

ARQUITETURA HIDRÁULICA E ATRIBUTOS FOLIARES RELACIONADOS À SEGURANÇA E EFICIÊNCIA NO FUNCIONAMENTO DO XILEMA EM ÁRVORES E LIANAS DE DUAS FLORESTAS ATLÂNTICAS

Pesquisador Responsável: Prof. Dr. Fernando Roberto Martins

Pesquisador Associado: Prof. Dr. Rafael Silva Oliveira

Pós-graduando: Arildo de Souza Dias

Instituição Sede: Universidade Estadual de Campinas

RESUMO

Aspectos estruturais do xilema, como investimento em construção do caule (densidade do lenho) e resistência mecânica (módulo de elasticidade e módulo de ruptura), são estreitamente correlacionados à vulnerabilidade ao embolismo induzido pela seca. Lianas representam um elemento chave em florestas tropicais e têm um grande impacto sobre muitos processos ecossistêmicos. Estudos quantificando atributos funcionais de lianas em florestas com pluviosidade e sazonalidade distintas ainda são escassos. Nosso objetivo é contrastar características funcionais do lenho e atributos foliares entre árvores e lianas de duas comunidades da Mata Atlântica que diferem em pluviosidade total e sazonalidade. O estudo será desenvolvido numa Floresta Ombrófila Densa situada no município de Ubatuba, no Parque Estadual da Serra do Mar, e numa Floresta Estacional Semidecídua, a Mata Ribeirão Cachoeira, no município de Campinas, ambas no estado de São Paulo. Em espécies de árvores e lianas com número de indivíduos maior ou igual a 10 em uma área de um hectare, mediremos a densidade da madeira, a massa foliar por unidade de área da folha (MFA) e conteúdo de nitrogênio foliar (CNF). Em alguns pares de espécies congênicas de árvores e lianas mediremos a resistência à cavitação, condutividade hidráulica, o módulo de ruptura (MOR) e módulo de elasticidade (MOE). Analisaremos a diferença entre as variáveis medidas considerando os locais e os hábitos de crescimento por meio de regressões lineares, análise de variância (ANOVA) e análise de covariância (ANCOVA). Esperamos que lianas apresentem maior conteúdo de nitrogênio foliar (CNF) e maior condutividade hidráulica, menor resistência à cavitação, menor módulo de ruptura (MOR) e menor módulo de elasticidade (MOE) do que árvores. Esperamos que as espécies de árvores e lianas na floresta semidecídua apresentem maior resistência à cavitação do que as espécies da floresta ombrófila.

Palavras-chave: arquitetura hidráulica, pluviosidade, história de vida, floresta Ombrófila Densa, Floresta Estacional Semidecídua.

HYDRAULIC ARCHITECTURE AND LEAF TRAITS RELATED TO SAFETY AND EFFICIENCY OF THE XYLEM FUNCTIONING OF TREES AND LIANAS IN TWO ATLANTIC FORESTS

Pesquisador Responsável: Prof. Dr. Fernando Roberto Martins

Pesquisador Associado: Prof. Dr. Rafael Silva Oliveira

Pós-graduando: Arildo de Souza Dias

Instituição Sede: Universidade Estadual de Campinas

ABSTRACT

Structural characteristics of xylem such as wood density and mechanical strength are strongly correlated with drought-induced embolism across wood plants species. Lianas have a key role in forest dynamics and ecosystem process. The relationship between wood and hydraulic traits of lianas and trees in community-level has still been poorly studied in tropical forests. We aim to contrast wood and leaf functional traits of lianas and trees species in two Atlantic Forests differing in rainfall and seasonality. This study will be carried out in the Rainforest in the municipality of Ubatuba and in the Semideciduous Forest in the municipality of Campinas, both in São Paulo state. For tree and liana species with ten or more individuals in an area of 1 ha, we will measure wood density, modulus of rupture (MOR), modulus of elasticity (MOE), specific leaf area (SLA) and foliar nitrogen content (N). We will select some of these species to measure hydraulic conductivity and cavitation resistance. We will analyze whether differences in functional traits of trees and lianas species are significant by linear regressions, analysis of variance (ANOVA) e analysis of covariance (ANCOVA). The phylogeny of species can mislead the results about the relationship between functional traits in the two sites studied. We will examine the phylogenetic effect using congeneric species of lianas and trees occurring in both seasonal and rain forests to determine whether evolutionary changes in xylem structural traits and cavitation resistance are correlated. We expect that lianas will have higher foliar nitrogen concentration (N) and hydraulic conductivity and lower cavitation resistance, modulus of rupture (MOR) and modulus of elasticity (MOE). Between the two communities analyzed we expect trees and lianas in seasonal forest to have higher cavitation resistance than rainforest trees and lianas species.

Key Words: Hidraulic architecture, embolism, wood density, rainfall, Tropical Rain Forest and Seasonally Dry Tropical Forest.

1 – Enunciado do problema

A abundância e a biomassa de lianas têm aumentado nos Neotrópicos (Phillips *et al.* 2002, Wrigth *et al.* 2004), e entre os fatores ligados a esse aumento está o acelerado processo de fragmentação florestal (Laurance *et al.* 1997, 2001, 2004). Por meio da competição por recursos acima e abaixo do solo lianas aumentam a taxa de mortalidade dos forófitos (Putz 1984a, 1984b) e, desse modo, é possível que um aumento na abundância de lianas tenha uma influência significativa sobre o ciclo de carbono das florestas tropicais. Entretanto, a ecologia de lianas nessas florestas ainda é pouco compreendida, principalmente se comparada a outros grupos de plantas vasculares (Schnitzer e Bongers 2002). Faltam informações sobre muitos aspectos da história de vida de lianas, e sem essas informações torna-se difícil precisar quais características permitem às lianas maior sucesso (maior abundância) em diferentes ambientes, bem como modelar cenários futuros, considerando as respostas dessas espécies às mudanças climáticas globais (Swaine e Grace 2007).

Considerando a lacuna existente na pesquisa sobre estrutura, funcionamento e autoecologia de lianas no mundo, especialmente no Brasil, pretendemos obter dados sobre atributos morfofisiológicos de lianas neotropicais em duas fisionomias da Mata Atlântica *sensu lato*. Diversos estudos mostram que esses atributos informam muito sobre o funcionamento e a ecologia de plantas em resposta a gradientes de disponibilidade de recursos (Westoby *et al.* 2006), e conseqüentemente como a coordenação entre esses atributos se traduz em maior aptidão de algumas espécies (ex. abundância) frente a diferentes condições ambientais, ou seja, desempenho espécie-específico. Este é um passo imprescindível para que possamos prever o impacto das mudanças climáticas globais sobre a distribuição das espécies de plantas e, conseqüentemente, fornecer bases mais sólidas para estratégias de conservação. Além disso, ainda existe uma grande escassez de estudos com este tipo de abordagem no Brasil, principalmente na Mata Atlântica *sensu lato* da Região Sudeste, que se encontra reduzida em área e fragmentada (Myers *et al.* 2000).

2 – Resultados Esperados

Considerando o arcabouço teórico proposto por Schnitzer (2005), pretendemos obter informações sobre atributos funcionais de lianas de modo a verificar a aplicabilidade desse conhecimento numa escala regional abrangendo duas fitofisionomias de floresta Atlântica do sudeste brasileiro. Dada a escassez de informações sobre a arquitetura hidráulica de plantas lenhosas tropicais, especialmente de lianas, esperamos num segundo momento acoplar os dados levantados a modelos de distribuição de espécies, de modo a prever como características do ambiente determinam a distribuição das espécies de plantas. Esperamos produzir um conjunto de trabalhos que serão divulgados em revistas internacionais de ampla circulação e com fator de impacto, bem como divulgar os resultados preliminares em encontros científicos internacionais.

Além de fortalecer o desenvolvimento de uma linha de pesquisa (arquitetura hidráulica de lianas) ainda incipiente no Brasil, isso também representa a possibilidade iniciar parcerias para desenvolver trabalhos junto a grupos internacionais já estabelecidos nessa área de pesquisa.

3 - Desafios científicos e tecnológicos e os meios e métodos para superá-los

Nas florestas tropicais, grande parte da riqueza de espécies de plantas está representada pelas plantas vasculares lenhosas, das quais as lianas representam um elemento chave (Gentry e Dodson 1987, Gentry 1991, Schnitzer e Bongers 2002, Pérez-Salicrup *et al.* 2001). Lianas são plantas trepadeiras lenhosas (com xilema derivado de um câmbio vascular) ou sub-lenhosas (caules fibrosos) que germinam e se mantêm enraizadas no solo durante todo seu ciclo de vida, mas a partir de um determinado estágio perdem a capacidade de autossustentação e precisam contar com suporte externo para alcançar o dossel (Gentry 1991, Gerwing *et al.* 2006).

Lianas adicionam complexidade arquitetural à maioria das florestas tropicais, constituindo entre 10% e 45% dos indivíduos lenhosos, e depois das árvores representam a maior parte da biomassa acima do solo, cerca de 5% (Putz 1983, Gentry 1991, DeWalt e Chave 2004, Schnitzer 2005). Lianas têm importante papel na dinâmica florestal, pois suprimem a regeneração durante a fase de clareira, diminuem o crescimento e a fecundidade das árvores, além de contribuir significativamente para diversos processos no nível do ecossistema como evapotranspiração, produção de serapilheira e seqüestro de carbono (Hegarty 1990, Schnitzer *et al.* 2000, Pérez-Salicrup 2001, Reston e Nepstad 2001, Schnitzer e Bongers 2002, Schnitzer 2005).

Na região tropical a quantidade e a distribuição da pluviosidade são dois dos fatores mais importantes influenciando a distribuição de espécies de plantas (Gentry 1982, Givnish 1999). A abundância e a distribuição de muitas formas de plantas (ex. árvores) correlacionam-se negativamente com a diminuição da pluviosidade e o aumento da estação seca, mas correlações positivas são encontradas nas lianas (Schnitzer 2005). Os mecanismos associados a esse padrão de distribuição das lianas seriam as raízes profundas e o sistema vascular eficiente, que as habilitariam a sofrer menor estresse hídrico e crescer substancialmente mais do que as árvores durante a estação seca (Schnitzer 2005). Ao longo do tempo essa “vantagem” do rápido crescimento vegetativo durante a estação seca teria levado as lianas a apresentar maior abundância nas florestas sazonalmente secas.

A abundância de lianas nos Neotrópicos pode estar aumentando (Phillips *et al.* 2002, Wright *et al.* 2004), um fenômeno que pode ter um impacto significativo sobre a dinâmica e o funcionamento das florestas tropicais. Entretanto, a maioria dos resultados reportados sobre o aumento de lianas não tem discriminado a contribuição de cada espécie para esse fenômeno. Se a aptidão das espécies de lianas (maior abundância) numa determinada condição ambiental tem uma

base evolutiva, ou seja, se existir um ajuste entre atributos morfofisiológicos e ambiente, podemos esperar que o valor específico desses atributos seja significativamente diferente em habitats contrastantes, considerando espécies de uma mesma linhagem filogenética (congenéricas). Nesse caso, é provável que com o aumento de temperatura e eventos de seca prolongada as espécies de florestas sazonalmente secas expandam sua amplitude de distribuição e, paralelamente, ocorra o inverso para aquelas de florestas pluviais (Swaine e Grace 2007). Embora o arcabouço teórico fornecido por Schnitzer (2005) permita testar hipóteses claras acerca da coordenação entre diferentes características morfofisiológicas e a distribuição de lianas, ainda é escasso o número de estudos utilizando esse tipo de abordagem (mas veja Zhu e Cao 2009).

A maior parte do caule das plantas lenhosas é composta de xilema, que desempenha três papéis importantes no funcionamento da planta: transporte de seiva, suporte mecânico e estoque de substâncias como água, minerais e carboidratos (Baas *et al.* 2004). Em face dessas múltiplas funções, a evolução do xilema pode ser vista como um triângulo de demandas conflitantes, no qual diferentes soluções são selecionadas dependendo das condições do ambiente e restrições filogenéticas (Baas *et al.* 2004). Pelo fato de contarem com suporte mecânico externo, lianas investem menor biomassa na construção do caule (Putz 1983) e, conseqüentemente, otimizam a função de condução da seiva por meio de vasos do xilema com maior comprimento e calibre, bem como a função de capacidade de estoque, apresentando proporcionalmente maior quantidade de parênquima medular e xilemático do que plantas eretas (Ewers *et al.* 1990, Ewers *et al.* 1991, Mooney e Gartner 1991).

A eficiência da condutividade hidráulica do xilema é inversamente relacionada à resistência à cavitação (Baas *et al.* 2004, Sperry *et al.* 2008). Ao maximizar a eficiência hidráulica, lianas aumentam sua capacidade de transporte de água e crescimento, mas se tornam mais vulneráveis à cavitação, diminuindo sua segurança hidráulica (Zhu e Cao 2009). Uma possibilidade para explicar o sucesso de lianas nas florestas tropicais sazonalmente secas, nas quais existe uma estação com déficit hídrico, poderia estar relacionada a características próprias da arquitetura hidráulica do hábito escandente no nível de tecido e célula (vasos de xilema). Entretanto, estudos medindo características anatômicas e de microestrutura do xilema de lianas ainda são muito reduzidos.

Ao analisar características de espécies com diferentes hábitos de crescimento em diferentes ambientes, surgem tendências ecológicas que podem ser compreendidas como adaptações funcionais, quando considerados os conflitos de otimização entre estrutura e função, especialmente com respeito à eficiência de condutividade, vulnerabilidade ao embolismo e força mecânica (Baas *et al.* 2004). Portanto, seria esperado que as espécies de árvores e lianas presentes na Floresta Estacional Semidecídua (FS) apresentem maior resistência à cavitação (permitindo-lhes suportar o potencial hídrico mais negativo da estação seca), maior investimento em construção do caule,

representado pela maior densidade do lenho e maiores valores dos módulos de ruptura e de elasticidade que as espécies da Floresta Ombrófila Densa (FO), onde não corre uma estação seca biologicamente importante.

Estudos de características funcionais freqüentemente focam demandas conflitantes e correlações de caracteres dentro de um mesmo órgão da planta. Entretanto, plantas otimizam seu desempenho por meio de alocação diferencial de carbono entre diferentes estruturas, o que otimiza o crescimento e a sobrevivência em todos os tecidos. Conseqüentemente, caracteres do lenho deveriam ser integrados com outros espectros de caracteres (ex. espectro foliar), permitindo compreender como determinada combinação de caracteres poderia resultar em crescimento e sobrevivência diferenciais (Chave *et al.* 2009).

A forma, o metabolismo e a fenodinâmica da folha têm importante implicação para as trocas gasosas, perda de água, alocação de biomassa para tecidos aéreos e subterrâneos, crescimento da planta como um todo e interações bióticas (Givnish 1987). Além disso, caracteres foliares são considerados bons descritores de processos em vários níveis de organização biológica, desde indivíduos até ecossistemas (Díaz *et al.* 2004, Rosado e de Mattos 2007). Entre os caracteres foliares de mais ampla utilização e significado funcional em estudos de ecologia comparativa, estão a massa da folha por unidade de área (MFA) e o conteúdo de nitrogênio foliar (CNF) (Reich *et al.* 1997, Wright *et al.* 2004). A MFA indica a quantidade de massa seca que a planta investe para produzir uma unidade de área foliar para a captura de luz, ou seja, é um atributo que reflete o custo de construção da folha baseado em carbono (Wright *et al.* 2004). A MFA varia consideravelmente entre espécies e, portanto, reflete as adaptações das plantas com diferentes estratégias de crescimento (Cunningham *et al.* 1999). O CNF é um componente integral das proteínas do maquinário fotossintético, especialmente a rubisco (Field e Mooney 1986) e tende a ser estreitamente correlacionado com a taxa fotossintética máxima por unidade de massa da folha (Cornellisen *et al.* 2003). Alto NF e baixa MFA estão associados à alta taxa fotossintética, a qual, por sua vez, é um forte indicativo de rápido crescimento em plantas (Westoby *et al.* 2002, Wright *et al.* 2004).

Neste projeto pretendemos investigar como árvores e lianas se diferenciam em relação à arquitetura hidráulica e atributos foliares e como a variação desses caracteres se associa à variação da pluviosidade e da sazonalidade entre a floresta atlântica ombrófila e a floresta atlântica semedecídua.

3.2 - Objetivos

Objetivo Geral

Investigar como árvores e lianas diferem em caracteres relacionados à estrutura e ao funcionamento do xilema e em atributos foliares relacionados à atividade fotossintética em duas florestas atlânticas com pluviosidade total e sazonalidade contrastantes.

Objetivos Específicos

Para guiar nosso raciocínio, utilizaremos as seguintes questões, que pressupõem que as diferenças entre árvores e lianas sejam independentes da região fitoecológica (FO ou FS).

Primeiro consideraremos as espécies mais abundantes tanto de árvores quanto de lianas das duas comunidades analisadas (FO e FS):

1) A densidade do lenho é maior em árvores do que em lianas?

Lianas, por contarem com suporte estrutural externo, apresentam pouco investimento em fibras de sustentação do caule e, portanto, esperamos que lianas apresentem menor densidade do lenho do que árvores.

2) Lianas apresentam menor MFA e maior CNF do que árvores?

Esperamos que lianas apresentem menor investimento em massa por unidade de área foliar e maior conteúdo de nitrogênio foliar do que árvores, uma vez que lianas investem mais na produção de área foliar do que em biomassa do caule, por utilizarem árvores como suporte estrutural para alcançar o dossel.

Como segunda abordagem, utilizaremos pares congêneros de árvores e lianas que ocorrem nas duas comunidades analisadas (FO e FS):

1) A condutividade hidráulica específica é maior em lianas do que em árvores?

Esperamos que sim, uma vez que diversos estudos mostram que lianas apresentam maior comprimento e calibre de vasos do xilema comparado a árvores.

2) Árvores são mais resistentes à cavitação e apresentam maior densidade do lenho do que lianas?

Esperamos que árvores apresentem maior resistência à cavitação e densidade do lenho, uma vez que seu lenho se associa a fibras que exercem o papel de sustentação do caule, e reduzem o risco de implosão dos vasos do xilema por pressão negativa.

4) Árvores apresentam maior MOR e MOE do que lianas?

Esperamos que os valores desses descritores sejam maiores em árvores do que em lianas, dado que árvores têm maior investimento em construção do caule e em fibras de sustentação do que lianas.

5) Lianas apresentam menor razão área foliar/área de xilema ativo (Valor Huber) e resistência à implosão dos vasos do que árvores?

Esperamos que lianas apresentem menor valor Huber comparadas a árvores, uma vez que lianas investem proporcionalmente mais em área foliar do que em tecidos de xilema, e menor resistência à implosão de vasos que árvores, uma vez que lianas apresentam maior calibre dos vasos do que árvores.

Também utilizaremos como guias as perguntas abaixo, que pressupõem que as condições ecológicas sejam diferentes entre a floresta semidedida (FS) e a floresta ombrófila (FO). Consideraremos apenas os pares congêneros de árvores e lianas para responder as seguintes questões:

1) Espécies de lianas de FS apresentam maior resistência à cavitação do que espécies de lianas da FO? O mesmo padrão é encontrado para as espécies arbóreas?

Esperamos que tanto as espécies de árvores quanto as de lianas da FS apresentem maior resistência à cavitação do que seus pares da FO, a qual seria um indicativo de ajuste das espécies a diferentes condições de disponibilidade hídrica.

2) Existe relação entre a resistência à cavitação e a densidade do lenho em árvores e lianas? E esta relação difere significativamente entre a FS e a FO?

Esperamos que essa relação seja mais significativa na FS do que na FO, em virtude da restrição ambiental provocada pela seca sobre as espécies de ambas as formas de plantas.

3) A relação entre a resistência à cavitação e a condutividade hidráulica específica em árvores e lianas difere significativamente entre a FS e a FO?

Esperamos que árvores apresentem diferença significativa nessa relação, ao passo que lianas não. Isso refletiria a estratégia de otimização da condutividade hidráulica utilizada por lianas para suprir a grande quantidade de área foliar. Ou seja, os caracteres morfológicos e anatômicos de lianas (vasos de xilema de maior comprimento e diâmetro) representariam uma restrição filogenética.

3.3 – Material e métodos

3.3.1 - Área de Estudo

Floresta Ombrófila

A área de Mata Atlântica está inserida no Parque Estadual da Serra do Mar, Núcleo Picinguaba, no município de Ubatuba. O Núcleo Picinguaba tem uma área ao redor de 8000 hectares e une o Parque Estadual da Serra do Mar com o Parque Nacional da Bocaina e a Área de Proteção Ambiental do Cairuçu (estado do Rio de Janeiro), formando uma grande reserva de 118.000 hectares na Floresta Ombrófila Densa Atlântica (Veloso *et al.* 1991). O Núcleo Picinguaba apresenta um mosaico vegetacional, que inclui Formações Pioneiras com Influência Marinha (Dunas), Formações Pioneiras com Influência Fluvial (Caxetal), Formações Pioneiras com

Influência Flúvio-Marinha (Mangue), Floresta Ombrófila de Terras Baixas (florestas da Planície Costeira), Floresta Ombrófila Densa Submontana e Floresta Ombrófila Densa Montana (Veloso *et al.* 1991, Assis 1999). No Núcleo Picinguaba há grande heterogeneidade ambiental em relação a relevo e solos (Sanchez *et al.* 1999).

As altitudes no Núcleo Picinguaba variam do nível do mar até 1.340 metros. O clima da região de Ubatuba é tropical chuvoso do tipo Af de Köppen, com uma precipitação média anual superior a 2.200 mm, inexistindo estação seca definida. Os meses mais frios e com menores precipitações (nunca menos que 60 mm ao mês) são junho e julho e os mais quentes e com as maiores precipitações vão de novembro a fevereiro, segundo registros da estação meteorológica de Ubatuba, que se situa a 8 m de altitude e dista cerca de 6 km da área de estudo (Setzer 1966).

Floresta Semidecídua

A Mata Ribeirão Cachoeira, o segundo maior fragmento florestal do município de Campinas, possui 244,9 hectares. Localiza-se na Área de Proteção Ambiental (APA) dos Distritos de Sousas e Joaquim Egídio, dentro do Condomínio Rural Colinas do Atibaia, nas coordenadas 46°55'W e 22°50'S. O fragmento é atravessado no sentido leste-oeste pelo Ribeirão Cachoeira, que deságua no Rio Atibaia. Segundo Veloso (1991), a cobertura vegetal pode ser classificada como Floresta Estacional Semidecídua. O clima da região é Cwa de Köppen, temperado macrotérmico com inverno seco não rigoroso. A precipitação média anual é de 1409 mm (Mello *et al.* 1994); o período chuvoso corresponde à primavera-verão, e o período seco corresponde ao outono-inverno. A temperatura média anual é de 20,5 °C, a temperatura mínima pode chegar a 0,6 °C em junho e julho, a temperatura média máxima ocorre entre os meses de dezembro e fevereiro e é de 35,8 °C (Miranda 1996).

3.3.2 - Amostragem e Procedimentos de Campo

Escolha das espécies

A partir de trabalhos publicados sobre florística e de amostragem fitossociológica realizados em ambas as florestas, nós selecionaremos as espécies de árvores e lianas mais abundantes (n° indivíduos ≥ 10 para lianas e árvores) numa área de 1 ha. Para lianas essas espécies somam aproximadamente 75% de todos os indivíduos da comunidade, enquanto para árvores as espécies somam aproximadamente 57 % dos indivíduos da comunidade. Para essas espécies mediremos a densidade da madeira e os atributos foliares MFA e CNF para ter uma caracterização geral da comunidade por meio das espécies dominantes. A partir dessas espécies escolheremos de três a cinco pares de espécies de mesmo gênero (espécies congênicas), tanto de lianas quanto de árvores, que ocorram em ambas as florestas estudadas. Nelas mediremos a condutividade

hidráulica, resistência à cavitação, MOE, MOR, Valor Huber (VH) e resistência à implosão dos vasos.

Para medir os atributos foliares serão selecionados os indivíduos de tamanho similar e cuja copa se situe em local bem iluminado. Essa padronização é importante para reduzir a confusão dos efeitos do tamanho da planta sobre os caracteres da folha (Koch *et al.* 2004). Para cada espécie coletaremos 10 folhas já completamente expandidas de 10 indivíduos. Selecionaremos folhas com sinal mínimo de dano por herbívoros ou patógenos.

Quando possível, os mesmos indivíduos de cada espécie serão utilizados para a medição de cada um dos parâmetros ou caracteres analisados. No caso da impossibilidade de utilizar os indivíduos marcados para algumas medições de condutividade e vulnerabilidade do xilema, indivíduos próximos às plantas marcadas serão usados. Sempre que possível, os mesmos caules serão usados na determinação das medidas de condutividade hidráulica (K_s) e resistência à cavitação (Ψ_{50}). Quando isto não for possível, caules de diâmetro similar da mesma planta serão utilizados.

Atributos foliares

As folhas serão coletadas sempre no final da estação chuvosa, tanto na floresta ombrófila quanto na semidecídua. Folíolos serão considerados funcionalmente equivalentes a folhas simples e, neste caso, folíolos de tamanho médio serão usados. As folhas e ramos serão acondicionados em sacos plásticos selados e levados até o laboratório. As folhas serão reidratadas dentro de um balde com água e cobertas com saco plástico preto por algumas horas. Posteriormente as folhas serão submetidas ao Medidor de Área Foliar LI-3100C para a estimativa da área foliar. As folhas completamente túrgidas serão pesadas com o auxílio de uma balança eletrônica digital (0,001g), em seguida essas folhas serão colocadas em estufa 55° C por 72 horas para obtenção da massa seca, a qual será medida com uma balança eletrônica digital (0,001g). A partir destes valores calcularemos a MFA (g m^{-2}) e a diferença entre a massa saturada e a massa seca dividida pela área foliar (g m^{-2}). Para determinar o conteúdo de nitrogênio foliar nós coletaremos uma amostra adicional de cinco folhas, as quais serão moídas e acondicionadas em recipientes de vidro. Posteriormente, essas amostras serão enviadas ao laboratório CENA-USP para a análise de espectrometria de massas e determinação do conteúdo de nitrogênio, carbono e composição isotópica desses elementos nas folhas. Em cada espécie a concentração de nitrogênio será baseada em massa (N_{massa} ; mg.g^{-1}) seguindo Cornelissen *et al.* (2003).

As espécies de árvores escolhidas para a comparação com lianas serão as mais abundantes e aquelas sem suportar nenhuma liana (infestação zero), uma vez que, neste caso os atributos fisiológicos medidos nas árvores seriam alterados.

Biomecânica e densidade do lenho

A densidade da madeira será determinada como a razão entre a massa seca pelo volume fresco para cada segmento de caule de dez indivíduos por espécie (Hacke *et al.* 2001). A casca e o floema serão retirados de cada segmento do caule com estilete de lâmina. Após retirar a casca e o floema, os segmentos de caule serão deixados imersos em água de torneira durante uma noite para saturar as amostras de caule. O volume saturado de água (volume fresco) será calculado pelo método do deslocamento da água. Num béquer graduado contendo água e apoiado sobre uma balança de precisão, os segmentos de caule serão imersos e a quantidade de água deslocada será anotada. Posteriormente, esses segmentos serão secos em estufa (70 °C) por 72 horas e serão pesados em balança de precisão para registrar a massa seca. A densidade da madeira será calculada como a razão entre a massa seca e o volume fresco. A densidade do lenho será a densidade média de 6 a 10 indivíduos de cada espécie. Desse mesmo número de indivíduos serão cortados ramos de 1.5 a 2.0 m de comprimento, acondicionados em sacos plásticos e levados até o Laboratório de Ensaio Não-Destrutivos (LabEND) da Faculdade de Engenharia Agrícola da Unicamp em até 3 dias, onde serão submetidos a testes de compressão e extensão por meio de cargas com peso definido. Corpos de prova de tamanho padrão (segmentos de caule) serão esticados até que a carga alcance um valor máximo antes da ruptura do material. A partir dos valores entre carga e deformação calcularemos os módulos de elasticidade (MOE) e de ruptura (MOR) do lenho para as espécies de árvores e lianas.

Condutividade hidráulica e resistência à cavitação

A condutividade hidráulica específica do xilema (K_s) será medida por meio de um medidor de fluxo. Coletaremos ramos de 2 m de comprimento nos indivíduos amostrados de cada espécie no início da manhã, acondicionaremos os ramos em sacos plásticos com papel toalha úmido e os levaremos para o laboratório. Segmentos de 5 cm dos ramos com 3-5 mm de diâmetro serão cortados sob água e conectados ao medidor de fluxo. Uma solução de 10 mmol de KCl será passada através dos caules. Essa solução será suprida a partir de um reservatório acima do fluxo de metro para gerar uma pressão induzida pela gravidade de aproximadamente 10 kPa. A pressão caindo através do tubo de resistência conhecida geralmente resulta numa diferença de pressão através do segmento do caule de cerca de 5 kPa. A solução percorrerá o caule até que um fluxo estável seja alcançado. Neste ponto a condutividade hidráulica do segmento será calculada como $K_h = FL/\Delta P$, onde F é a taxa de fluxo (kg s^{-1}) e ΔP é a pressão de queda (MPa) ao longo do segmento de caule de comprimento L (m). Após a medida inicial, o caule será preenchido a uma pressão de 100 kPa por 15 minutos para remover êmbolos de ar e então novamente medido para obter a condutividade

máxima. Após completar as medidas, os segmentos serão perfusados com 0.01% de corante safranina para determinar a área de xilema ativo. Com essas medidas calcularemos o valor de K_s ($\text{Kg m}^{-1} \text{MPa}^{-1} \text{s}^{-1}$) como $K_{h\text{máx}}/\text{área de xilema ativo}$. Em cada floresta, os parâmetros serão medidos em um ramo por árvore de cada espécie ($n = 3$ ou 6). O comprimento do segmento de 5 cm será utilizado para padronização, já que as espécies variam em morfologia do ramo. A vulnerabilidade ao embolismo induzido por estresse hídrico será medida em espécies de árvores e lianas em cada floresta por meio de desidratação em bancada dos ramos coletados. Ramos grandes (2 m) serão coletados de 3 árvores de cada espécie no início da manhã, selados em sacos plásticos e levados ao laboratório. Os ramos serão novamente cortados sob água e reidratados por toda a noite com as porções terminais na água e cobertos com um filme plástico. Na manhã seguinte o potencial dos ramos será medido com uma câmara de pressão para confirmar que o tecido de xilema tenha sido completamente reidratado. Uma série de medidas será feita com os ramos utilizando o medidor de fluxo estável, para avaliar a porcentagem de perda de condutividade hidráulica resultante de embolismo (PLC). A primeira medida será feita no tecido completamente reidratado. O potencial hídrico do xilema (Ψ_x) dos segmentos do ramo será avaliado medindo o potencial de duas a três folhas distais ao segmento do caule, o qual será coberto com filme plástico e folha de alumínio. Um segmento de caule com 2-4 cm de comprimento será então cortado sob água e conectado ao fluxo de metro. Seguindo uma medida inicial de K_h , o segmento será preenchido a 100 kPa por cerca de 20 segundos para remover êmbolos. Uma segunda medida será então feita para avaliar o máximo K_h do segmento. Este procedimento será repetido nos ramos que estiverem secos sobre a bancada por um 1 a 4 dias para induzir o estresse hídrico. De cada ramo três a cinco segmentos serão selecionados para as medidas (Choat *et al.* 2007). Curvas de vulnerabilidade serão geradas para cada espécie por meio do ajuste de curvas para PLC contra Ψ_x (Pammenter e Vander Willigen 1998).

Anatomia do Caule

Sempre que possível os mesmos caules usados para determinar Ψ_{50} e K_s serão usados para as medidas anatômicas do xilema. Quando isso não for possível um caule de diâmetro similar da mesma planta será usado. Nesse caso as amostras de ramos coletadas no campo serão fixadas em solução contendo etanol 45%, água 45%, 10% de formalina e 5% de ácido acético (FAA), e posteriormente transferidas para etanol 70% para estoque a longo prazo. Para cada caule serão tomadas imagens de vários setores da borda para amostrar características dos condutores e fibras. O valor Huber será calculado dividindo-se a área de xilema ativo pela área foliar de cada segmento de ramo. Diâmetro do lúmen dos condutores (d em micrômetros), diâmetro do lúmen das fibras, espessura da parede das fibras e dos condutores serão medidos naquelas imagens. Todos os

condutores e fibras nos setores serão medidos até um tamanho de amostra de 200 condutores e 100 fibras seja obtido para um caule. O diâmetro hidráulico do vaso (d_h) será calculado pela fórmula $d_h = (\Sigma d^5 / \Sigma d^4)^{1/4}$, com base nos condutores amostrados num caule. A resistência à implosão dos condutores $(t/b)^2_h$ (Hacke *et al.* 2001) será determinada dentre os 200 condutores amostrados por caule que formam pares dos quais um ou ambos os condutores estão entre $\pm 5\mu\text{m}$ do d_h calculado, onde t é a espessura da parede dos condutores adjacentes e b do diâmetro do lúmen do condutor. As imagens e os cálculos serão feitos com câmera X e programa de análise de imagem Y.

Filogenia

Para controlar o efeito da filogenia selecionaremos alguns pares de espécies de mesmo gênero (espécies congênicas) de árvores e lianas que ocorram tanto na floresta ombrófila quanto na floresta semidecídua. Uma segunda abordagem que poderá ser utilizada é construir filogenias para as análises de regressão usando dados filogenéticos publicados. O relacionamento entre famílias será baseado nas filogenias moleculares (Soltis *et al.* 1997, Hilu *et al.* 2003). Será utilizada a literatura disponível para apoiar o relacionamento dentro das famílias e gêneros. Entretanto, é possível que nós não possamos encontrar resolução abaixo do nível de família e/ou de gênero, resultando em politomias dentro da filogenia. Para resolver essas politomias serão criadas árvores completamente bifurcadas, resultando em um conjunto de árvores possíveis. A partir daí nós combinaremos as várias árvores possíveis para criar a árvore final e, portanto, essas filogenias não terão informação sobre o comprimento do ramo, levando a que todas as análises realizadas assumam um comprimento de ramo igual (Ackerly 2000). Esta é uma abordagem conservativa e, conseqüentemente, existe menor certeza associada à falta de correlação entre os contrastes, mas alta confiança quando existe uma correlação significativa entre os contrastes. Nós calcularemos contrastes filogenéticos independentes (CFI) para testar os padrões de mudança evolutiva correlacionada com os caracteres analisados (Felsenstein 1985) usando o programa PHYLOCOM versão 4.0.1 (Webb *et al.* 2008).

3.3.3 -Análise Estatística

Para verificar se a amplitude de valores dos atributos foliares difere entre as duas comunidades analisadas, calcularemos a distribuição dos valores para cada um dos atributos foliares, considerando cada espécie como uma unidade. A partir daí agruparemos as espécies para cada atributo e contrastaremos os valores médios entre as duas comunidades analisadas por meio do teste t (Sokal e Rohlf 1995). Caso os dados não apresentem distribuição normal, efetuaremos o cálculo do logaritmo decimal para cada atributo por espécie a fim de preencher o requisito de normalidade dos dados.

Para determinar a correlação entre os caracteres serão feitas regressões lineares sobre os contrastes dos caracteres considerando todas as possíveis árvores formadas. Os valores de P serão corrigidos usando a correção sequencial de Bonferroni (Rice 1990) de modo a manter o valor de $\alpha = 0.05$ entre todas as comparações.

Para comparar as inclinações das retas de regressão entre os valores de Ψ_{50} versus condutividade hidráulica e densidade do lenho entre árvores e lianas nas duas florestas, será usada a análise de covariância ANCOVA (Sokal e Rohlf 1995). As diferenças serão consideradas significativas em $\alpha \leq 0.05$, e os cálculos realizados nos programas Systat versão 10 (Wilkinson 2001). O mesmo procedimento será utilizado para comparar as inclinações entre os valores de Ψ_{50} versus resistência a implosão dos vasos $(t/b)^2_h$, entre árvores e lianas nas duas florestas. Usaremos o teste t não pareado para determinar diferenças entre o Valor Huber entre árvores e lianas nas duas florestas analisadas. Utilizaremos análises de regressão linear, análise de variância (ANOVA) e testes t não pareados para comparar as diferenças entre os caracteres do xilema e da folha considerando as espécies de árvores e lianas como dois grupos na floresta ombrófila e na floresta semidecídua. Sempre que necessário, os dados serão transformados a fim de preencher os requisitos de normalidade dos métodos estatísticos.

4 - Cronograma de execução do projeto

	2010						2011						2012		
	JF	MA	MJ	JA	SO	ND	JF	MA	MJ	JA	SO	ND	JF	MA	MJ
Coleta de dados	X	X			X	X	X	X			X	X	X		
Análise dos dados coletados			X	X	X	X	X	X	X					X	
Apresentação de resultados preliminares				X	X					X					
Redação do relatório final														X	X

5 - Disseminação e avaliação

A avaliação do projeto será feita por meio da análise periódica do cronograma estabelecido e da redação dos resultados preliminares. De modo que ao longo do desenvolvimento do estudo possamos estar constantemente analisando se as metas pretendidas estão de acordo com o prazo estabelecido. O meio de divulgação principal dos resultados obtidos a partir deste estudo será periódicos científicos indexados e com fator de impacto, além de reuniões e encontros científicos internacionais.

6 – Referências bibliográficas

- Ackerly, D. D. 2000. Taxon sampling, correlated evolution, and independent contrasts. *Evolution* 54:1480–1492.
- Assis, M. A. 1999. Florística e caracterização das comunidades vegetais da Planície Costeira de Picinguaba, Ubatuba/SP. Tese de doutoramento, Instituto de Biologia, UNICAMP.
- Baas, P., Ewers, F.W., Davis, S.D. e Wheeler, E.A. 2004. Evolution of xylem physiology. In: *The Evolution of Plant Physiology* (eds Hemsley, A.R. e Poole, I.). Elsevier Academic Press, London, San Deigo, pp. 273–295.
- Chave, J., Coomes, D., Jansen, S., Lewis, S. L., Swenson, N. G. e Zanne, A. E. 2009. Towards a worldwide wood economics spectrum. *Ecology Letters* 12: 351-366.
- Clark, D. B. e Clark, D. A. 1990. Distribution and effects on tree growth of lianas and woody hemiepiphytes in a Costa Rican Tropical Wet Forest. *Journal of Tropical Ecology* 6: 321-331.
- Choat, B., Sack, L., Holbrook, N. M. 2007. Diversity of hydraulic traits in nine *Cordia* species growing in tropical forests with contrasting precipitation. *New Phytologist* 175: 686-698
- Cornellisen, J. H. C., Lavorel, S., Garnier, E., Díaz, S., Buchman, N., Gurvich, D. E., Reich, P. B., ter Steege, H., Morgan, H. D., van der Heijden, M. G. A., Pausas, J.G. e Poorter, H. 2003. A handbook of protocols for standardized and easy measurement of plant functional traits worldwide. *Australian Journal of Botany* 51:335-380.
- Cunningham, S.A.; Summerhayes, B. e Westoby, M. 1999. Evolutionary divergences in leaf structure and chemistry, comparing rainfall and soil nutrient gradients. *Ecological Monographs* 69: 569-588.
- DeWalt, S. J. e Chave, J. 2004. Structure and biomass of four lowland Neotropical forests. *Biotropica* 36: 7-19.
- Díaz, S. *et al.* 2004. The plant traits that drive ecosystems: Evidence from three continents. *Journal of Vegetation Science* 15: 295-304.
- Domingues, T. F., Martinelli, L. A., Ehleringer, J. R. 2007. Ecophysiological traits of plant functional groups in forest and pasture ecosystems from eastern Amazônia, Brazil. *Plant Ecology* 193:101-112.
- Emmons, L. H. e Gentry, A. H. 1983. Tropical forest structure and the distribution of gliding and prehensile-tailed vertebrates. *The American Naturalist* 121: 513-524.
- Ewers F. W., Fisher J. B., Chiu S-T. 1990. A survey of vessel dimensions in stems of tropical lianas and other growth forms. *Oecologia* 84:544–552

- Ewers FW, Fisher JB, Fichtner K 1991. Water flux and xylem structure in vines. In: *The biology of vines* (Eds. Putz FE, Mooney HA). Cambridge University Press, Cambridge, pp 127–160
- Felsenstein, J. 1985. Phylogenies and the comparative method. *American Naturalist* 125:1–15.
- Field, C. e Mooney, H. A. 1986. The photosynthesis-nitrogen relationship in wild plants. In: *On the economy of plant form and function*, (Ed. Givnish, T. J.). Cambridge University Press, Cambridge.
- Gentry AH. 1982. Patterns of neotropical plant species diversity. In: *Evolutionary Biology* (Eds. Hecht MK, Wallace B, Prance GT). pp 1–84. Plenum, New York.
- Gentry, A. H. e Dodson, C. 1987. Contribution of nontrees to species richness of a tropical rain forest. *Biotropica* 19: 149-156.
- Gentry, A. H. 1991. The distribution and evolution of climbing plants. *The Biology of Vines* In (Eds. F. E. Putz and H. A. Mooney). pp. 3-49. Cambridge University Press, Cambridge, England.
- Gerwing, J. J., Schnitzer, S. A., Burnham, R. J., Bongers, F., Chave, J., DeWalt, S. J., Ewango, C. E. N., Foster, R., Kenfack, D., Martínez-Ramos, M, Parren, M., Parthasarathy, M, Pérez-Salicrup, D. R., Putz, E. F. e Thomas, D. W. 2006. A standard protocol of liana censuses. *Biotropica* 38: 256-261.
- Givnish, T. J. 1999. On the causes of gradients in tropical tree diversity. *Journal of Ecology* 87: 193-210.
- Givnish, T. J. 1987. Comparative studies of leaf form: assenssing the relative roles of selective pressures and phylogenetics constraints. *New Phytologist* 106: S131-160.
- Hacke, U.G., Sperry, J.S., Wheeler, J.K. e Castro, L. 2006. Scaling of angiosperm xylem structure with safety and efficiency. *Tree Physiology* 26: 619–701.
- Hacke, U.G., Sperry, J.S., Pockman, W.T., Davis, S.D. e McCulloh, K.A. 2001. Trends in wood density and structure are linked to prevention of xylem implosion by negative pressure. *Oecologia*, 126, 457–461.
- Hegarty, E. E. 1990. Leaf life-span and leafing phenology of lianes and associated trees during a rainforest succession. *The Journal of Ecology* 78:300-312.
- Hilu, K. W., et al. 2003. Angiosperm phylogeny based on MATK sequence information. *American Journal of Botany* 90:1758–1776.
- Hora, R. C. e Soares, J. J. 2002. Estrutura fitossociológica da comunidade de lianas em uma floresta estacional semidecidual na Fazenda Canchim, São Carlos, SP. *Revista Brasileira de Botânica* 25:323-329.
- Kim, A.C. 1996. Lianas da mata atlântica do Estado de São Paulo. Dissertação de mestrado. Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

- Koch, G. W., Sillett, S. C., Jennings, G. M. e Davis, S. D. 2004. The limits to tree height. *Nature* 428: 851–854.
- Laurence, W. F., Laurance, S. G. e Delamonica, P. 1998. Tropical Forest fragmentation and greenhouse gas emissions. *Forest Ecology and Management* 110:173-180.
- Laurance, W. F., Pérez-Salicrup, D. R., Delamônica, P., Fearnside, P. M., Agra, S., Jerozolinski, L., Pohl, L. e Lovejoy, T. E. 2001. Rain Forest fragmentation and the structure of Amazonian liana communities. *Ecology* 82: 105-116.
- Laurance, W. F., Oliveira, A. A., Laurance, S. G., Condit, R., Nascimento, H. E. M., Sanchez-Thorin, A. C., Lovejoy, T. E., Andrade, A., D'angelo, S., Ribeiro, J. E. e Dick, C. 2004. Pervasive alteration of tree communities in undisturbed Amazonian forests. *Nature* 428:171–175.
- Maherali H., Pockman W.T.e Jackson R.B. 2004. Adaptive variation in the vulnerability of woody plants to xylem cavitation. *Ecology* 85:2184–2199.
- Mello, M. H. A., Pedro Junior, M. J., Ortolani, A. A. e Alfonsi, R. R. 1994. Chuva e temperatura: cem anos de observações em Campinas. *Boletim Técnico* 154. Instituto Agronômico de Campinas.
- Miranda, Z. A. I. 1996. Plano de gestão da Área de Proteção Ambiental da região de Sousa e Joaquim Egídio – APA Municipal. SEPLAMA – Prefeitura Municipal de Campinas, Campinas. 170 pp.
- Mooney, H.A. e Gartner, B.L. 1991. Reserve economics of vines. In: *The Biology of Vines* (Eds. F.E. Putz & H.A. Mooney). Cambridge, Cambridge University Press.
- Morellato L. P. C., Haddad C. F. B. 2000. Introduction: The Brazilian Atlantic Forest. *Biotropica* 32:786-792.
- Morellato, L. P. C. e Leitão Filho, H. F. 1996. Reproductive phenology of climbers in a Southeastern Brazilian forest. *Biotropica* 28: 180 - 191.
- Myers N, Mittermeier RA, Mittermeier CG, Fonseca GAB, Kent J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403: 852-858.
- Pammenter N.W. e Vander Willigen C. 1998. A mathematical and statistical analysis of the curves illustrating vulnerability of xylem to cavitation. *Tree Physiology* 18: 589–593.
- Pérez-Salicrup, D. R. 2001 Effect of liana cutting on tree regeneration in a liana Forest in Amazonian Bolívia. *Ecology* 82: 389-396.
- Pérez-Salicrup, D. R., Sork, V. L. e Putz, E. F. 2001. Lianas and trees in a Liana Forest of Amazonian Bolívia. *Biotropica* 33: 34-47.
- Phillips, O. L., Martinez, R. V., Arroyo, L., Baker, T R., Killeen, T., Lewis, S. L., Malhi, Y., Mendoza, A. M., Neill, D., Vargas, P. N., Alexiades, M. Cerón, C., Di Fiore, A., Erwin, T.,

- Jardim, A., Palacios, W., Saldias, M. e Vincenti, B. 2002. Increasing dominance of large lianas in Amazonian forests. *Nature* 418: 770-774.
- Putz, F. E. 1983 Liana biomass and leaf area of a “Tierra Firme” Forest in the Rio Negro Basin, Venezuela. *Biotropica* 15:185-189.
- Putz, F. E., 1984 (a). How trees avoid and shed lianas. *Biotropica* 16 (1), pp. 19-23.
- Putz, F. E., 1984 (b). The natural history of lianas on Barro Colorado Island, Panama. *Ecology* 65: 1713-1724.
- Reich, P., Walters, M.B. e Ellsworth, D.S. 1997. From tropics to tundra: global convergence in plant functioning. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 94: 13730–13734.
- Restom TG e Nepstad DC. 2001. Contribution of vines to the evapotranspiration of a secondary forest in eastern Amazon. *Plant Soil* 236: 155–163.
- Rezende, A. A. e Ranga, N. T. 2005 Lianas da Estação Ecológica do Noroeste Paulista, São José do Rio Preto/Mirassol, SP, Brasil. *Acta Botânica Brasílica* 19: 273-279.
- Rezende, A. A., Ranga, N. T. e Perreira, R. A. S. 2007. Lianas de uma floresta estacional semidecídua, Município de Paulo Faria, Norte do Estado de São Paulo, Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* 30:451-461.
- Rice, W. R. 1990. A consensus combined P-value test and the family-wide significance of component tests. *Biometrics* 46:303–308.
- Rosado, B. H. P. e de Mattos, E. A. 2007. Variação temporal de características morfológicas de folhas em dez espécies do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba, Macaé, RJ, Brasil. *Acta Botânica Brasílica* 21:714-752.
- Rozza, A. F. 2003 Manejo e regeneração de um trecho degradado de floresta estacional semidecidual: Reserva Municipal de Santa Genebra, Campinas, SP. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal) – Instituto de Botânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- Sanchez M, Pedroni F, Leitão-Filho HF, Cesar O. 1999. Composição florística de um trecho de floresta ripária na Mata Atlântica em Picinguaba, Ubatuba, SP. *Revista Brasileira de Botânica* 22:31-42.
- Santiago, L. S. e Wright, S. J. 2007. Leaf functional traits of tropical forest plants in relation to growth form. *Functional Ecology* 21:19-27.
- Schnitzer, S. A.; Dalling, J. W. E Carson, W. P. 2000. The impact of lianas on tree regeneration in tropical forest canopy gaps: evidence for an alternative pathway of gap-phase regeneration. *Journal of Ecology* 88: 655-666.
- Schnitzer, S. A. e Bongers, F. A. 2002. The ecology of lianas and their role in forests. *Trends in Ecology and Evolution*, 17: 223-230.

- Schnitzer, S. A. 2005. A mechanistic explanation for global pattern of liana abundance and distribution. *American Naturalist* 166: 262-276.
- Setzer, J. 1966. Atlas climatológico do estado de São Paulo. Comissão Interestadual da Bacia do Paraná-Paraguai. CESP, São Paulo.
- Sokal, R. R., e Rohlf, F. J. 1995. Biometry. Terceira Edição, pp. 885. W. H. Freeman, San Francisco, California.
- Soltis, D. E., P. S. Soltis, D. L. Nickrent, L. A. Johnson, W. J. Hahn, S. B. Hoot, J. A. Sakamoto, R. K. Kuzoff, K. A. Kron, M. W. Chase, S. M. Swensen, E. A. Zimmer, S. M. Chaw, L. J. Gillespie, and K. J. Sytsma. 1997. Angiosperm phylogeny inferred from 18S ribosomal DNA sequences. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 84: 1-49.
- Sperry, J.S., Hacke, U.G. e Pittermann, J. 2006. Size and function in conifer tracheids and angiosperm vessels. *American Journal of Botany* 93, 1490-1500.
- Sperry, J.S., Meinzer, F.C. e McCulloh, K.A. 2008. Safety and efficiency conflicts in hydraulic architecture: scaling from tissues to trees. *Plant Cell Environment* 31: 632-645.
- Stevens, G. C. 1987. Lianas as structural parasites: the *Bursera simaruba* example. *Ecology*, 68: 77-81.
- Swaine, M. D. e Grace, J. 2007. Lianas may be favoured by low rainfall: evidence from Ghana. *Plant Ecology* 192:271-276.
- Udulutsch, R.G.; Assis, M.A. e Picchi, D. 2004. Florística de trepadeiras numa floresta estacional semidecídua, Rio Claro – Araras, Estado de São Paulo, Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* 27: 125-134
- Veloso, H. P., Rangel Filho, A. L. R. e Lima, J. C. A. 1991. Classificação da vegetação brasileira, adaptada ao sistema universal. Rio de Janeiro: IBGE.
- Weiser, V.L. 2001. Ecologia e sistemática de lianas em um hectare de Cerrado *stricto sensu* da ARIE – Cerrado Pé-de-Gigante, Santa Rita do Passa Quatro, São Paulo. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto.
- Westoby, M., Falster, D. S., Moles, A. T., Vesk, P. A. e Wright, I. J. 2002. Plant Ecological Strategies: Some leading dimensions of variation between species. *Annual review of ecology and systematics* 33:125-159.
- Webb, C. O., Ackerly, D. D. e Kembel, S. W. 2008. Phylocom: software for the analysis of phylogenetic community structure and trait evolution. *Bioinformatics*, 24: 2098-2100.
- Wilkinson, L. 2000. SYSTAT, version 10.0. SPSS, Chicago, Illinois, USA.
- Wright, S. J., Calderón, O., Hernández, A. e Paton, S. 2004. Are lianas increasing in importance in tropical forests? A 17-year record from Panama. *Ecology* 85:484-489.
- Wright, I. J. *et al.* 2004. The worldwide leaf economics spectrum. *Nature* 428:821-827.

Zhu, S-D. e Cao, K-F. 2009. Hydraulic properties and photosynthetic rates in co-occurring lianas and trees in a seasonal dry tropical rainforest in southwestern China. *Plant Ecology (in press)*.