

# RESSALVA

Atendendo solicitação da  
autora, o texto completo desta tese  
será disponibilizado somente a partir  
de 25/10/2020.

---

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS  
(BIOLOGIA VEGETAL)**

---

**INTERAÇÃO LIANA-ÁRVORE EM VEGETAÇÕES COM PADRÕES SAZONAIS  
CONTRASTANTES**

**Betânia da Cunha Vargas**

Tese apresentada ao Instituto de Biociências do Câmpus de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de doutor em Ciências Biológicas (Biologia Vegetal).

Betânia da Cunha Vargas

**INTERAÇÃO LIANA-ÁRVORE EM VEGETAÇÕES COM PADRÕES  
SAZONAIS CONTRASTANTES**

Tese apresentada ao Instituto de Biociências do  
Câmpus de Rio Claro, Universidade Estadual  
Paulista, como parte dos requisitos para  
obtenção do título de doutor em Ciências  
Biológicas (Biologia Vegetal).

Orientador (a): Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Leonor Patrícia  
Cerqueira Morellato

Co-orientador (a): Dr<sup>ª</sup>. Maria Tereza Gromboni-  
Guaratini

**Rio Claro**

**2018**

V297i Vargas, Betânia da Cunha  
Interação liana-árvores em vegetações com padrões  
sazonais contrastantes / Betânia da Cunha Vargas. -- Rio  
Claro, 2018  
133 f. : tabs., mapas

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista  
(Unesp), Instituto de Biociências, Rio Claro  
Orientadora: Leonor Patrícia Cerdeira Morellato  
Coorientadora: Maria Tereza Gromboni-Guaratini

1. Revisão bibliográfica. 2. Biomassa e estoque de  
carbono. 3. Atributos funcionais foliares. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca do  
Instituto de Biociências, Rio Claro. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

TÍTULO DA TESE: Lianas em vegetações tropicais com padrões sazonais contrastantes: propriedades espectrais foliares e biomassa

**AUTORA: BETÂNIA DA CUNHA VARGAS**

**ORIENTADORA: LEONOR PATRICIA CERDEIRA MORELLATO**

**COORIENTADORA: MARIA TEREZA GROMBONE GUARATINI**

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em CIÊNCIAS BIOLÓGICAS (BIOLOGIA VEGETAL), pela Comissão Examinadora:



Profa. Dra. LEONOR PATRICIA CERDEIRA MORELLATO  
IB / UNESP/Rio Claro (SP)

Profa. Dra. JULIA CARAM SFAIR  
Departamento de Botânica / UFPE

Profa. Dra. LIANA OIGHENSTEIN ANDERSON  
(CEMADEN) / Centro Nacional de Monitoramento e alertas de desastres naturais



Profa. Dra. MARIA CRISTINA SANCHES  
Instituto de Biologia / Universidade Federal de Uberlândia - UFU



Prof. Dr. PEDRO HENRIQUE SANTIN BRANCALION  
Ciências Florestais / Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ) - SP

Rio Claro, 25 de outubro de 2018

## **AGRADECIMENTOS**

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo apoio financeiro para o desenvolvimento do projeto (projetos #2013/50155-0 FAPESP-Microsoft Research, #2010/51307-0 FAPESP-VALE-FAPEMIG e #2009/54208-6 EMU).

Aos diretores e funcionários do Parque Estadual do Vassununga (Gleba Pé de Gigante), Fundação Serra do Japi pelo apoio e suporte para desenvolvimento do trabalho. Principalmente ao Sr. Lauro (Fundação Serra do Japi) que nos ajudou com equipamentos de campo e uma boa conversa após termos das atividades de coleta. Incluo também a diretora e os funcionários, em especial ao André, do Parque Estadual Porto Ferreira que disponibilizou vários dias de seu trabalho para nos ajudar a encontrar uma área adequada para desenvolvermos o trabalho. Infelizmente não foi possível, mas o funcionário foi um exemplo de dedicação e empolgação com a pesquisa científica.

À Universidade Estadual Paulista Júlio Mesquita Filho (UNESP - Campus Rio Claro, SP), à Pró-Reitoria de Pós-graduação da Universidade Estadual e ao Programa de Pós-graduação em Ciências Biológicas (Biologia Vegetal). Em especial ao coordenador Douglas Silva Domingues que sempre esteve disposto a solucionar as eventuais dúvidas e problemas que surgiram nos últimos anos. E a ex-coordenadora Alessandra Ike Coan que também dispôs muito de seu tempo para que tivesse um bom período enquanto aluna deste programa de pós-graduação. Agradeço ainda as funcionárias da seção técnica de pós-graduação Ivana Terezinha Brandt e Rosângela pelo bom atendimento prestado durante esse período de doutorado. A todos muito obrigado!!

Agradeço à minha orientadora Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Patrícia Morellato por ter aceitado me orientar sem conhecer a mim e ao meu trabalho. Pelas discussões e delimitações de cada parte da tese. E por incentivar à tantos alunos a tornarem bons pesquisadores. À Maria Tereza, minha co-orientadora, que também aceitou a orientação no escuro, que ajudou em exatamente tudo durante a tese e no doutorado. Desde as perguntas pecaminosas que me

faziam sair da zona de conforto, as redes de contatos e colaboração que me inseriu me unindo a um grupo de pessoas que trabalham e sorriem juntas, por escutar minhas lamentações e sempre me dar uma luz de esperança. Com certeza vocês colaboraram muito para formação da profissional que sou hoje. Palavras, frases não são suficientes para demonstrar a gratidão de trabalhar e conviver com vocês.

Agradeço aos professores e pesquisadores que fizeram parte da banca examinadora como membros titulares e suplentes pela valiosa colaboração e sugestões com o trabalho.

Aos professores Gustavo Habermann e Marco Antônio Assis com os quais fiz estágio docência e pude aprender muito o conteúdo teórico. Porém, aprendi principalmente o modelo de professores, didática e interação com alunos que vocês demonstraram ao longo das aulas.

Agradeço também ao Juliano van Mellis que me ajudou muito, muito, muito nas análises estatísticas, discussões ao longo do trabalho e colaboração em um dos capítulos. À Mirian Cilene Spasini Rinaldi (Instituto de Botânica de São Paulo) que me ensinou, orientou, desesperou, ficou até tarde comigo para fazermos as análises laboratoriais da tese. Mobilizou seus alunos (e os demais que estavam no laboratório) para me ajudar nas incontáveis digestões foliares. À aluna Solange Brandão (Instituto de Botânica de São Paulo) que parou seu experimento para me ajudar nas análises de pigmentos. Sol sem sua ajuda, paciência e as infindáveis conversas de quando abríamos à Ecologia às 06:30 da manhã e ali ficávamos trabalhando, discutindo e rindo muito durante todo o dia. Vocês tornaram realidade boa parte desta pesquisa e demonstraram a importância e como são saudáveis as parcerias, visando não só minimizar deficiências, mas também somar as qualidades de cada um. Serei eternamente grata aos novos amigos que fiz no Instituto de Botânica de São Paulo.

Agradeço à Naiara David de Souza (técnica do departamento de Botânica) pela disposição a me ajudar durante o estágio docência e todo o período do doutorado. Sem falar nas conversas em assuntos em comum que nos levava muitas horas produtivas de conhecimento. Ao ex-técnico Rafael Consomagno que esteve em praticamente todos os campos comigo, fazendo de tudo o possível e impossível para realizarmos as atividades de campo e sempre com a maior boa vontade. Até mesmo para carregar o cilindro de

nitrogênio líquido no cerrado e fazer peripécias para coletar algumas lianas. Rafa fez muita falta nos campos finais e agora para comemorar os bons frutos.

Serei muito grata ao Renan Borgiani companheiro de trabalho e estudos das lianas. As nossas lamentações, conversas, discussões, conquistas, plantas para identificar, planilhas para arrumar, pedidos para serem feitos. Ufa foram muitos os tropeços, mas hoje vejo como mudamos e melhoramos como estudantes de um grupo de plantas que nos segurava em campo até descobriremos muito de seus mistérios intrigantes. Aos amigos de laboratório Amanda, Annia, Bia, Bruna, Bruno, Desirée Diego, Gabi, Gustavo, Irene, Léo, Paty, Renan, Rosane, Swanni, Soizig, Valê, Van que tornaram uma família, unida que sofria nos campos juntos e sorria de muito mais para não deixa que os momentos difíceis superassem a jornada de cada um. Para vocês sempre haverá um grande espaço na minha vida.

E o que dizer do quarteto familiar formado por Loris, Paty, Lê e por mim!!! Uma amizade que tenho à certeza que foi um reencontro de espíritos amigos. Vocês foram capazes de transformar dias, períodos difíceis em um longo aprendizado. Choramos, rimos, brincamos, malhamos, discutimos sobre cada coisinha mais mínima que podíamos e tenho certeza que uma raiz de cada uma de vocês está presente na minha vida.

Devo um imenso agradecimento à cidade de Rio Claro, os quatro anos que tive aqui me fizeram crescer e amadurecer muito. Nossa relação não foi tão boa no começo, mas as pessoas que você me apresentou melhorou cada minutinho que estive por aí. Estar em Rio Claro não foi apenas uma transformação profissional, mas também um crescimento pessoal e espiritual. Muito obrigada Rio Claro.

Agradeço a minha família Natália (mãe), Almir (pai), Lívio, (irmão), Káritas (irmã), Fran e Pedro (sobrinhos), Mariano (cunhado), Celina (avó), Nilton (tio) e Leide (tia). Essas pessoas depositaram em mim uma confiança que nem eu tinha, sorriam e vibravam com cada vitória, choravam e tinham esperança em cada tropeço. Fizeram o doutorado junto comigo, cada um do seu jeito, a quilômetros ou milhas de distância. Mas, nossa conexão é tão forte que eu tive sempre vocês onde quer que eu estivesse. Amo muito, muito, muito vocês e agradecer é muito pouco de tudo que fizeram por mim!!



## **Resumo**

Lianas são plantas que alocam a biomassa primordialmente para a produção de folhas em detrimento da estrutura de suporte com alta densidade de madeira. Como consequência disso, lianas precisam de outros componentes florestais, geralmente árvores, para alcançar e permanecer no dossel. Uma vez estabelecida essa interação caracteriza-se como antagônica e duradoura, sendo que as lianas são os competidores mais eficientes acima e abaixo do dossel. Isso ocorre, pois, as características foliares e radiculares garantem às lianas rápida absorção e transporte de água e nutrientes, principalmente em períodos de escassez hídrica. Este trabalho teve como objetivo avaliar a interação entre árvores e lianas ao longo de comunidades florestais neotropicais e foi dividido em três capítulos. No capítulo um, fizemos uma revisão sistemática sobre os estudos com lianas na região Neotropical (26°N-26°S). Para realizar esta revisão, pesquisamos em bancos de dados especializados, artigos que continham os termos liana\*, “climb\* plant\*”, vine\*, trepad\*, sem limitação de país, e incluímos somente artigos científicos. Os artigos foram classificados em categorias pré-estabelecidas. Esta revisão encontrou 425 artigos com lianas para a região Neotropical, sendo a maior quantidade destes focados na interação entre árvores e lianas (255) e os demais exclusivos sobre lianas (170). A maioria dos artigos derivou de pesquisas no Brasil e Panamá, em florestas úmidas e floresta sazonal, e os temas de fitossociologia e ecofisiologia prevaleceram nos trabalhos. No capítulo dois, realizamos um levantamento fitossociológico em duas áreas de cerrado e uma floresta semidecidual no estado de São Paulo e incluímos áreas sazonais e não-sazonais disponibilizadas no banco de dados de Alwyn H. Gentry. Constatamos que o modelo proposto de biomassa e acúmulo de carbono foi bem representado e que os fatores climáticos não exerceram efeito direto sobre a biomassa de lianas e nem no estoque de carbono. A biomassa de lianas tem efeito direto e significativo somente com a biomassa arbórea e abundância de lianas, e biomassa arbórea é o único fator com efeito direto e significativo para o estoque de carbono. Por fim, no terceiro capítulo avaliamos as variações sazonais das propriedades foliares e espectrais de árvores e lianas e a possibilidade de distinguir árvores de lianas no cerrado. Nossos resultados mostraram que por meio do espectro de reflectância não foi possível distinguir árvores e lianas. Enquanto que, a área foliar específica e a concentração nutricional nas folhas são fortes atributos para separar árvores e lianas. Portanto, consideramos a importância de incluir estudos em áreas sazonalmente extremas, pois nestes ambientes, assim como em cerrado, lianas podem ter padrões e respostas distintos do que previsto para florestas úmidas. Além disso, destacamos a relevância do componente arbóreo em detrimento dos fatores climáticos nas florestas neotropicais.

**Palavra-chave:** revisão, interação antagonista, lianas, estoque de carbono, características funcionais, Neotropical.

## **Abstract**

Lianas are plants that invest biomass primarily to leaf production in detriment of woody components. The consequence of this is that lianas need other forest components, usually trees, to reach and remain in the canopy. Once established, this interaction is characterized as antagonistic and lasting, as lianas are more efficient in below and aboveground. This is due to the foliar and root characteristics of lianas that are known for fast absorption and transportation of water and nutrients, especially in drought period. We carried out an ecological research, that is divided in 3 chapters, on the antagonistic interaction between trees and lianas along neotropical forests. In chapter I, we performed a review on liana studies in the Neotropical region (26°N-26°S). To do this review we searched, in specialized databases, for articles that used the terms liana \*, "climb \* plant\*", vine \*, trepad \*, without country limitation, but restricting ourselves only to scientific articles. In this process, we found 425 articles regarding lianas on the Neotropical region. Most of them were focused on the interaction between trees and lianas (255), although some talked exclusively about lianas (170). The majority of the articles came from studies in Brazil and Panama, in rainforests and seasonal forest, with dominance of phytosociology and ecophysiology themes. In Chapter 2, we performed a phytosociological survey in two cerrado and a semidecidual forest in São Paulo, where we followed a standard methodology suggested by Alwyn H. Gentry. We have also included seasonal and no seasonal areas available in this author's database. We found that the model well represented and the climatic factors had no direct effect on lianas biomass or carbon stock. Liana biomass has a direct and significant effect only with tree biomass and abundance of lianas. While tree biomass is the only factor with a direct and significant effect on the forest carbon stocks. In Chapter 3, we evaluated the seasonal variations of foliar and spectral properties of trees and lianas, and identified if it is possible to distinguish these groups in cerrado. As we concluded, the reflectance spectrum was not a good parameter to distinguish the lianas and trees. However, the specific leaf area and nutritional concentration in the leaves are strong attributes to separate trees and lianas. Therefore, we consider that studies with lianas need to be conducted in areas with extreme seasonality of precipitation. Because in these environments, like in cerrado, lianas may have different patterns from those predicted for rainforests. In addition, we highlight the relevance of the arboreal component to the detriment of the climatic factors in the Neotropical forests.

**Key-words:** review, antagonistic interaction, lianas, carbon stocks, functional traits, Neotropical.

## SUMÁRIO

<b>Introdução Geral.....</b>	<b>10-13</b>
Referências.....	14-18
<b>Capítulo I: Lianas research in the Neotropics: state of the art and future perspectives.....</b>	<b>19-59</b>
Abstract.....	21-22
Introduction.....	23-25
Criteria for the inclusion of studies, vegetation classification and research topics.....	25-26
Review on liana research in the Neotropical region.....	26-30
Liana research over time and topics addressed among the research on lianas.....	26-29
Liana research in the Neotropics: geographical distribution and vegetation types.....	29-30
Lianas: its antagonistic relation to trees and importance to biodiversity.....	30-32
Global change and the future of lianas.....	32-34
Control, management and conservation of lianas.....	34-37
Future perspectives and conclusions.....	37-38
References.....	38-53
Tables and figures.....	54-59
<b>Capítulo 2: Biomassa de lianas e estoque de carbono em florestas neotropicais.....</b>	<b>60-94</b>
Resumo.....	62
Introdução.....	62-65
Material e Métodos.....	65-69
Amostragem florística e estrutural.....	65
Áreas de estudo e banco de dados Alwyn H. Gentry.....	65-66
Biomassa e estoque de carbono.....	66-67
Variáveis ambientais.....	67
Justificativa e hipóteses do modelo hipotético.....	67-68
Análises dos dados.....	69
Resultados.....	69-70

Discussão.....	70-72
Considerações finais.....	73
Referências.....	74-84
Tabelas e figuras.....	85-89
Material suplementar.....	90-94
<b>Capítulo 3: Características foliares entre lianas e árvores em cerrado sensu stricto (Itirapina, SP).....</b>	<b>95-127</b>
Resumo.....	97
Introdução.....	98-100
Material e Métodos.....	101
Área de estudos: Itirapina - cerrado sensu stricto.....	101
Constituição dos grupos estudados e amostragem foliar.....	101-102
Espectro de reflectância foliar e análise espectral.....	102-103
Conteúdo de pigmentos: Clorofila (a, b, total) e Carotenóides.....	103
Conteúdo nutricional (fósforo e nitrogênio), área foliar específicas, massa foliar por unidade de área.....	103-104
Análises dos dados.....	104
Resultados.....	104-106
Discussão.....	106-109
Considerações finais.....	109-110
Referências.....	111-120
Tabelas e Figuras.....	121-128
<b>Considerações finais.....</b>	<b>129-132</b>
Referências.....	130-132

## Introdução Geral

Lianas (trepadeiras lenhosas) são plantas heliófilas, ou seja, demandantes de luz para o desenvolvimento e o seu estabelecimento (Stevens 1987; Gerwing et al. 2006) e que investem em crescimento rápido em altura em prejuízo de sua sustentação mecânica (Castellanos et al. 1992; van der Heijden et al. 2013). Este grupo de plantas é caracterizado como parasita estrutural por utilizar o suporte físico de outras plantas para ascenderem ao dossel da floresta, mantendo suas raízes no solo ao longo de sua vida (Schnitzer & Bongers 2002; 2011). Nesse sentido, as lianas usam outros componentes florestais, principalmente árvores, como estrutura de suporte para maximizar a obtenção de luz (Hergaty 1991; Laurance et al. 2014).

Lianas próximas filogeneticamente compartilham mecanismos de escalada semelhantes e colonizam árvores com características funcionais equivalentes (Zulqarnain et al. 2016). Contudo, o estabelecimento desse contato é marcado pela competição entre árvores e lianas, em todos os estágios de vida (Vleut & Pérez-Salicrup 2005; Toledo-Aceves 2015), por água, luz e nutrientes, sendo as lianas mais eficientes que as árvores (Schnitzer & Bongers 2002; Schnitzer & Bongers 2011; Tobin et al. 2012; Rios et al. 2014). Consequentemente, lianas podem reduzir as taxas de recrutamento, crescimento e produtividade das árvores (Schnitzer & Carson 2010; Álvarez-Casino et al. 2015). Em contrapartida, árvores podem apresentar atributos restritivos à colonização por lianas, por exemplo, casca lisa, crescimento rápido em altura, caule flexível, diâmetro menor, ramificações altas no tronco, folhas grandes e copa menos iluminadas (Putz 1984; Nabe-Nielsen 2001; Pérez-Salicrup & Meijere 2005; Reddy & Parthasarathy 2006; van der Heijden et al. 2008; Schnitzer & Carson 2010; Sfair et al. 2013). Sendo a combinação de uma ou mais estratégias a forma eficiente para limitar a ocupação dessas plantas (Sfair et al. 2016). Assim, têm-se que lianas podem alterar a dinâmica e a diversidade da comunidade arbórea, atuando então como uma força seletiva (Pérez-Salicrup et al. 2001; Phillips et al. 2005).

Lianas em conjunto com as demais trepadeiras herbáceas, são um grupo polifilético de plantas, uma vez que, durante o processo evolutivo das angiospermas, esta forma de vida surgiu várias vezes em eventos independentes (Burnham 2009). Um estudo realizado com 442 famílias de angiospermas, mostrou que 159 (36 % do total), possuem ao menos uma espécie de plantas escaladoras em sua composição (Gianoli 2015). O hábito trepador é considerado a inovação evolutiva para as angiospermas, uma vez que

táxons compostos por estas plantas apresentam maior riqueza de espécies do que seus grupos irmãos onde estas estão ausentes (Gianoli 2004; Gianoli et al. 2016).

Lianas apresentam uma diversidade de atributos ecológicos e morfológicos, tais como, modo de dispersão de semente e forma de ascender à copa. Tais plantas, de maneira geral, desenvolvem-se no interior de florestas em estádios finais de sucessão (Gentry 1991), são predominantemente anemocóricas (Morellato & Leitão-Filho 1998; Vargas et al. 2018) e têm pico de floração nas transições das estações seca e chuvosa e frutificação no final da estação seca (Croat 1975; Morellato & Leitão-Filho 1996).

Lianas têm uma distribuição ampla em diversos ecossistemas, mas é na região tropical, principalmente em formações florestais de baixa altitude, que essas plantas atingem maior riqueza, diversidade e abundância (Emmos & Gentry 1983; Gentry 1991; Schnitzer & Bongers 2002). Em florestas tropicais 50 % das árvores carregam lianas em sua estrutura (Acevedo-Rodrigues 2005), o que caracteriza as lianas como responsáveis por cerca de 2-15 % da biomassa foliar, 5 % da biomassa lenhosa, 24-30 % serapilheira (Hergaty 1991; Gerwing & Farias 2000; Hora et al. 2008) e 15-45 % da diversidade florística (Pérez-Salicrup et al. 2001; Schnitzer & Bongers, 2002; Gallagher 2015).

Lianas produzem mais folhas com menor massa foliar em relação as árvores, e elevada concentração de nitrogênio foliar, o que lhes assegura maior eficiência fotossintética (Kazda & Salzer 2000; Kazda et al. 2009), e por essa razão formam uma extensa camada de folhas sobre a copa das árvores (Hergaty & Caballé 1991; Avalos et al. 2007). Em Barro Colorado, Avalos et al. (1999) compararam as propriedades foliares de árvores e lianas, estas diferenciaram apenas quanto à transmitância, que foi significativamente menor nas folhas de lianas. Tal abordagem foi ampliada por Castro-Esau et al. (2004) e Sánchez-Azofeifa et al. (2009) que buscaram distinguir os padrões ecofisiológicos destes grupos em florestas tropicais com graus de sazonalidade contrastantes. Os resultados obtidos pelos trabalhos acima citados se opuseram ao encontrado por Avalos et al. (1999) pois revelaram que as propriedades ópticas entre estes grupos diferem somente quando são oriundas de ambientes florestais com um período seco marcante. Além disso, suas características foliares marcantes de elevada transmitância e reflectância e baixa absorvância reduzem a perda de calor, a troca gasosa e o estresse hídrico favorecendo as taxas fotossintéticas (Sánchez-Azofeifa et al. 2009). Dentro deste contexto, torna-se relevante avaliar as características e as respostas foliares de árvores e lianas em ambientes submetidos a diferentes graus de sazonalidade (Anser & Martin 2012).

O interesse por lianas nos estudos ecológicos é crescente (Schnitzer et al. 2015), tendo em vista que existem evidências que estas estão aumentando em densidade, abundância e biomassa nas florestas tropicais (Laurance et al. 2014; Schnitzer 2015) e ocasionando alterações na estrutura florestal (Schnitzer & Bongers 2011; Tymen et al. 2016). A intensidade das atividades antrópicas provocam a formação de clareiras no interior da floresta e o de bordas associadas a fragmentação, ambientes que favorecem a germinação, ocupação e super-dominância de lianas (Balch et al. 2011; Schnitzer et al. 2014). Estas plantas mecanicamente dependentes, em uma floresta úmida na Guiana Francesa, aumentaram em biomassa 60 % mais rápido que as árvores, e reduziram em 4.6 % a abundância da comunidade arbórea, enquanto incrementaram 1.8 % em sua abundância (Chave et al. 2008). Em Barro Colorado (Panamá), em um período de dez anos a proporção de copas colonizadas por lianas aumentaram de 32 % para 47 %, no qual aquelas com domínio severo por lianas atingiram 75 % do número de árvores (Ingwell et al. 2010). É documentado também em Barro Colorado, uma maior densidade de lianas (75-140 %), principalmente daquelas com diâmetro maior que 5 cm (Schnitzer et al. 2012).

As alterações do clima são um dos fatores relevantes que ocasionam as alterações na dinâmica em florestas tropicais (Phillips & Lewis 2013). O rápido aquecimento global desde meados do século 20 alterou o padrão de circulação de ar atmosférico, estabelecendo áreas com secas mais intensas (Dai 2011; Trenberth et al. 2013). Os modelos climáticos prevêem secas severas em diversas localidades depois da metade deste século, tendo por consequência a diminuição da precipitação e/ou aumento da demanda evaporativa (Dai 2013). O período de menor disponibilidade de água é oportuno para o desenvolvimento das lianas (DeWalt et al. 2010; Cai et al. 2009). Isto porque, lianas, supostamente, possuem sistema radicular que tem ampla capacidade de forrageamento, tendo acesso a água e nutrientes que geralmente estão escassos durante os períodos mais secos (Schnitzer 2005) e um sistema vascular que garante um transporte rápido e eficiente de água (Andrade et al. 2005; Rosell & Olson 2014). Com isso, durante o período de escassez de água, quando os demais componentes florestais estão em dormência de suas funcionalidades, lianas são capazes de crescer 7 vezes mais que seus competidores (Schnitzer et al. 2005). As alterações climáticas previstas, então intensificam o aumento da abundância, densidade e biomassa de lianas em florestas tropicais secas (Gentry 1991; DeWalt et al. 2010; Yorke et al. 2013). Contudo, além das lianas contribuírem pouco em biomassa lenhosa (Gentry 1991; van der Heijden et al.



2013) e acarretarem o aumento da mortalidade arbórea (Laurance et al. 2001; van der Heijden et al. 2008), estas também diminuem o estoque de carbono florestal (Durán & Gianoli 2013; Schnitzer et al. 2014). Esta redução ocorre porque os recursos deslocados para alta produção de folhas são rapidamente dispensados com alta produtividade de serapilheira, portanto, o tempo de residência do carbono em florestas dominadas por lianas é baixo (Tymen et al. 2016).

Tendo em vista a importância das lianas no cenário atual, esta tese teve como objetivo realizar uma pesquisa ecológica sobre a interação antagônica entre árvores e lianas ao longo de comunidades florestais neotropicais. Para isso, associamos base de dados climáticos, estruturais, biomassa, acúmulo de carbono e características foliares para compreender esta interação entre árvores e lianas.

No capítulo I, intitulado “**Lianas research in the Neotropics: state of the art and future perspectives**”, fizemos uma revisão sistemática sobre o estado da arte dos estudos de liana na região Neotropical de 1950 a 2016. Os trabalhos foram classificados por ano, país, tipo de vegetação e categoria de estudos. Nosso objetivo foi ampliar o interesse dos pesquisadores pelas lianas, e discutir o futuro das lianas em termos de controle, conservação e legislação para possibilitar a regulação e o manejo de estas espécies nativas que pode se tornar super-dominantes e dificultar a regeneração florestal. No capítulo II, intitulado “**Biomassa de lianas e estoque de carbono em florestas neotropicais**”, estabelecemos transectos em três unidades de conservação (dois cerrado *sensu stricto* e uma floresta estacional semidecidual) seguindo a metodologia proposta por Gentry (1982). Complementamos nossa amostragem com o banco de dados desse autor e calculamos parâmetros fitossociológicos, estruturais, biomassa e acúmulo de carbono. Com isso, determinamos os fatores climáticos e estruturais que estão relacionados direta e indiretamente com a biomassa de lianas e acúmulo de carbono florestal.

No capítulo III, intitulado “**Características foliares entre lianas e árvores em cerrado sensu stricto (Itirapina, SP)**”, analisamos as características ecofisiológicas foliares entre lianas e árvores durante as estações seca e chuvosa de um fragmento de cerrado. Buscando distinguir estes grupos estruturais por meio dos parâmetros ecofisiológicos.

## Referências

- Acevedo-Rodrigues, P. 2005. Vines and Climbing plants of Puerto Rico and the Virgin Island. Washington: National Musuem of Natural History. 483p.
- Álvarez-Casino, L.; Schnitzer, S.A.; Reid, J.P. & Powers, J. 2015. Liana competition with tropical trees varies seasonally but not with tree species identity. *Ecology* 96 (1): 39-45.
- Andrade L.J.; Meinzer F.C.; Goldstein G.; Schnitzer. S.A. 2005. Water uptake and transport in lianas and co-occurring trees of a seasonally dry tropical forest. *Trees* 19: 282-289.
- Avalos, G.; Mulkey, S.S. & Kitajima, K. 1999. Leaf optical properties of trees and lianas in the outer canopy of a tropical dry forest. *Biotropica* 31 (3): 517-520.
- Avalos, G.; Mulkey, S.S.; Kitajima, K. & Wright, S.J. 2007. Colonization strategies of two liana species in a tropical dry forest canopy. *Biotropica* 39, 393–399.
- Asner, G.P. & Martin, R.E. 2012. Contrasting leaf chemical traits in tropical lianas and trees: implications for future forest composition. *Ecology Letters* (15): 1001-1007.
- Balch, J.K.; Nepstad, D.C.; Curran, L.M.; Brando, P.M.; Portela, O.; Guilherme, P.; Reuning-Scherer, J.D. & Carvalho, O. 2011. Size, species, and fire behavior predict tree and liana mortality from experimental burns in the Brazilian Amazon. *Forest Ecology and Management* 261: 68–77.
- Burnham, R.J. 2009. An overview of the fossil record of climbers: bejucos, sogas, trepadeiras, lianas, cipós and vines. *Revista Brasileira de Paleontologia* 12 (2): 149-160.
- Cai, Z.; Schnitzer, S.A. & Bongers, F. 2009. Seasonal differences in leaf-level physiology give lianas a competitive advantages over trees in a tropical seasonal forest. *Physiological Ecology* 161: 25-33.
- Castellanos, A.E.; Durán, R.; Guzman, S.; Briones, O. & Faria, M. 1992. Three-Dimensional space utilization of lianas: A Methodology. *Biotropica* 24 (3): 396-401.
- Castro-Esau, K. L., Sánchez-Azofeifa, G. A., & Caelli, T. 2004. Discrimination of lianas and trees with leaf-level hyperspectral data. *Remote Sensing of Environment* 90 (2004): 353–372.
- Chave, J.; Olivier, J.; Bongers, B.; Châtelet, P.; Forget, P.M.; van der Meer, P.; Norden, N.; Riéra, B. & Charles-Dominique, P. 2008. Above-ground biomass and productivity in a rain forest of eastern South America. *Journal of Tropical Ecology* 24: 355-366.
- Croat, T.B. 1975. Phenological behavior of habit classes on Barro Colorado Island (Panama Canal Zone) *Biotropica* 7: 270-277.
- Dai, A. 2011. Drought under global warming: a review. *WIREs Climatic Change* 2: 45-65.

- Dai, A. 2013. Increasing drought under global warming in observations and models. *Nature Climatic Change* 3: 53-58.
- DeWalt, S.J.; Schnitzer, S.A.; Chave, J.; Bongers, F.; Burnham, R.J.; Cai, Z.; Chuyong, G.; Clarck, D.B.; Ewaango, C.E.N.; Gerwing, J.J.; Gortaire, E.; Hart, T.; Ibarra-Manríques, G.; Ickes, K.; Kenfack, D.; Macía, M.J.; Makana, J.; Martínez-Ramos, M.; Mascaro, J.; Moses, S.; Muller-Landau, H.C.; Parren, M.P.E.; Parthasarathy, N.; Pérez-Salicrup, D.R.; Putz, F.E.; Romero-Saltos, H. & Thomas, D. 2010. Annual rainfall and seasonality predict pan-tropical patterns of liana density and basal area. *Biotropica* 42: 309-317.
- Durán, S.M. & Gianoli, E. 2013. Carbon stocks in tropical forests decrease with liana density. *Biology Letters* 9: 1-4.
- Emmons, L.H. & Gentry, A.H. 1983. Tropical forest structure and the distribution of gliding and prehensile-tailed vertebrates. *The American Naturalist* 12, 513-524.
- Gallagher, R.V. 2015. Climbing plants diversity in Australia: taxonomy, biogeography and functional traits. In: Schnitzer, S.A.; Bongers, F.; Burnham, R.J. & Putz, F.E. *Ecology of lianas*, Wiley Blackwell, Oxford. P.p. 104-115.
- Gentry, A.H. 1991. The distribution and evolution of climbing plants. In: Putz, F.E. and Mooney, H.A. (eds.). *The biology of vines*. Cambridge, Cambridge University Press. Pp. 3-49.
- Gerwing, J.J. & Farias, D.L. 2000. Integrating liana abundance and forest stature into an estimate of total aboveground biomass for an eastern Amazonian forest. *Journal of Tropical Ecology* 16: 327-335.
- Gerwing, J.J.; Schnitzer, S.A.; Burnham, R.J.; Bongers, F.; Chave, J.; Dewalt, S.J.; Ewaango, C.E.N.; Foster, R.; Kenfack, D.; Martinez-Ramos, M.; Parren, M.; Parthasarathy, N.; Perez-Salicrup, D.R.; Putz, F.E. & Thomas, D.W. 2006. A standard protocol for lianas censuses. *Biotropica* 38: 256-261.
- Gianoli, E. 2004. Evolution of a climbing habit promotes diversification in flowering plants. *Proceedings of the Royal Society Biological Sciences* 271: 2011-2015.
- Gianoli, E. 2015. Evolutionary implications of the climbing habit in plants. In: Schnitzer, S.A.; Bongers, F.; Burnham, R.J. & Putz, F.E. *Ecology of lianas*, Wiley Blackwell, Oxford. P.p. 239-250.
- Gianoli, E.; Torres-Diaz, C.; Ruiz, E., Salgado-Luarte, C.; Molina-Montenegro, M.A.; Saldaña, A. & Rios, R.S. 2016. Woody climbers show greater population genetic differentiation than trees: Insights into the link between ecological traits and diversification. *Evolution* 70 (12): 2736-2745.
- Hergaty, E.E. 1991. Vine-host interactions. In: Putz, F.E. & Mooney, H.A. *The biology of vines*. Cambridge University Press, Cambridge. Pp. 357-375.

Hergaty, E.E.; Caballé, G. 1991. Distribution and abundance of vines in forest communities. In: Putz, F.E. & Mooney, H.A. The biology of vines. Cambridge University Press, Cambridge. Pp. 313-355.

Hora, R.C. Primavesi, O. & Soares, J.J. 2008. Contribuição das folhas de lianas na produção de serrapilheira em um fragmento de floresta estacional semidecidual em São Carlos, SP. *Revista Brasileira de Botânica* 31 (2): 277-285.

Ingwell, L.L.; Wright, S.J.; Becklund, K.K.; Hubbell, S.P. & Schnitzer, S.A. 2010. The impact of lianas on 10 years of tree growth and mortality on Barro Colorado Island, Panama. *Journal of Ecology* 98: 879–887.

Kazda, M. & Salzer, J. 2000. Leaves of lianas and self-supporting plants differ in mass per unit area and nitrogen concentration. *Plant Biology* 2: 268-271.

Kazda, M.; Miladera, J.C. & Salzer, J. 2009. Optimisation of spatial allocation patterns in lianas compared to trees used for support. *Trees* 23: 295-304.

Laurence, W.F.; Pérez-Salicrup, D.; Dalemônica, P.; Fearnside, P.M.; D'angelo, S.; Jerzolinski, A.; Pohl, L.; Levejoy, T.E. 2001. Rain forest fragmentation and the structure of Amazonian liana communities. *Ecology*: 82 (1): 105-116.

Laurance, W.F.; Andrade, A.S.; Magrhach, A.; Camargo, J.L.; Valsko, J.J.; Campbell, M.; Fearnside, P.M.; Edwards, W.; Lovejoy, T.E. & Laurance, S. 2014. Long-term changes in liana abundance and forest dynamic in undisturbed Amazonian forests. *Ecology* 95 (6): 1604-1611.

Morellato, P.C. & Leitão-Filho, H.F. 1996. Reproductive phenology of climbers in Southeastern Brazilian forest. *Biotropica* 28: 180-191.

Morellato, L.P. & Leitão-Filho, H.F. 1998. Levantamento florístico da comunidade de trepadeiras em uma floresta semidecídua no sudeste do Brasil. *Boletim do Museu Nacional* 103: 1-15.

Nabe-Nielsen, J. 2001. Diversity and distribution of lianas in a Neotropical rain forest, Yasuní National Park, Ecuador. *Journal of Tropical Ecology* 17 (1): 1-19.

Pérez-Salicrup, D.R.; Sork, V.L. & Putz, F.E. 2001. Lianas and trees in a Lianas Forest of Amazonian Bolivia. *Biotropica* 33: 34-47.

Pérez-Salicrup, D.R. & Meijere, W. 2005. Number of lianas per tree and number of trees climbed by lianas at Los Tuxtlas, Mexico. *Biotropica* 37 (1): 153-156.

Phillips, O.L.; Martínez, R.V.; Mendoza, A.M.; Baker, T.R. & Vargas, P.N. 2005. Large lianas as hyperdynamic elements of the tropical forest canopy. *Ecology* 86 (5): 1250-1258.

Phillips, O. & Lewis, S. 2013. Recent changes in tropical forest biomass and dynamics. *Forests and Global Change* 4: 77–108.

- Putz, F.E. 1984. How trees avoid and shed lianas. *Biotropica* 16 (1):19-23.
- Reddy, M.S. & Parthasarathy, N. 2006. Liana diversity and distribution on host trees in four inland tropical dry evergreen forests on host trees in four inland tropical dry evergreen forests of peninsular India. *Tropical Ecology* 47: 109-123.
- Rios, R.S.; Salgado-Luarte, C. & Gianoli, E. 2014. Species divergence and phylogenetic variation of ecophysiological traits in lianas and trees. *PloS One* 9 (6): 3-10.
- Rosell, J.A. & Olson, M.E. 2014. Do lianas really have wide vessels? Vessel diameter–stem length scaling in non-self-supporting plants. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* 16: 288–295.
- Sánchez-Azofeifa, G.A.; Castro, K.; Wrigh, S.J.; Gamon, J.; Kalacska, M.; Rivard, B.; Schnitzer, S.A. & Feng, J.L. 2009. Differences in leaf traits, leaf internal structure, and spectral reflectance between two communities of lianas and trees: Implications for remote sensing in tropical environments. *Remote Sensing of Environment* 113: 2076–2088.
- Schnitzer, S.A & Bongers, F. 2002. The ecology of lianas and their role in forests. *Trends in Ecology & Evolution* 17 (5): 223-230.
- Schnitzer, S.A. 2005. A mechanism explanation for global patterns of liana abundance and distribution. *American Society of Naturalists* 166 (2): 262-276.
- Schnitzer, S.A.; Kuzee, M. & Bongers, F. 2005. Disentangling above-and belowground competition between lianas and trees in a tropical forest. *Journal of Ecology* 93, 1115–1125.
- Schnitzer, S.A. & Carson, W.P. 2010. Lianas suppress tree regeneration and diversity in treefall gaps. *Ecology Letters* 13: 849–857.
- Schnitzer, S.A. & Bongers, F. 2011. Increasing liana abundance and biomass in tropical forests: emerging patterns and putative mechanisms. *Ecology Letters* 14: 397-406.
- Schnitzer, S.A.; Mangan, S.A.; Dalling, J.W., Baldeck, C.A.; Hubbell, S.P.; Ledo, A.; Muller-Landau, H.; Tobin, M.F.; Aguilar, S.; Brassfield, D.; Hernandez, A.; Lao, S.; Perez, R., Valdes, O. & Yorke, S.R. 2012. Liana abundance, diversity, and distribution on Barro Colorado Island, Panama. *PLoS One* 7 (12): 1-16.
- Schnitzer, S.A.; van der Heijden, G.; Mascaró, J. & Carson, W.P. 2014. Lianas in gaps reduce carbon accumulation in a tropical forest. *Ecology* 95 (1): 3008-3017.
- Schnitzer, S.A. 2015. Increasing liana abundance in Neotropical forests: causes and consequences. In: Schnitzer, S.A.; Bongers, F.; Burnham, R.J. & Putz, F.E. *Ecology of lianas*, Wiley Blackwell, Oxford. P.p. 451-464.
- Schnitzer, S.A., Putz, F.E., Bongers, F. & Kroening, K. 2015. The past, present and potential future of liana ecology. In: Schnitzer, S.A., Bongers, F., Burnham, R.J. & Putz, F.E. *Ecology of lianas*, Wiley Blackwell, Oxford. P.p.: 1-9.

- Sfair, J.C.; Ribeiro, B.R.; Pimneta, E.P.; Gonçalves, T. & Ramos, F.N. 2013. A importância da luz na ocupação de árvores por lianas. *Rodriguésia* 64 (2): 255-261.
- Sfair, J.C.; Rochele, A.L.C.; Rezende, A.A.; Melis, J.V.; Burnham, R.J.; Weiser, V.L.B. & Martins, F.R. 2016. Liana avoidance strategies in trees: combined attributes increase efficiency. *Tropical Ecology* 57 (3): 559-566.
- Stevens, G.C. 1987. Lianas as structural parasites: The *Bursera simaruba* example. *Ecology* 68, 77-81.
- Tobin, M.F.; Wright, A.J.; Mangan, S.A. & Schnitzer, S.A. 2012. Lianas have a greater competitive effect than trees of similar biomass on tropical canopy trees. *Ecosphere* 3 (2): 1-11.
- Toledo-Aceves, T. 2015. Above- and belowground competition between lianas and trees. In: Schnitzer, S.A.; Bongers, F.; Burnham, R.J. & Putz, F.E. *Ecology of lianas*, Wiley Blackwell, Oxford. P.p. 149-163.
- Trenberth, K.E.; Dail, A.; van der Schrier, G.; Jones, P.D.; Barichivich, J.; Briffa, K.R. & Sheffield, J. 2014. Global warming and changes in drought. *Nature Climatic Change* 4: 17-22.
- Tymen, B.; Réjou-Méchain, Dalling, J.W., Fauset, S.; Feldpausch, T.R.; Norden, N.; Phillips, O.L.; Turner, B.L.; Viers, J. & Chave, J. 2016. Evidence for arrested succession in a liana-infested Amazonian forest. *Journal of Ecology* 104: 149-159.
- van der Heijden, G.M.F.; Healey, J.R. & Phillips, O.L. 2008. Infestation of trees by lianas in a tropical forest in Amazonian Peru. *Journal of Vegetation Science* 19: 747-756.
- van der Heijden, G.H.; Schnitzer, S.A.; Powers, J.S. & Phillips, O.L. 2013. Lianas impacts on carbon cycling, storage and sequestration in Tropical forests. *Biotropica* 45 (6): 682-692.
- Vargas, B.C; Oliveira, A.P.C.; Udulutsch, R.G.; Marcusso, G.M.; Sabino, G.P.; Melo, P.H.A.; Grilo, R.M.M; Kamimura, V.A. & Assis, M.A. 2018. Climbing plants pf Porto Ferreira State Park, southeastern Brazil. *Biota Neotropica* 18 (2): 1-9.
- Vleut, I. & Pérez-Salicrup, D.R. 2005. Lianas and their supporting plants in the understorey at Los Tuxtlas, Mexico. *Journal of Tropical Ecology* 21 (5): 577-580.
- Yorke, S.R.; Schnitzer, S.A.; Mascaro, J.; Lechter, S.G. & Carson, W.P. 2013. Increasing liana abundance and basal area in a tropical forest: the contribution of long-distance clonal colonization. *Biotropica* 45 (3): 317-324.
- Zulqarnain, I.A.S.; Melis, J.V.; Sfair, J.C.; Martins, F.R. & Ullah, F. 2016. Phylogenetic interactions among lianas in a southeastern Brazilian semideciduous tropical forest. *South African Journal of Botany* 103: 108-125.

## **5. Considerações finais – o Cerrado e a dinâmica competitiva de árvores e lianas**

O cerrado assim como ambientes florestais bem iluminados, a luz pode não ser o recurso limitante, e sim os fatores abaixo do solo (água e nutrientes), que determinam a competição com lianas e limita o crescimento arbóreo (Coomes & Grubb 2000; Pérez-Salicrup & Barker 2000; Schnitzer et al. 2005). Sendo assim, o presente trabalho propôs uma nova perspectiva para o uso das características foliares para distinguir árvores e lianas. Provavelmente, técnicas provindas do sensoriamento remoto por si só não são suficientes para identificar potenciais áreas para o monitoramento da abundância de lianas em cerrados e áreas com secas mais severas. Isso porque, por meio do espectro de reflectância não foi possível diferenciar os grupos estruturais de lianas e árvores (e veja Ball et al. 2015).

Os estudos conduzidos até o momento (este e Ball et al. 2015) são recentes e tratam da fisionomia dominante do cerrado, o cerrado *sensu stricto*, caracterizado por um dossel descontínuo (Coutinho 1978; Reys et al. 2013). Nessa vegetação as lianas não formam uma camada foliar sobre a copa das árvores, e para intensificar a competição por luz e sombrear a copa das árvores, as lianas precisariam emitir ramos

suas folhas entrelaçadas às folhas de sua estrutura de suporte, corroborado o descrito para algumas florestas tropicais (Castellanos et al. 1992). Apesar da disposição foliar reduzir o acesso à radiação pelas folhas das lianas, esta diminui a competição por luz com o forófito (Ichihashi & Tatenó 2011), resultando em uma assinatura espectral muito similar entre árvores e lianas no cerrado.

O conteúdo de água foliar flutua ao longo das estações climáticas dependendo da disponibilidade de água no solo e do controle estomático (Frank et al. 2007; Bucci et al. 2008). No presente estudo, não observamos diferença no índice WBI (conteúdo foliar de água) entre os grupos estruturais na estação seca. As árvores no cerrado estudado, perdem total ou parcialmente suas folhas durante a estação seca (Camargo et al. 2018), Evitando assim os danos ocasionados pelo déficit hídrico. As lianas no cerrado também não suportam o déficit hídrico e perdem folhas no mesmo período que sua estrutura de suporte (Sfair 2006). Portanto, de acordo com Sánchez-Azofeifa et al. (2009b) as lianas só tornam funcionalmente diferentes de árvores quando há limitação de luz ou água. Sendo que para o cerrado, podemos esperar que água e luz não selecionaram diferenças estruturais e especialmente espectrais entre lianas e árvores relativas a economia de água.

As lianas do cerrado estabelecem uma interação antagonista com árvores principalmente durante a estação seca, quando suas características funcionais (LMA, SLA, pigmentos e nutrientes foliares) lhes garantem melhor efetividade na assimilação de carbono (Pooter & Jong 1999; Kazda & Salzer 2000; Zhu & Cao 2010). Em ambientes sazonalmente secos como o cerrado, isto está relacionado com a competição por recursos disponíveis no solo, como água e/ou nutrientes, e a capacidade de forrageamento das raízes de lianas (Schnitzer et al. 2005).

Sugerimos que novos estudos busquem avaliar outras características ecofisiológicas (eficiência do uso da água e dos nutrientes foliares, condutância estomática, conteúdo e potencial de água foliar, taxa de respiração), condutividade hidráulica, anatomia dos vasos em raízes e adaptações morfológicas das folhas de lianas (proporção de parênquima, espaços aeríferos) para avaliarmos com maior precisão a eficiência de lianas no cerrado e suas vantagens competitivas em relação aos distúrbios antrópicos atuais.

**Agradecimentos** – Este estudo foi financiado pela da FAPESP – Fundação de Amparo à Pesquisa Estado de São Paulo (#2013\50155-0 FAPESP-Microsoft Research), e recebeu



apoio do programa CAPESP-PROAP Pós-graduação em Biologia Vegetal. BCV recebeu bolsa de doutorado da CAPES e LPCM recebe bolsa de produtividade em pesquisa do CNPq. Agradecemos o Instituto Florestal e a área privada formada pela Fazenda Botelho pela permissão e apoio para a realização dos estudos de campo. Agradecemos também pelo Instituto de Botânica de São Paulo (Ecologia) pelo apoio nas análises laboratoriais.

## 6. Referências

- Addo-Fordjour, P., Rahmad, Z.B. & Shahrul, A.M.S. 2013. Effects of human disturbance on liana community diversity and structure in a tropical rainforest, Malaysia: implication for conservation. *Journal of Plant Ecology* 6 (6): 391-399.
- Alberston, B., Almeida, J., Helm, R., Torres, R.S., Menzel, A., Morellato, L.P.C. 2014. Using phenological cameras to track the green up in a cerrado savanna and its on-the-ground validation. *Ecological Information* 19: 62-70.
- Amorim, P.K. & Batalha, M.A. 2006. Soil characteristics of a hyperseasonal cerrado compared to a seasonal cerrado and floodplain grassland: implications for plant community structure. *Brazilian Journal of Biology* 66 (2): 661-670.
- Andrade L.J., Meinzer F.C., Goldstein G., Schnitzer. S.A. 2005. Water uptake and transport in lianas and co-occurring trees of a seasonally dry tropical forest. *Trees* 19 (3): 282-289.
- Asner, G.P. & Martin, R.E. 2012. Contrasting leaf chemical traits in tropical lianas and trees: implications for future forest composition. *Ecology Letters* 15 (9): 1001–1007.
- Avalos, G., Mulkey, S.S. & Kitajima, K. 1999. Leaf optical properties of trees and lianas in the outer canopy of a tropical dry forest. *Biotropica* 31 (3): 517-520.
- Avalos, G., Mulkey, S.S. & Wright, S.J. 2007. Colonization strategies of two liana species in a tropical dry forest canopy. *Biotropica* 39 (3): 393-399.
- Ball, A., Sanchez-Azofeifa, A., Portilio-Quintero, C., Rivard, B., Castro-Contreras, S., Fernandes, G. 2015. Patterns of leaf biochemical and structural properties of cerrado life forms: implications for remote sensing. *PloS One* 10 (2): 1-15.
- Broadbent, E.N., Zarin, D.J., Asner, G.P., Peña-Claros, M., Cooper, A. & Littell, R. Recovery of forest structure and spectral properties after selective logging in lowland Bolivia. *Ecological Application* 16 (3): 1148-1163.
- Bucci, S.L., Scholz, F.G., Goldstein, G., Meinzer, F.C., Franco, A.C., Zhang, Y. & Hao, G. 2008. Water relations and hydraulic architecture in Cerrado trees: adjustments to seasonal changes in water availability and evaporative demand. *Brazilian Journal of plant physiology* 20 (3): 233-245.

- Burnham, R.J. 1994. Patterns in tropical leaf litter and implications for angiosperm paleobotany. *Review of Paleobotany and Palynology* 81 (1): 99-113.
- Cai, Z., Schnitzer, S.A. & Bongers, F. 2007. Photosynthetic differences during seasonal drought give lianas a competitive advantage over trees in a tropical seasonal rainforest. In: Cai, Z. (ed.) *Lianas and trees in tropical forests in south China*. Wageningen University, Netherlands. Pp: 43- 64.
- Cai, Z., Schnitzer, S.A. & Bongers, F. 2009. Seasonal differences in leaf-level physiology give lianas a competitive advantage over trees in a tropical seasonal forest. *Physiological Ecology* 161 (1): 25-33.
- Camargo, M.G.G., Carvalho, H.H., Alberton, B.C., Reys, P. & Morellato, L.P.C. 2018. Leafing patterns and leaf exchange strategies of a cerrado woody community. *Biotropica* 50 (3): 442-454.
- Campanello, P.I., Garibaldi, J.F., Ares, A., Montii, L. & Goldstein, G. 2007. Tree regeneration and microclimate in a liana and bamboo-dominated semideciduous Atlantic Forest. *Forest Ecology and Management* 252 (1-3): 108-117.
- Carse, L.B., Fredericksen, T.S. & Licona, J.C. 2000. Liana-Tree species associations in a Bolivian dry forest. *Tropical Ecology* 41 (1): 1-10.
- Castellanos, A.E., Mooney, H.A., Bullock, S.H., Jones, C. & Robichaux, R. 1989. Leaf, Stem, and Metamer Characteristics of Vines in a Tropical Deciduous Forest in Jalisco, Mexico. *Biotropica* 21 (1): 41-49.
- Castellanos, J., Duran, R., Guzman, S. & Briones, O. 1992. Three-dimensional space utilization of lianas: A Methodology. *Biotropica* 24 (3): 396-401.
- Castro-Esau, K. L., Sánchez-Azofeifa, G. A., & Caelli, T. 2004. Discrimination of lianas and trees with leaf-level hyperspectral data. *Remote Sensing of Environment* 90: 353–372.
- Chaves, O.M., Arroyo-Rodríguez, V., Martínez-Ramos & Stoner, K.E. 2015. Primate extirpation from rainforest fragments does not appear to influence seedling recruitment. *American Journal of Primatology* 77 (4): 468-478.
- Chen, Y., Cao, K., Schnitzer, S.A., Fan, Z. Zhang, J. & Bongers, F. 2015. Water-use advantage for lianas over trees in tropical seasonal forests. *New Phytologist* 205 (1): 128-136.
- Chiarello, A.G. 1998. Diet of the Atlantic forest maned sloth *Bradypus torquatus* (Xenarthra: Bradypodidae). *Journal of Zoology* 246 (1): 11-19.
- Coomes, D.A. & Grubb, P.J. 2000. Impacts of root competition in forests and woodlands: a theoretical framework and review of experiments. *Ecological Monographs* 70 (2): 171– 207.
- Coutinho, L.M. 1978. O conceito de cerrado. *Revista Brasileira de Botânica* 1: 17-23.

- Cornellissen, J.H.C., Lavorel, E., Garnier, E., Díaz, S., Buchmann, N., Gurvich, D.E., Reich, P.B., Stegee, H., Morgan, H.D., van der Heijden, M.G.A., Pausas, J.G. & Poorter, H. 2003. A handbook of protocols for standardised and easy measurement of plant functional traits worldwide. *Australian Journal of Botany* 51: 335-380.
- Cusack, D.F., Karpman, J., Ashdown, D., Cao, Q., Ciochina, M., Halterman, S., Lydon, S. & Neupane, A. 2016. Global change effects on humid tropical forests: Evidence for biogeochemical and biodiversity shifts ecosystem-scale. *Reviews of Geophysics* 54 (3): 523-610.
- Danson, F. M. 1995. Developments in the remote sensing of forest canopy structure. In F. M. Danson, & S. E. Plummer (eds.). *Advances in environmental remote sensing* Chichester, UK, Wiley. Pp. 53-69.
- Eissenstat, D.M., Wells, C.E., Yanai, R.D. & Whitbeck, J.L. 2000. Building roots in a changing environment: implications for root longevity. *New Phytology* 147 (1): 33–42.
- Ewers, F. W., Cochard, H. & Tyree, M.T. 1997. A survey of root pressure in vines of a tropical lowland forest. *Oecologia* 110 (2): 191-196.
- Foley, S., Rivard, B. & Sánchez-Azofeifa, G. A. 2006. Foliar spectral properties following leaf clipping and implications for handling techniques. *Remote Sensing of Environment* 103: 265–275.
- Foster, J.R., Townsend, P.A. & Zganjar, C.E. 2008. Spatial and temporal patterns of gap dominance by low-canopy lianas detected using EO-1 Hyperion and Landsat thematic mapper. *Remote Sensing of Environment* 112: 2104–2117.
- Fox, J., Weisberg, S., Price, B., Adler, D., Bates, D., Baud-Bovy, G., Bolker, B., Ellison, S., Firth, D., Friendly, M., Gorjanc, G., Graves, S., Heiberger, R., Laboissiere, R., Maechler, M., Monette, G., Murdoch, D., Nilsson, H., Ogle, D., Ripley, B., Venables, W., Walker, S., Winsemius, D. & Zeileis, A. 2018. Package ‘car’. An R Companion to Applied Regression, Third Edition, Sage, in press.
- Frank, P.J., Drake, P.L. & Froend, R.H. 2007. Anisohydric but isohydrodynamic: seasonally constant plant water potential gradient explained by a stomatal control mechanism incorporating variable plant hydraulic conductance. *Plant Cell Environmental* 30 (1): 19-30.
- Gallegher, R.V. & Leishman, M.R. 2012. A global analysis of trait variation and evolution in climbing plants. *Journal of Biogeography* 39 (10): 1757-1771.
- Gamon J.A., Peñuelas, J. & Field, C.B. 1992 A narrow-waveband spectral index that tracks diurnal changes in photosynthetic efficiency. *Remote Sensing Environ* 41: 35-44
- Gamon, J.A., Serrano, L. & Surfus, J.S. 1997. The photochemical reflectance index: an optical indicator of photosynthetic radiation use efficiency across species, functional types, and nutrient levels. *Oecologia* 112 (4): 492-501.

- Garrido-Pérez, E.I., Drán, R. & Gerold, G. 2012. Las relaciones liana árbol: repercusiones sobre las comunidades arbóreas y sobre la evolución de los árboles. *Interciencia* 37 (3): 183-189.
- Gentry, A.H. 1982. Patterns of neotropical plant species diversity. *Evolutionary Biology* 15: 1-84.
- Gentry, A.H. & Dodson, C. 1987. Contribution of nontrees to species richness of a tropical rain forest. *Biotropica* 19 (2): 149-156.
- Gentry, A.H. 1991. The distribution and evolution of climbing plants. In: Putz, F.E. and Mooney, H.A. (eds.). *The biology of vines*. Cambridge, Cambridge University Press. Pp. 3-49.
- Gerwing, J.J., Schnitzer, S.A., Burnham, R.J., Bongers, F., Chave, J., Dewalt, S.J., Ewango, C.E.N., Foster, R., Kenfack, D., Martinez-Ramos, M., Parren, M., Parthasarathy, N., Perez-Salicrup, D.R., Putz, F.E. & Thomas, D.W. 2006. A standard protocol for lianas censuses. *Biotropica* 38 (2): 256-261.
- Gianoli, E. 2004. Evolution of a climbing habit promotes diversification in flowering plants. *The Royal Society* 271 (1552): 2011-2015.
- Gianoli, E., Torres-Diaz, C., Ruiz, E., Salgado-Luarte, C., Molina-Montenegro, M.A., Saldaña, A. & Rios, R.S. 2016. Woody climbers show greater population genetic differentiation than trees: Insights into the link between ecological traits and diversification. *Evolution* 70 (12): 2736-2745.
- Grant, L. 1987. Difuse and specular characteristics of leaf reflectance. *Remote Sensing of Environment* 22: 309-322.
- Grisi, P.U., Imatomi, M., Pereira, V.C., Anese, S. & Gualtieri, S.C.J. 2016. Influence of *Serjania lethalis* A. St.-Hil. (Sapindaceae) leaf and stem crude extracts on diaspores and seedlings of different cultivated species. *South African Journal of Botany* 105: 97-105.
- Grogan, J. & Landis, R.M. 2009. Growth history and crown vine coverage are principal factors influencing growth and mortality rates of big-leaf mahogany *Swietenia macrophylla* in Brazil. *Journal of Applied Ecology* 46 (6): 1283-1291.
- Gutierrez, M., San Miguel-Chavez, R. & Terrazas, T. 2009. Xylem conductivity and anatomical traits in diverse lianas and small tree species from a tropical forest of Southwest Mexico. *International Journal of Botany* 5 (4): 279-286.
- Hegarty E. 1990. Leaf life-span and leafing phenology of lianes and associated trees during a rainforest succession. *Journal of Ecology* 78 (3): 300-312.
- Hergaty, E.E. 1991. Vine-host interactions. In: Putz, F.E. & Mooney, H.A. *The biology of vines*. Cambridge University Press, Cambridge. Pp. 357-375.

- Hesketh, M. & Sánchez-Azofeifa, G.A. 2012. The effect of seasonal spectral variation on species classification in the Panamanian tropical forest. *Remote Sensing of Environmental* 118: 73-82.
- Hoffmann, W.A., Franco, A.C., Moreira, M.Z. & Haridasan, M. 2005. Specific leaf area explains differences in leaf traits between congeneric savanna and forest trees. *Functional Ecology* 19 (6): 932-940.
- Ichihashi, R. & Tateno, M. 2011. Strategies to balance between light acquisition and the risk of falls of four temperate liana species: to overtop host canopies or not? *Journal of Ecology* 99 (4): 1071-1080.
- Joetzjer, E., Douville, H., Ciais, P., Decharme, B. & Tyteca, S. 2013. Hydrologic benchmarking of meteorological drought indices at interannual to climate change timescales: a case study over the Amazon and Mississippi river basins. *Hydrologic and Earth System Sciences* 17 (12): 4885-4895.
- Kalácska, M., Calvo-Alvarado, J.C. & Sánchez-Azofeifa, G.A. 2005. Calibration and assessment of seasonal changes in leaf area index of a dry forest in different stages of succession. *Tree Physiology* 25 (6): 733-744.
- Kalácska, M., Bohlman, S., Sanchez-Azofeifa, G.A., Castro-Esau, K. & Caelli, T. 2007. Hyperspectral discrimination of tropical dry forest lianas and trees: Comparative data reduction approaches at the leaf and canopy levels. *Remote Sensing of Environmental* 109: 406-415.
- Kazda, M. & Salzer, J. 2000. Leaves of lianas and self-supporting plants differ in mass per unit area and in nitrogen content. *Plant Biology* 2 (3): 268-271.
- Kazda, M., Miladera, J.C. & Salzer, J. 2009. Optimisation of spatial allocation patterns in lianas compared to trees used for support. *Trees* 23: 295-304.
- Klink, C.A. & Machado, R.B. 2005. A conservação do Cerrado brasileiro. *Megadiversidade* 1 (1): 147-155.
- Koerselman W. & Meuleman A.F.M. 1996. The vegetation N: P ratio: a new tool to detect the nature of nutrient limitation. *Journal of Applied Ecology* 33 (6):1441–1450.
- Köppen, W.P. 1948. *Climatologia. Fundo de Cultura Econômica. Cidade do México, Buenos Aires.* 479p.
- Laurence, W.F., Pérez-Salicrup, D., Dalemônica, P., Fearnside, P.M., D'angelo, S., Jerzolinski, A., Pohl, L. & Levejoy, T.E., 2001. Rain forest fragmentation and the structure of Amazonian liana communities. *Ecology* 82 (1): 105-116.
- Ladwing, L.M. & Meiners, S.J. 2015. The role of lianas in temperate tree communities. In: Schnitzer, S.A., Bongers, F., Burnham, R.J. & Putz, F.E (eds). *Ecology of lianas*, Wiley Blackwell, Oxford. P.p.: 188-2002.

- Lichtenthaler, H.K. & Wellburn, A.R. 1983. Determination of total carotenoids and chlorophyll *a* and *b* of leaf extract in different solvents. *Biochemical Society Transactions* 11 (5): 591–592.
- Li, G., Lu, G., Moran, E. & Hetrick, S. 2011. Land-cover classification in a moist tropical region of Brazil with Landsat Thematic Mapper imagery. *International Journal of Remote Sensing* 32 (23): 8207-8230.
- Malavolta, E., Vitti, G.C. & Oliveira, S.A. 1997. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, Piracicaba. Pp. 236-246.
- Mata, D.I., Moreno-Casasola, P. & Madero-Veja, C. 2012. Litterfall of tropical forested wetlands of Veracruz in the coastal floodplains of the Gulf of Mexico. *Aquatic Botany* 98: 1– 11.
- Marvin, D.C., Asner G.P. & Schnitzer, S.A. 2016. Liana canopy mapped throughout a tropical forest with high-fidelity imaging spectroscopy. *Remote Sensing of Environment* 176: 98-106.
- Morellato, L.P.C. & Leitão-Filho, H.F. 1996. Reproductive phenology of climbers in a southeastern Brazilian forest. *Biotropica* 28 (2): 180-191.
- Oksanen, J., Blanchet, F.G., Friendly, M., Kindt, R., Legendre, P., McGlenn, D., Minchin, P.R., O'Hara, R.B., Simpson, G.L., Solymos, P., Stevens, M.H.H., Szoecs, E. & Wagner, H. 2018. Package 'vegan'. An R Companion to Applied Regression, Third Edition, Sage, in press.
- Peñalosa, J. 1984. Basal Branching and vegetative spread in two tropical rain forest lianas. *Biotropica* 16 (1): 1-9.
- Peñuelas, J., Filella, I., Biel, C., Serrano, L. & Savé, R. 1993. The reflectance at the 950-970 nm region as indicator of plant water status. *International Journal of Remote Sensing* 14 (10): 1887-1905.
- Peñuelas, J., Baret, F. & Filella, I. 1995a. Semi-empirical indices to assess carotenoids/chlorophyll *a* ratio from leaf spectral reflectance. *Photosynthetica* 31 (2): 221– 230.
- Peñuelas, J., Filella, I. & Gamon, J. 1995b. Assessment of photosynthetic radiation-use efficiency with spectral reflectance. *New Phytologist* 131 (3): 291-296.
- Pérez-Salicrup, D.R. & Barker, M.G. 2000. Effect of liana cutting on water potential and growth of adult *Senna multijuga* (Caesalpinioideae) trees in a Bolivian tropical forest. *Oecologia* 33 (1): 34-47.
- Phillips, O & Miller, J. 2002. Global Patterns of Plant Diversity: Alwyn H. Gentry's Forest Transect Data Set. Missouri Botanical Garden Press, Saint Louis. 319p.

- Phillips, O.L., Vásquez, M.R., Arroyo, L., Baker, T., Killeen, T., Lewis, S.L., Yandvinder, M., Mendonza, A.M., Neil, D., Vargas, P.C., Alexiades, M., Cerón, C., Di Fiore, A., Erwin, T., Jardim, A., Palacios, W., Saldias, M. & Vinceti, B. 2002. Increasing dominance of large lianas in Amazonian forests. *Nature* 418: 770–774.
- Pooter, H. & Jong, R. 1999. A comparison of specific leaf area, chemical composition and leaf construction costs of field plans from 15 habitats differing in productivity. *New Phytologist* 143 (1): 163–176.
- Poorter, L. & Bongers, F. 2006. Leaf traits are good predictors of plant performance across 53 rain forest species. *Ecology* 87 (7): 1733-1743.
- Poorter, H., Pepin, S., Rijkers, T., De Jong, Y., Evans, J.R. & Korner, C. 2006. Construction costs, chemical composition and payback time of high- and low-irradiance leaves. *Journal Experimental Botany* 57 (2): 355–371.
- Putz, F.E. 1980. Lianas vs trees. *Association for Tropical Biology and Conservation* 12 (3): 224-225.
- Putz, F.E. 1984. The natural history of lianas on Barro Colorado Island, Panamá. *Ecology* 65 (6): 1713-1724.
- Ratter, J.A., Bridgewater, S., Atkinson, R. & Ribeiro, J.F. 1996. Analysis of the floristic composition of the Brazilian cerrado vegetation II: comparison of the woody vegetation of 98 areas. *Edinburge Journal of Botany* 53 (2): 153–180.
- Ratter, J.A., Ribeiro, J.F. & Bridgewater, S. 1998. The Brazilian Cerrado vegetation and threats to its biodiversity. *Annals of Botany* 80 (3): 223–230.
- Restom, T.G. & Nepstad, D.C. 2001. Contribution of vines to the evapotranspiration of a secondary forest in eastern Amazonia. *Plant and Soil* 236 (2): 155-163.
- Restom, T.G. & Nepstad, D.C. 2004. Seedling growth dynamics of a deeply rooting liana in a secondary forest in eastern Amazonia. *Forest Ecology and Management* 190: 109-118.
- Reys, P., Camargo, M.G.G., Grombone-Guaratini, M.T., Teixeira, A.D.P, Assis, M.A. & Morellato, L.P.C. 2013. Structure and floristic composition of a Cerrado sensu stricto and its relevance to ecological restoration. *Hoehnea* 40 (3): 449–464.
- Ribeiro, J.F. & Walter, B.M.T. 1998. Fitofisionomias do Bioma Cerrado. In: Sano, S.M., Almeida, S.P. Cerrado: ambiente e flora. Planaltina: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Brasília. Pp. 89-166.
- Rossatto, D.R., Kolb, R.M. & Franco, A. 2015. Leaf anatomy is associated with the type of growth form in Neotropical savana plants. *Botany* 93 (8): 507-518.
- Rosell, J.A. & Olson, M.E. 2014. Do lianas really have wide vessels? Vessel diameter–stem length scaling in non-self-supporting plants. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* 16 (6): 288–295.

- Salzer, J., Matezki, S. & Kazda, M. 2006. Nutritional differences and leaf acclimation of climbing plants and the associated vegetation in different types of an Andean montane rainforest. *Oecologia* 147: 417-425.
- Sánchez-Azofeifa, G.A. & Castro-Esau, K. 2006. Canopy observations on the hyperspectral properties of a community of tropical dry forest lianas and their host trees. *International Journal of Remote Sensing* 27 (10): 2101-2109.
- Sánchez-Azofeifa, G.A., Castro, K., Wrigh, S.J., Gamon, J., Kalácska, M., Rivard, B., Schnitzer, S.A. & Feng, J.L. 2009a. Differences in leaf traits, leaf internal structure, and spectral reflectance between two communities of lianas and trees: Implications for remote sensing in tropical environments. *Remote Sensing of Environment* 113: 2076–2088.
- Sánchez-Azofeifa, G.A., Kalácska, M., Espírito-Santo, M.M., Fernandes, G.W. & Schnitzer, S. 2009b. Tropical dry forest succession and the contribution of lianas to wood area index (WAI). *Forest Ecology and Management* 258: 941–948.
- Santiago, L.S. & Wrigh, S.J. 2007. Leaf functional traits of tropical forest plants in relation to growth form. *Functional Ecology* 21 (1): 19-27.
- Sarmiento, G., Goldstein, G. & Meinzer, F. 1985. Adaptive strategies of woody species in neotropical savannas. *Biological Reviews* 60 (3): 315-355.
- Scariot, A. & Sevilha, A.C. 2000. Diversidade, Estrutura e manejo de florestas decíduais e as estratégias para a conservação. In: Cavalcanti, T.B., Walter, M.T. (eds.), *Tópicos atuais em botânica: palestras convidadas do Congresso Nacional de Botânica*. Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Brasília, DF, Brasil, pp. 183–188.
- Schnitzer, S.A & Carson, W.P. 2001. Treefall gaps and the maintenance of species diversity in a tropical forest. *Ecology* 82 (4): 913-919.
- Schnitzer, S.A & Bongers, F. 2002. The ecology of lianas and their role in forests. *Trends in Ecology & Evolution* 17 (5): 223-230.
- Schnitzer, S.A. 2005. A mechanism explanation for global patterns of liana abundance and distribution. *American Society of Naturalists* 166 (2): 262-276.
- Schnitzer, S.A., Kuzee, M. & Bongers, F. 2005. Disentangling above-and belowground competition between lianas and trees in a tropical forest. *Journal of Ecology* 93 (6): 1115–1125.
- Schnitzer, S.A., Rutishauser, S. & Aguilar, S. 2008. Supplemental protocol for liana censuses. *Forest Ecology and Management* 255: 1044-1049.
- Schnitzer, S.A. & Bongers, F. 2011. Increasing liana abundance and biomass in tropical forests: emerging patterns and putative mechanisms. *Ecology Letters* 14 (4): 397-406.



- Schnitzer, S.A., van der Heijden, G., Mascaró, J. & Carson, W.P. 2014. Lianas in gaps reduce carbon accumulation in a tropical forest. *Ecology* 95 (1): 3008-3017.
- Sfair, J.C. 2006. Fenodinâmica de lianas e forófito em um fragmento de Itirapina (SP). Dissertação apresentada para o programa de Ecologia. Universidade Estadual de Campinas. 93p.
- Sims, D.A. & Gamon, J.A. 2002. Relationships between leaf pigment content and spectral reflectance across a wide range of species, leaf structures and developmental stages. *Remote Sensing of Environment* 81: 337-354.
- Souza-Alves, J.P., Fontes, I.P., Chagas, R.R.D. & Ferrari, S. 2011. Seasonal versatility in the feeding ecology of a group of Titis (*Callicebus coimbrai*) in the northern Brazilian Atlantic Forest. *American Journal of Primatology* 73 (12): 1199-1209.
- Staudhammer, C.L., Wadt, L.H.O. & Kainer, K.A. 2013. Tradeoffs in basal area growth and reproduction shift over the lifetime of a long-lived tropical species. *Oecologia* 173: 45-57.
- Stevens, G.C. 1987. Lianas as structural parasites: The *Bursera simaruba* example. *Ecology* 68 (1): 77-81.
- Tang, Y., Kitching, R.L. & Cao, M. 2012. Lianas as structural parasites: a re-evaluation. *Chinese Science Bulletin* 57 (4): 307-312.
- Tannus, J.L.S., Assis, M.A. & Morellato, L.P. 2006. Fenologia reprodutiva em campo sujo e campo úmido numa área de cerrado no sudeste do Brasil, Itirapina-SP. *Biota Neotropica* 6 (3). Disponível em: <http://www.biotaneotropica.org.br/v6n3/pt/abstract?article+bn02806032006>. Acesso em: 04 de julho de 2018.
- Tobin, M.F., Wright, A.J., Mangan, S.A. & Schnitzer, S.A. 2012. Lianas have a greater competitive effect than trees of similar biomass on tropical canopy trees. *Ecosphere* 3 (2): 1-11.
- Toscan, M.A.G, Temponi, L.G., Guimarães, A.T.B. & Junior, J.F.C. 2014. Litter production and seed rain in semideciduous forest fragments at different successional stages in the western part of the state of Paraná, Brazil. *Acta Botanica Brasilica* 28 (3): 392-403.
- van der Sander, M.T., Pooter, L., Schnitzer, S.A. & Markesteijn, L. 2013. Are lianas more drought-tolerant than trees? A test for role of hydraulic architecture and other stem and leaf traits. *Physiological Ecology* 172 (4): 961-972.
- van der Heijden, G.M.F. & Phillips, O.L. 2009. Liana infestation impacts tree growth in a lowland tropical moist forest. *Biogeosciences* 6: 2217-2226.
- van der Heijden, G.H., Powers, J.S. & Schnitzer, S.A. 2015. Lianas reduce carbon accumulation and storage in tropical forests. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 112 (43): 13267-13271.

- Vitousek, P.M. 1984. Litterfall, nutrient cycling, and nutrient limitation in tropical forests. *Ecological Society of America* 65 (1): 285-298.
- Yorke, S.R., Schnitzer, S.A., Mascaro, J., Lechter, S.G. & Carson, W.P. 2013. Increasing liana abundance and basal area in a tropical forest: the contribution of long-distance clonal colonization. *Biotropica* 45 (3): 317-324.
- Walter, B.M.T. 2008. O conceito de savana e seu componente Cerrado. In: Sano, S.M., Almeida, S.P. & Ribeiro, J.F. *Cerrado: ecologia e flora*. Embrapa Cerrados/Embrapa Informação Tecnológica, Brasília. Pp. 16-45.
- Wright, I.J., Reich, P.B., Westoby, M., Ackerly, D.D., Baruch, Z., Bongers, F., Cavender-Bares, J., Chapin, T., Cornelissen, J.H.C., Diemer, M., Flexas, J., Gamier, E., Groom, P.K., Gulias, J., Hikosaka, K., Lamont, B.B., Lee, T., Lusk, C., Midgley, J.J., Navas, M.L., Niinemets, U., Oleksyn, J., Osada, N., Poorter, H., Poot, P., Prior, L., Pyankov, V.I., Roumet, C., Thomas, S.C., Tjoelker, M.G., Veneklaas, E.J. & Villar, R. 2004. The worldwide leaf economics spectrum. *Nature* 428: 821-827.
- Wright, S.J., Calderón, O., Hernández, A. & Paton, S. 2004. Are lianas increasing in importance in tropical forest? A 17-year record from Panama. *Ecology* 85 (2): 484-489.
- Wright, I., Reich, P., Cornelissen, J., Falster, D.S., Groom, P.K., Hikosaka, K., Lee, W., Lusk, C.H., Niinemets, Ü., Oleksyn, J., Osada, N., Poorter, H., Warton, D.I. & Westoby, M. 2005. Modulation of leaf economic traits and trait relationships by climate. *Global Ecology Biogeography* 14 (5): 411-421.
- Wyca, T.P., Oleksyn, J., Karolewski, P. & Schnitzer, S.A. 2013. Phenotypic correlates of the lianescent growth form: a review. *Annals of Botany* 112 (9): 1667-1681.
- Zhu, S. & Cao, K. 2010. Contrasting cost-benefit strategy between lianas and trees in a tropical seasonal rain forest in southwestern China. *Oecologia* 163 (3): 591-599.