in a semi-arid savanna, south-west Zimbabwe. **Journal of Tropical Ecology**, v. 29, n. 2, p. 147–159, 2013.

NDAGURWA, H. G. T. et al. Mistletoes via input of nutrient-rich litter increases nutrient supply and enhance plant species composition and growth in a semi-arid savanna, southwest Zimbabwe. **Plant Ecology**, v. 217, n. 9, p. 1095–1104, 2016.

NICKRENT, D. L. Santalales (Including Mistletoes). **Encyclopedia of Life Sciences**, p. 1–6, 2011.

NOGUEIRA, E. M. et al. Estimates of forest biomass in the Brazilian Amazon: new allometric equations and adjustments to biomass from wood-volume inventories. **Forest Ecology and Management**, v. 256, n. 11, p. 1853–1867, 2008.

NORTON, D. A.; LADLEY, J. J.; OWEN, H. J. Distribution and population structure of the loranthaceous mistletoes *Alepis flavida*, *Peraxilla colensoi*, and *Peraxilla tetrapetala* within two New Zealand Nothofagus forests. **New Zealand Journal of Botany**, v. 35, p. 323–336, 1997.

OLIVEIRA, P. S.; MARQUIS, R. J (Eds.). **The cerrados of Brazil: ecology and natural history of a Neotropical savanna**. New York, Columbia University Press, 2002. 434 p. ISBN: 978-0-231-52939-6.

OVERMAN, J. P. M.; WITTE, H. J. L.; SALDARRIAGA, J. G. Evaluation of regression models for above-ground biomass determination in Amazon rain forest. **Journal of Tropical Ecology**, v. 10, n. 2, p. 207–218, 1994.

OVERTON, J. M. Dispersal and infection in mistletoe metapopulations. **Journal of Ecology**, v. 82, n. 4, p. 711–723, 1994.

PATEL, R. N. Wood anatomy of the dicotyledons indigenous to New Zealand 21. Loranthaceae. **New Zealand Journal of Botany**, v. 29, n. 4, p. 429–449, 1991.

PRANCE, G. T. Tropical savannas and seasonally dry forests: an introduction. **Journal of Biogeography**, v. 33, p. 385–386, 2006.

RATTER, J. A.; BRIDGEWATER, S.; RIBEIRO, J. F. Analysis of the floristic composition of the Brazilian Cerrado vegetation III: comparison of the woody vegetation of 376 areas. **Edinburgh Journal of Botany**, v. 60, n. 1, p. 57–109, 2003.

REID, N.; SMITH, D. M. S.; VENABLES, W. N. Effect of mistletoes (*Amyema preissii*) on host (*Acacia victoriae*) survival. **Australian Journal of Ecology**, v. 17, n. 2, p. 219–222, 1992.

REID, N.; YAN, Z.; FITTLER, J. Impact of mistletoes (*Amyema miquelii*) on host (*Eucalyptus blakelyi* and *Eucalyptus melliodora*) survival and growth in temperate Australia. **Forest Ecology and Management**, v. 70, p. 55–65, 1994.

SANAIIOTTI, T. M.; MAGNUSSON, W. E. Effects of annual fires on the production of fleshy fruits eaten by birds in a Brazilian Amazonian savanna. **Journal of Tropical Ecology**, v. 11, n. 1, p. 53–65, 1995.

SANO, E. E.; ROSA, R.; BRITO, J. L. & FERREIRA, L. G. **Mapeamento de cobertura vegetal do bioma Cerrado: estratégias e resultados**. Embrapa Cerrados, Planaltina, Distrito Federal, Brasil, 2007.

SILVA, A.; DEL RIO, C. M. Effects of the mistletoe *Tristerix aphyllus* (Loranthaceae) on the reproduction of its cactus host *Echinopsis chilensis*. **Oikos**, v. 75, n. 3, p. 437–442, 1996.

SILVEIRA, P. et al. O estado da arte na estimativa de biomassa e carbono em formações florestais. **Revista Floresta**, v. 38, n. 1, p. 185–206, 2008.

SMITH, W. B.; BRAND, G. J. Allometric biomass equations for 98 species of herbs, shrubs, and small trees. **Forest Service - US Dept. of Agriculture**, v. 299, 1983.

SOLER, R. et al. Mistletoes and epiphytic lichens contribute to litter input in Nothofagus Antarctica forests. **Acta Oecologica**, v. 68, p. 11–17, 2015.

TEODORO, G. S.; VAN DEN BERG, E.; ARRUDA, R. Metapopulation dynamics of the mistletoe and its host in savanna areas with different fire occurrence. **Plos One**, v. 8, n. 6, p. 1–7, 2013.

WATSON, D. M. Mistletoe: a keystone resource in forests and woodlands worldwide. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 32, p. 219–249, 2001.

WATSON, D. M. Mistletoe: a unique constituent of canopies worldwide. In: LOMAN, M.; RINKER, B. (Eds.). **Forest Canopies**. 2. ed. New York: Academic Press, 2004. p. 212–223.

ZANNE, A. E. et al. Data from: Towards a worldwide wood economics spectrum. **Dryad Digital Repository**. 2009. <https://doi.org/10.5061/dryad.234>