



Condições desfavoráveis à planta hospedeira não influenciam a infestação por galhas e o desempenho de larvas galhadoras

Luanne Caires

RESUMO: Condições abióticas desfavoráveis prejudicam o desempenho das plantas, podendo influenciar o desempenho e a competição de galhadores. Investiguei, em uma planta de mangue, se a infestação por galhas e o desempenho das larvas do galhador em diferentes intensidades de competição são maiores em ambientes mais favoráveis à planta. Comparei entre dois manguezais com diferentes salinidades a porcentagem de folhas infestadas, a infestação foliar e a porcentagem de larvas sobreviventes em função da quantidade de galhas por folha. Considerei que as plantas teriam pior desempenho em salinidades menores. A porcentagem de folhas infestadas, a infestação foliar e a porcentagem de larvas sobreviventes não diferiram entre as áreas. A ausência de relação entre qualidade do ambiente para a planta, infestação por galhas e desempenho dos galhadores pode decorrer do balanço entre qualidade de recursos foliares e defesas das plantas, além da capacidade do galhador de modular a qualidade dos tecidos da galha.

PALAVRAS-CHAVE: aptidão, *Avicennia schaueriana*, Cecidomyidae (Diptera), estresse abiótico, manguezais, salinidade

INTRODUÇÃO

As condições ambientais, como temperatura, umidade e disponibilidade de água e nutrientes, influenciam a fisiologia de espécies vegetais e, conseqüentemente, seu desempenho em termos de sobrevivência, crescimento e reprodução (Taiz & Zeiger, 2006). O desempenho das plantas, por sua vez, desencadeia um efeito *bottom-up* que influencia o desempenho e a dinâmica populacional dos herbívoros (Bruyn *et al.*, 2002). Este efeito é especialmente importante para insetos com interações especialistas com plantas, como muitos insetos galhadores, cujo desenvolvimento larval ocorre dentro de galhas induzidas pela larva nas plantas hospedeiras. Galhas são estruturas resultantes da proliferação e diferenciação de células parenquimáticas vegetais por meio de interações entre a expressão gênica das larvas e a maquinaria biológica da planta (Shorthouse & Rohfritsch, 1992; Schick e Dahlsten, 2003). Além de oferecer proteção às larvas contra condições ambientais desfavoráveis e inimigos naturais, as galhas fornecem os recursos foliares dos quais as larvas se alimentam (Shorthouse & Rohfritsch, 1992; Schick & Dahlsten, 2003). Assim, plantas com melhor desempenho seriam mais infestadas por insetos galhadores, já que tais plantas poderiam oferecer recursos mais abundantes e, conseqüentemente, favorecer o desenvolvimento das larvas e aumentar a abundância dos insetos no local em que a planta

se encontra (Price, 1991).

Manguezais são ecossistemas intertidais lodosos que ocorrem ao longo da costa de regiões tropicais e subtropicais e abrigam espécies vegetais tipicamente halófitas (Kikuzawa & Lechowicz, 2011). Nestes ecossistemas, as condições limitantes ao desempenho das plantas incluem a oxigenação e a estabilidade do substrato, além do nível de salinidade no solo (Krauss *et al.*, 2008; Prado *et al.*, 2013). Tais condições variam tanto entre zonas de um mesmo manguezal quanto entre diferentes manguezais, uma vez que dependem da intensidade e frequência de inundação definida pela influência da dinâmica de marés (Prado *et al.*, 2013). Em áreas com menor influência das marés, a salinidade é reduzida, o que pode prejudicar o desenvolvimento de algumas espécies típicas de manguezais, como *Rhizophora mangle* L. (Werner & Stelzer, 1990) e *Avicennia marina* (Forssk.) Vierh (Nguyen *et al.*, 2015). O efeito prejudicial da redução da salinidade decorre, por exemplo, da redução da taxa de crescimento devido a uma menor taxa de assimilação de carbono e a uma menor área foliar, o que diminui a captação de recursos para a fotossíntese (Nguyen *et al.*, 2015). Assim, é comum que, próximo à foz de rios, espécies de mangue formem extensas e exuberantes florestas, enquanto em regiões mais a montante dos rios, os manguezais se tornam menos extensos e com

árvores de menor porte (Lüttge, 2008).

Os prejuízos ao desenvolvimento vegetal podem levar a uma menor capacidade de produzir fotossintatos em espécies de mangue de regiões menos salinas (Nguyen *et al.*, 2015). A menor produção de fotossintatos resultana redução da qualidade nutricional das folhas e, conseqüentemente, pode reduzir a abundância e a qualidade do recurso adquirido pelas larvas galhadoras, prejudicando seu desenvolvimento. O pior desempenho das larvas, especialmente em termos de sobrevivência e reprodução, pode resultar em declínio populacional ao longo do tempo e, conseqüentemente, em uma queda na taxa de infestação por galhas em locais onde plantas têm desempenho limitado (Bernays & Chapman, 1994).

A baixa qualidade das folhas pode ter efeitos também sobre o resultado da competição por recursos entre larvas galhadoras. Em folhas com altas densidades de larvas, a competição poderia ser mais intensa, devido à redução de recurso destinada a cada larva individualmente, o que poderia impactar negativamente no seu desenvolvimento (Shorthouse & Rohfritsch, 1992). Em locais em que o recurso foliar é escasso e menos nutritivo, o efeito negativo da competição pode ser maior do que em locais com melhor abundância e qualidade do recurso. Assim, meu objetivo foi investigar o efeito da qualidade do ambiente para a planta hospedeira sobre a infestação por galhas e o desempenho de larvas galhadoras, utilizando como modelo um cecidomiídeo parasita de *Avicennia schaueriana* Stapf & Leechm. (Avicenniaceae). Considerando que a qualidade nutricional das folhas de *A. schaueriana* é potencialmente maior em ambientes mais salinos, minhas hipóteses são que: I) em um mangue mais salino, a infestação por galhas será maior do que em mangues menos salinos, e que II) o desempenho das larvas galhadoras será melhor em condições de baixa competição em um mangue mais salino e pior em condições de alta competição em um mangue menos salino.

MATERIAL & MÉTODO

Sistema de estudo

Realizei o estudo em duas áreas de manguezal localizadas nas imediações do bairro Guaraú (24°36'90"S, 47°01'92"O), Peruíbe, São Paulo. A primeira área (aqui chamada de *mangue salino*) situa-se próximo à foz do rio Guaraú e está sujeita à grande influência das marés, o que pode levar a

um alto grau de salinidade no local. *Rhizophora mangle*, *Laguncularia racemosa* (L.) C.F.Gaertn e *Avicennia schaueriana* são espécies abundantes nessa área (Prado *et al.*, 2013). A segunda área (aqui chamada de *mangue salobro*) situa-se a cerca de 1 km de distância da primeira (Figura 1), em uma região a montante do rio, estando sujeita a menor influência das marés e, conseqüentemente, a menor salinidade. Nesse local, a espécie predominante é *L. racemosa*, seguida de *R. mangle*. A abundância de *A. schaueriana* é baixa, com indivíduos esparsos e de menor porte do que os encontrados na primeira área (*observação pessoal*).



Figura 1. Vista aérea da região do bairro Guaraú, Peruíbe, São Paulo. Em amarelo estão demarcadas as áreas de mangue salino e de mangue salobro às margens do Rio Guaraú utilizadas neste estudo.

Nas duas áreas de mangue, as folhas de *A. schaueriana* são infestadas por galhas induzidas por um inseto da família Cecidomyidae (Diptera). Os cecidomiídeos são insetos pequenos e frágeis, com capacidade limitada de voo (Schick & Dahlsten, 2003). Em *A. schaueriana*, as galhas de cecidomiídeos possuem apenas uma câmara interna, (*i.e.*, abrigam apenas uma larva) e sua cor é esverdeada (Maia & Silva, 2016). O formato da galha se altera ao longo do desenvolvimento da larva: em fases iniciais, a galha ocorre na face adaxial da folha e tem formato achatado, assumindo forma globular e intralaminar à medida em que se expande tanto na face adaxial quanto na face abaxial da lâmina foliar (Maia & Silva, 2016). Nas fases posteriores de desenvolvimento, é possível observar a formação de uma reentrância na extremidade abaxial da galha, que dará origem à abertura de emergência do indivíduo adulto.

Coleta de dados

No mangue salino, a área de amostragem localizava-se na margem esquerda a jusante do rio Guaraú, na qual defini uma linha de 70 m de comprimento paralela ao curso d'água, a uma distância de 8 m da margem. A cada 3,5 m, amostrei o indivíduo

de *A. schaueriana* mais próximo à linha e, caso houvesse mais de um indivíduo à mesma distância, sorteie o indivíduo a ser amostrado. No mangue salobro, como os indivíduos de *A. schaueriana* eram mais esparsos, realizei uma busca arbitrária por 15 indivíduos, respeitando uma distância mínima de 15 m da margem esquerda a jusante do rio Guaraú. Ao adotar uma maior distância mínima da margem do que a adotada no mangue salino, busquei reduzir o efeito do aporte de sal nas áreas mais inundadas pelo rio no mangue salobro e maximizar as diferenças de salinidade entre as duas áreas de mangue.

Para a análise da infestação por galhas, coletei 5 folhas de cada indivíduo, sorteando um dos ramos situados a 1,5 m de altura e, no ramo sorteado, uma folha a ser coletada. Restringi a coleta de folhas a 1,5 m de altura de forma a amostrar apenas folhas em regiões sombreadas, minimizando possíveis efeitos da exposição ao sol sobre a seleção de sítios de oviposição pelo inseto galhador (Rojas *et al.*, 2016) e sobre o desempenho das larvas. Para a análise do desempenho das larvas, realizei uma busca arbitrária por folhas com galhas em ramos à altura máxima de 1,5 m, de modo a complementar o número de galhas amostradas na coleta aleatória de folhas.

Como variáveis operacionais do grau de infestação, utilizei a porcentagem de folhas infestadas por indivíduo e a infestação foliar média. Para estimar a porcentagem de folhas infestadas por indivíduo, dividi o número de folhas com galhas pelo número total de folhas coletadas por indivíduo e multipliquei o valor por 100. Para estimar a infestação foliar média, estimei a infestação foliar de cada indivíduo dividindo o número total de galhas encontradas em todas as folhas com galhas pelo número total de folhas coletadas do indivíduo. A infestação foliar média corresponde à média da infestação foliar de todos os indivíduos amostrados em cada manguezal.

Para investigar o desempenho das larvas galhadoras, selecionei apenas folhas com uma ou mais galhas isoladas. Considerei galhas como isoladas se, em um raio de 1 cm em seu entorno, não houvesse outras galhas presentes. Dentre as galhas isoladas, selecionei: I) galhas com formato esférico e que possuíssem a reentrância evidente e vedada, indicando que a larva está em fase adianta de desenvolvimento, mas não emergiu, e II) galhas com sinais de emergência do adulto. Das folhas que possuíam galhas que atendessem a todos os critérios de inclusão, sorteie folhas até que um total

de 37 galhas fossem selecionadas, sendo que em alguns casos mais de uma galha foi selecionada por folha. Como variável operacional de desempenho das larvas galhadoras, utilizei a porcentagem de larvas sobreviventes entre as galhas sorteadas. As larvas foram consideradas sobreviventes quando havia sinais de emergência do adulto ou quando as larvas foram encontradas vivas no interior da galha, seguindo os critérios de Giroldo (2015). Para avaliar o efeito da competição em relação ao ambiente, dividi as folhas dos dois ambientes em duas categorias (baixa e alta quantidade de galhas), com base na mediana da distribuição do número de galhas por folha. Os valores de mediana foram de 4 e 3 galhas por folha no mangue salino e no mangue salobro, respectivamente. Assim, analisei a porcentagem de larvas sobreviventes utilizando quatro categorias de condição de ocorrência da galha: salino/baixa, salino/alta, salobro/baixa e salobro/alta.

Análise dos dados

Para testar se a porcentagem de folhas infestadas por indivíduo no mangue salino foi maior do que no mangue salobro, realizei um teste de significância por permutação, no qual a estatística de interesse foi a diferença entre a porcentagem média de folhas infestadas por indivíduo nas duas áreas de mangue. Para tanto, permutei a porcentagem de folhas infestadas de cada indivíduo entre as áreas de mangue, criando um cenário nulo no qual a porcentagem de folhas infestadas independe do ambiente em que o indivíduo se encontra. Em cada permutação, calculei a diferença entre a média na porcentagem de folhas infestadas por indivíduo nas duas áreas de mangue, gerando uma distribuição nula de diferenças.

Para testar se a infestação foliar média no mangue salino foi maior do que no mangue salobro, realizei um teste de significância por permutação, no qual a estatística de interesse foi a diferença entre a infestação foliar média das duas áreas de mangue. Para tanto, permutei o número médio de galhas por folha de cada indivíduo entre as áreas de mangue, criando um cenário nulo no qual o número médio de galhas por folha de cada indivíduo independe do ambiente em que o indivíduo se encontra. Em cada permutação, calculei a diferença entre a infestação foliar média dos ambientes, gerando uma distribuição nula de diferenças.

Para testar se a porcentagem de larvas sobreviventes será maior em condições de baixa competição em um mangue mais salino e menor em condições

de alta competição em um mangue menos salino, realizei um teste de significância por permutação análogo à análise de variância, no qual a estatística de interesse era a razão entre a variância entre categorias de ocorrência da galha sobre a variância dentro de cada categoria. Para tanto, atribuí o valor 1 a larvas sobreviventes e o valor 0 a larvas não sobreviventes e permutei os valores entre as quatro categorias de ocorrência das galhas, mantendo galhas de uma mesma folha juntas na permutação. Deste modo, a criei um cenário nulo em que a sobrevivência das larvas independe do ambiente e da quantidade de galhas na folha. Em cada ciclo de permutação, calculei a razão entre a variância entre categorias de ocorrência da galha sobre a variância dentro de cada categoria de ocorrência da galha, obtendo uma distribuição nula de razões entre variâncias.

Em cada teste realizei 10.000 permutações e o valor da estatística de interesse observado neste estudo só foi considerado diferente do esperado ao acaso se diferenças iguais ou maiores do que ele ocorressem com probabilidade inferior a 5% na distribuição nula. Todas as análises foram realizadas utilizando os pacotes *Rsampling* (Prado *et al.*, 2016) e *shiny* (Chang *et al.*, 2015) do programa R (R Core Team, 2016).

RESULTADOS

Em média, 24% das folhas por indivíduo continham galhas no mangue salino e 19% das folhas de cada indivíduo continham galhas no mangue salobro. A porcentagem média de folhas infestadas por indivíduo não diferiu entre os dois ambientes ($p = 0,806$; Figura 2). A infestação foliar média não diferiu entre as duas áreas de mangue, sendo de 4,83 galhas/folha no ambiente salino e de 5,20 galhas/folha no ambiente salobro ($p = 0,438$; Figura 3).

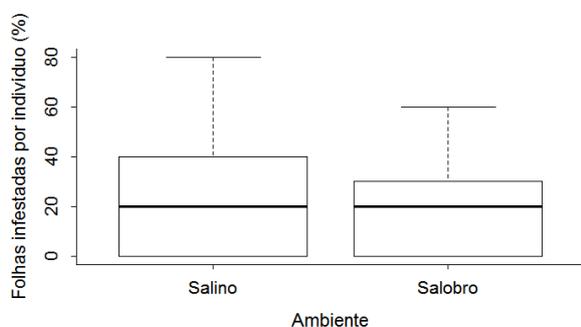


Figura 2. Porcentagem de folhas infestadas por indivíduo em área de mangue salino e mangue salobro. As barras horizontais representam a mediana, as caixas representam o intervalo correspondente a 50% dos valores observados (o segundo e o terceiro quartil da distribuição).

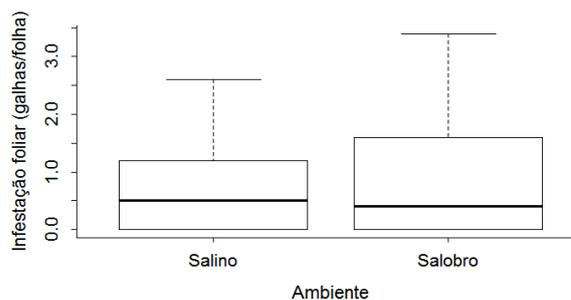


Figura 3. Infestação foliar em área de mangue salino e de mangue salobro. As barras horizontais representam a mediana, as caixas representam o intervalo correspondente a 50% dos valores observados (o segundo e o terceiro quartil da distribuição). No ambiente salino, ocorreram dois valores extremos de infestação foliar não apresentados no gráfico: 6,8 e 11,6 galhas/folha.

A porcentagem de larvas sobreviventes no mangue salino foi de 70,83% (17/24) em folhas com baixa quantidade de galhas e 84,61% (11/13) em folhas com alta quantidade de galhas. Já no mangue salobro a sobrevivência foi de 81,25% (13/16) e 52,38% (11/21) em folhas com baixa e alta quantidade de galhas, respectivamente. A porcentagem de sobrevivência das larvas não diferiu entre as diferentes categorias de ocorrência da galha ($p = 0,162$, Figura 4).

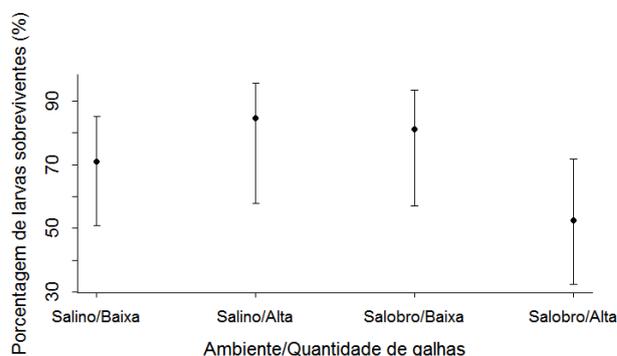


Figura 4. Porcentagem de larvas sobreviventes em mangue salino e mangue salobro localizadas em folhas com baixa e alta quantidade de galhas. Os pontos representam a porcentagem de larvas sobreviventes e as barras representam o intervalo de confiança de 95%.

DISCUSSÃO

A qualidade do recurso vegetal para herbívoros em espécies de mangue pode ser menor em ambientes sub ótimos, como ambientes de baixa salinidade (Nguyen *et al.*, 2015), potencialmente influenciando a aptidão de insetos galhadores. No entanto, não encontrei evidências de que a infestação por galhas e o desempenho das larvas de um cecidomídeo galhador de *A. schaueriana* seja maior em um

ambiente mais favorável para a planta hospedeira em comparação a um ambiente menos favorável, nem que a competição por recursos influencie o desempenho das larvas.

A ausência de relação entre a salinidade do mangue e a infestação local pode decorrer de um desacoplamento entre o desempenho da planta e o desempenho das larvas galhadoras, resultando em um grau de infestação semelhante em diferentes condições ambientais. Os mecanismos que podem levar a esse desacoplamento incluem

um balanço entre a qualidade do recurso fornecido pela planta hospedeira e as defesas da planta. Em ambientes menos favoráveis às plantas, como mangues salobros, a limitação na produção de fotossintatos pode levar a uma demanda conflitante no investimento em sistemas de defesa especializados (Felton & Korth, 2000; Lambers *et al.*, 2008). Alta pressão de fitófagos, como fungos e minadores, e baixa infestação por galhas podem resultar em maior investimento em defesas especializadas para esses inimigos e reduzir a defesa contra infestação por galhas, facilitando a sobrevivência das larvas galhadoras, mesmo em condições de pior qualidade nutritiva dos recursos foliares. Em estudo realizado com *L. racemosa* na mesma área de mangue salobro deste estudo, Dufner (2016) encontrou menor coocorrência de fitófagos, sugerindo que as plantas de fato investem em recursos especializados contra um tipo de inimigo natural, permitindo a infestação por um inimigo distinto. Já em ambientes mais favoráveis ao desenvolvimento da planta hospedeira, como mangues salinos, a demanda conflitante no investimento em defesas especializadas pode ser menor (Bernays & Chapman, 1994; Dufner, 2016). Assim, larvas galhadoras teriam acesso a recursos mais nutritivos nas folhas, mas estariam sujeitas a maior mortalidade em decorrência dos mecanismos de defesa da planta, resultando em desempenho semelhante nos dois tipos de ambiente. Estudos futuros podem investigar o efeito da demanda conflitante de investimento entre mecanismos de defesa distintos sobre a infestação por galhas e o desempenho dos insetos galhadores.

Além disso, é possível que as larvas galhadoras tenham mecanismos de detecção da qualidade foliar e possam modular a produção de tecidos nutritivos ou a qualidade nutricional dos tecidos da galha, compensando o baixo desempenho das plantas em ambientes menos favoráveis (Stone & Schonrogge, 2003). A capacidade de regular os tecidos das galhas, seja em termos de nutrição ou proteção, também pode estar envolvida na ausência de padrão encontrada entre desempenho das larvas e condições abióticas diretamente desfavorá-

veis ao desenvolvimento larval. Barreto (2016), por exemplo, encontrou evidências de sobrevivência similar entre larvas sujeitas a diferentes riscos de dessecação em regiões da copa de *A. schaueriana* diferencialmente expostas à radiação solar. Larvas em ambientes que propiciam piores condições de desenvolvimento para as plantas hospedeiras ou para as próprias larvas despenderiam maior energia na indução de tecidos nutritivos do que larvas em ambientes que propiciam melhores condições para as plantas. Esse maior investimento energético pode resultar em uma demanda conflitante entre a energia alocada para promover modificações nos tecidos da galha e a energia alocada para o desenvolvimento da larva (Shorthouse & Rohfritsch, 1992). A diferença de investimento energético entre larvas em ambientes mais ou menos favoráveis para as plantas hospedeiras pode resultar em um mesmo grau de sobrevivência das larvas nos dois ambientes, mas tem potenciais efeitos sobre estágios posteriores de desenvolvimento. Em ambientes de menor qualidade para as plantas, as larvas poderiam ter limitações não na sobrevivência, mas no crescimento, resultando em indivíduos adultos menores nestes ambientes.

A ausência de efeito da competição por recursos sobre o desempenho das larvas pode decorrer de benefícios associados ao isolamento da galha na folha. Logo, mesmo que a quantidade de galhas na folha seja alta, galhas isoladas como as utilizadas neste estudo não seriam influenciadas por seus competidores e larvas em folhas com alta quantidade de galhas teriam um desempenho semelhante ao de larvas em folhas com menor quantidade de galhas. Neste cenário, pode haver uma pressão seletiva sobre as fêmeas de insetos galhadores para ovipor em regiões foliares com menor densidade de galhas. No entanto, Marin (2015) sugere efeitos positivos da agregação de galhas nas folhas e estudos futuros podem investigar a relação entre a agregação de galhas e o crescimento de larvas galhadoras, testando se em caso de larvas que se desenvolvem em condições de agregação os efeitos negativos da competição por recurso se manifestam.

Condições ambientais mais estressantes para as plantas e a competição por recursos parecem não influenciar a infestação por galhas e o desempenho das larvas galhadoras. Este padrão pode estar relacionado a um balanço entre a qualidade dos recursos foliares e a defesa contra insetos galhadores em plantas sob diferentes qualidades ambientais e à capacidade de larvas galhadoras modularem a qualidade dos tecidos da galha. Além disso, os efeitos competitivos entre larvas situadas em folhas com alta quantidade de galhas podem ser minimizados pelo isolamento da galha na folha.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Billy, Letícia, Puh e Camila Barreto pela ajuda na coleta de dados para esse projeto. A Adrian, Paulo Inácio, Diana e Dri pelas sugestões na revisão do manuscrito. Aos professores e monitores e a Rena pela dedicação, paciência e por todas as discussões enriquecedoras ao longo do curso. A Dona Terezinha e Seu Vito, pela hospitalidade e preocupação com nosso bem estar. E aos amigos antigos (Lucas, Rodolfo e Vini), aos amigos novos (Louise, Lygia, Mormaço, Murillo, Pietro e Rodolfo P.) e a todos os colegas pelos momentos de diversão e aprendizado vividos durante a era geológica do curso de campo.

REFERÊNCIAS

- Barreto, C.R. 2016. A temperatura influencia a taxa de mortalidade de larvas de insetos galhadores? Em: *Livro do curso de campo "Ecologia da Mata Atlântica"* (G. Machado; P.I.K.L. Prado & A.Z. Martini, eds.). Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Bernays, E.A. & R.F. Chapman. 1994. *Host-plant selection by phytophagous insects*. Chapman & Hall, New York.
- Chang, W.; J. Cheng; J.J. Allaire; Y. Xie & J. McPherson. 2015. *Shiny: web application framework for R*. R package version 0.12.1. <https://CRAN.R-project.org/package=shiny>.
- De Bruyn, L.; J. Scheirs & R. Verhagen. Nutrient stress, host plant quality and herbivore performance of a leaf-mining fly on grass. *Oecologia*, 130: 594-599.
- Dufner, K.C.T. 2015. A co-ocorrência de fitófagos na planta pode variar de acordo com a disponibilidade de nutrientes no solo. Em: *Livro do curso de campo "Ecologia da Mata Atlântica"* (G. Machado; P.I.K.L. Prado & A.Z. Martini, eds.). Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Felton, G.W. & K.L. Korth. 2000. Trade-offs between pathogen and herbivore resistance. *Current Opinion in Plant Biology*, 3:309-314.
- Giroldo, P.Z. 2015. Há relação entre a qualidade do sítio das galhas e sua distância à nervura central de folhas? Em: *Livro do curso de campo "Ecologia da Mata Atlântica"* (G. Machado; P.I.K.L. Prado & A.Z. Martini, eds.). Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Kikuzawa, K. & M.J. Lechowicz. 2011. *Ecology of leaf longevity*. Springer, Nova Iorque.
- Krauss, K.W.; C.E. Lovelock; K.L. McKee; L. López-Hoffman; S.M.L. Ewe & W.P. Sousa. 2008. Environmental drivers in mangrove establishment and early development: a review. *Aquatic Botany*, 89:105-127.
- Lambers, H.F.; S.T. Chapin II & T.L. Pons. 2008. *Plant physiological ecology*. Springer, Nova Iorque.
- Lüttge, U. 2008. *Physiological ecology of tropical plants*. Springer, Nova Iorque.
- Maia, V.C. & Silva, L.O. 2016. Insect galls of restingia de Marambaia (Barra de Guaratiba, Rio de Janeiro, RJ). *Brazilian Journal of Biology*, 76:787-795.
- Marin, G.L. 2015. Influência da salinidade na seleção de sítios de oviposição por um inseto galhador em uma planta de manguezal. Em: *Livro do curso de campo "Ecologia da Mata Atlântica"* (G. Machado; P.I.K.L. Prado & A.Z. Martini, eds.). Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Nguyen, H.T.; D.E. Stanton; N. Schmitz; G.D. Farquhar & M.C. Ball. Growth responses of the mangrove *Avicennia marina* to salinity: development and function of shoot hydraulic systems require saline conditions. *Annals of Botany*, doi:10.1093/aob/mcu257, available online at www.aob.oxfordjournals.org
- Prado, A.; C. Caiado-Gomes; F. Librán & F. Orochío. 2013. Variações na morfologia de sustentação em *Rhizophora mangle* (Rhizophoraceae) em diferentes condições de inundação do solo. Em: *Livro do curso de campo "Ecologia da Mata Atlântica"* (G. Machado; P.I.K.L. Prado & A.Z. Martini, eds.). Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Prado, P.; A. Chalom & A. Oliveira. 2016. *Rsampling: ports the workflow of "Resampling Stats"*. Add-in to R. R package version 0.1.1.
- Price, P.W. 1991. The plant vigor hypothesis and herbivore attack. *Oikos*, 62: 244-251.
- R Core Team (2016). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- Rojas, A.; C.R. Barreto; K.C.T. Dufner & M.F. Rodrigues. 2016. Ajustes finos na seleção de sítios de oviposição por insetos galhadores em

- resposta à exposição solar. Em: *Livro do curso de campo "Ecologia da Mata Atlântica"* (G. Machado; P.I.K.L. Prado & A.Z. Martini, eds.). Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Schick, K.N. & D.L. Dahlsten. 2003. Gall making and insects, pp. 464-466. Em: *Encyclopedia of insects* (V.H. Resh & R.T. Cardé, eds.). Elsevier Science, Orlando.
- Shorthouse, J.D. & O. Rohfritsch. 1992. *Biology of insect-induced galls*. Oxford University Press, Oxford.
- Stone, G.N. & K. Schonrogge. 2003. The adaptive significance of insect gall morphology. *Trends in Ecology and Evolution*, 18:512-522.
- Taiz, L. & E. Zeiger. 2006. *Fisiologia vegetal*. Artmed, Porto Alegre.
- Werner, A. & R. Stelzer. 1990. Physiological responses of the mangrove *Rhizophora mangle* grown in the absence and presence of NaCl. *Plant, Cell & Environment*, 13: 243-255.