

Análise comparada de perda de área foliar entre folhas férteis e estéreis de *Asplenium auritum* Sw (Aspleniaceae)

Comparative analysis of loss of leaf areas between fertile and sterile leaves of *Asplenium auritum* Sw (Aspleniaceae)

Aline O Barcelos^{1,3} e Marcelo Renan D Santos^{2,3*}

1. Bolsista FAPES de Mestrado; 2. Professor Adjunto; 3. Programa de Pós-graduação em Ecologia de Ecossistemas - PPEE. Universidade Vila Velha - UVV. Avenida Comissário José Dantas de Melo, n° 21, Boa Vista, Vila Velha, Espírito Santo, Brasil. CEP: 29101-770.

*Autor para correspondência: mrenansantos@gmail.com

Resumo As interações planta-herbívoros são complexas e relacionam ao mesmo tempo a alimentação e a reprodução quanto a polinização e dispersão de sementes. Na família Aspleniaceae, de Pterophyta, os esporângios se desenvolvem na face adaxial das lâminas foliares (esporófilos). Para verificar se há algum mecanismo que direcione a herbivoria em pteridófitas para folhas estéreis (trofófilos), poupando as estruturas reprodutivas, este trabalho compara a taxa de dano foliar sugestivo de herbivoria em esporófilos e trofófilos de *Asplenium auritum* em uma área de Mata Atlântica. A coleta foi realizada em maio de 2012, quando foram estabelecidas cinco parcelas de 4m x 4m orientadas perpendicularmente a 15 metros da borda da mata, de onde foram coletadas 4 folhas de cada indivíduo encontrado de *A. auritum*. As folhas foram fotografadas para avaliação morfométrica através do programa ImageJ e foi realizado o teste de t para amostras não pareadas ($p < 0,05$) utilizando o programa SPSS 17.0. Os resultados não apresentaram diferença significativa entre a área foliar predada de *A. auritum*, com e sem esporos ($t = 1,4$; $p = 0,173$). Pesquisas futuras poderão auxiliar na compreensão da importância da origem destas interações e o motivo que levam as samambaias a realizarem essas interações entre herbivoria e reprodução e contribuir para proposição de estratégias de conservação.

Palavras-chaves: herbivoria, samambaias, pteridófitas, Pterophyta, Mata Atlântica.

Abstract Plant-herbivore interactions are complex and relate, at the same time, feeding and reproduction in consumers, as well as pollination and seed dispersal of plants. In Aspleniaceae, a Pterophyta family, sporangia develop on the adaxial surface of the leaf blade (sporophylls). To check if there is some mechanism that directs herbivory in sterile fern leaves (trophophylls), sparing the

reproductive structures, this study compares the rate of leaf damage between sporophylls and trophophylls of *Asplenium auritum* in an area of Atlantic Forest. The plant material collection was made in May 2012 when five plots of 4m x 4m oriented perpendicular to 15 meters from the forest edge were established, of which 4 sheets of each individual found in *A. auritum* were collected. The leaves were photographed for morphometric evaluation using ImageJ software and the t test was used for unpaired samples ($p < 0.05$) using SPSS 17.0 software. The results showed no significant difference between the leaf area predated the *A. auritum*, with and without spores ($t = 1.4$, $p = 0.173$). Future research may help in understanding the importance of the origin of these interactions and the reason that lead ferns to conduct such interactions between herbivory and reproduction and contribute to proposing conservation strategies.

Keywords: herbivory, ferns, pteridophyta, Pterophyta, Atlantic Forest.

Introdução

As interações planta-herbívoros são complexas e relacionam ao mesmo tempo a polinização e dispersão de sementes com a alimentação e reprodução. A relação entre herbivoria e polinização é similar quando analisada em relação a interações tróficas, ou seja, na busca por recurso, porém, as consequências ecológicas são diferentes, uma vez que a polinização é mutualista e a herbivoria está voltada para a competição (Weis e Campbell 1992).

As samambaias são frequentemente associadas ao sub-bosque florestal, mas podem estar presentes em áreas de queimadas, clareiras, pastagens e em cursos aquáticos (Mehlreter *et al.* 2010). Porém, apesar dessa diversidade adaptativa, as samambaias são

altamente dependentes da disponibilidade hídrica do ambiente, pois esse é um fator imprescindível para a reprodução, por exemplo, para a realização da fecundação (Coelho *et al.* 2007).

As samambaias apresentam folhas chamadas de trofófilos, que são estéreis com função fotossintética, e esporófilos que são folhas férteis que produzem esporângios na sua face adaxial (Rothwell e Stockey 2008, Smith *et al.* 2008).

Adaptações para aumentar a eficiência da estratégia reprodutiva das plantas em geral através da relação com herbívoros são comuns, como ocorre entre flores e beija-flores, ou também através de características que limitam o efeito negativo do herbívoro sobre as estruturas reprodutivas da planta como ocorre entre abelhas e o pólen (Westerkamp 1996). Porém, há poucos estudos que analisam a diferença na herbivoria entre esporófilos e trofófilos em pteridófitas. Dois estudos indicam que há uma tendência de preservação da superfície de esporófilos como estratégia de poupar o potencial de reprodução da planta, assim como é sugerido para angiospermas (Raupp e Denno 1983, Mehltreter e Bartolomé 2003). Santos *et al.* (2010) observaram, porém, que esta estratégia não é verificada em *Asplenium auritum*, sugerindo que mais estudos sejam realizados para se confirmar estas relações.

Para confirmar ou não se há algum mecanismo que direcione a herbivoria em pteridófitas para folhas estéreis, poupando as estruturas reprodutivas, este trabalho compara os danos produzidos por herbivoria em esporófilos e trofófilos de *Asplenium auritum* L., (Figura 1) Aspleniaceae, em uma área de Mata Atlântica.

Métodos

Área de estudo

O estudo foi realizado em Marechal Floriano, ES (Figura 2) em um fragmento de Mata Atlântica, que é um dos mais ameaçados



Figura 1 Ramo (seta) de *Asplenium auritum* Sw (Aspleniaceae), sobre o tronco de uma árvore no sub-bosque de um fragmento de Mata Atlântica, em Marechal Floiriano, Espírito Santo.

ecossistemas do planeta, restando apenas 8% de sua área original, sendo atualmente um dos mais importantes e ameaçados *hotspots* do mundo (Galindo-Leal e Câmara 2005). Apresenta clima sub-úmido, solo pobre e elevada pluviosidade na região da Serra do Mar (Tabarelli *et al.* 2005). O estudo foi realizado no município de Marechal Floriano, Espírito Santo, Brasil. A área de estudo (20°25'29"S 40°46'54"W) está localizada a 798 metros de altitude.

Coleta de Dados

A coleta foi realizada em Maio de 2012, quando foram estabelecidas cinco parcelas de 4m x 4m orientadas perpendicularmente e distante 15 metros da borda da mata, de onde foram coletadas 4 folhas de *A. auritum*, de cada indivíduo encontrado. Em laboratório,



Figura 2 Localização do fragmento de Mata Atlântica em estudo, no município de Marechal Floriano, ES, com destaque para a região de ocorrência dos indivíduos amostrados de *Asplenium auritum* Sw (Aspleniaceae).

foram selecionadas 26 folhas que apresentavam danos sugestivos de herbivoria, organizadas e fotografadas para avaliação morfométrica através do programa ImageJ, após a calibração da escala métrica em milímetros. Através das análises foram determinadas área total e a área danificada (Santos *et al.* 2010) em mm² das folhas.

Análise estatística

Inicialmente verificou-se através de regressão linear se a área danificada das folhas não variava apenas em função da área total da superfície foliar. Não foi observada uma relação significativa ($r^2=0,029$, ANOVA: $p=0,395$). Em seguida, verificou-se se os dados tinham distribuição gaussiana através do teste de Kolmogorov Smirnov ($z=1,051$; $p=0,219$) e sendo estes normais, a comparação entre a área predada das folhas foi realizada através de teste *t* de Student para amostras independentes. Todas as análises foram feitas no programa SPSS 17.0 (Zar 2010).

Resultado e discussão

Das 26 folhas coletadas e analisadas foi observado que as folhas estéreis apresentaram valores menores de dano de sua área foliar quando comparado com as folhas férteis (Figura 3), porém sem significância estatística ($t=1,4$; $p=0,173$). Este fato indica não haver um processo de seleção em benefício dos esporófilos por parte da planta por limitar de alguma forma o consumo destes em detrimento dos trofófilos.

O percentual de área danificada variou de 0,35 a 10,3% ($3,75 \pm 3,4\%$ - média \pm desvio padrão) nos trofófilos e de 0,22 a 17,8% ($6,4 \pm 6,1\%$) nos esporófilos. Lowman (1985) afirma que em florestas tropicais pode ser encontrada uma taxa de 10 à 30% de herbivoria nas folhas por ano. Em pteridófitas, Mehlreter (2010) afirma que há uma menor ocorrência de herbivoria se comparada com as angiospermas, e em samambaias chega a uma proporção de três à sete vezes menor do que em plantas com flores. No entanto, apesar de no presente trabalho as folhas férteis apresentarem maior percentual de dano, não houve diferença estatística corroborando com Santos *et al.* (2010) que relataram não encontrarem diferenças significativas entre as perdas de área foliar de trofófilos e esporófilos de *Asplenium serratum*. Os mesmos autores verificaram que não houve relação de dependência entre a área perdida e o tamanho foliar, o que também foi observado neste estudo.

Uma das possibilidades de perda de área foliar é por herbivoria, que por sua vez pode ser influenciada pela concentração de compostos secundários, esclerificação das folhas ou cutinização, presença de pêlos ou tricomas, entre outros fatores limitantes ou estimuladores (Onuf e Teal 1977, Brenes-Arguedas *et al.* 2006).

Estudos sobre herbivoria em pteridófitas levaram Hendrix (1980) a propor uma hipótese de que sua ocorrência nas samambaias seria 25 vezes menor que nas angiospermas. Porém, Mehlreter

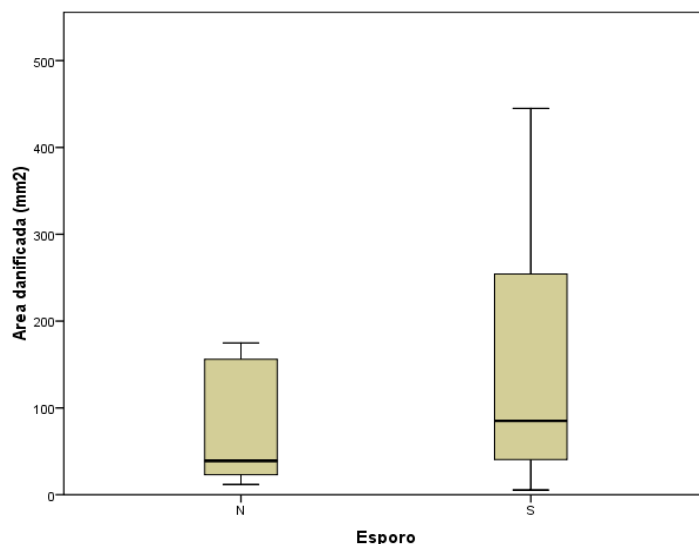


Figura 3 Área foliar danificada sugestiva de herbivoria em esporófilos (S) e trofófilos (N) de *Asplenium auritum* (n=26).

(2010) assevera que, embora as evidências realmente apontem para uma menor ocorrência de herbivoria em pteridófitas, quando comparadas às angiospermas, a proporção tão elevada proposta por Hendrix (1980) seria consequência de poucos estudos sobre o tema, sendo que os que já foram realizados apresentam-se tendenciosos tanto do ponto de vista sistemático como do ponto de vista geográfico, ou até mesmo como um artefato de subamostragem.

Na verdade, a ocorrência de herbivoria entre as samambaias seria apenas de três a sete vezes menor que a das plantas com flores (Mehlreter 2010). Em comparação com orquídeas e bromélias de uma floresta tropical Montana do México, as samambaias simpátricas a elas apresentaram maiores valores de dano foliar médio. Enquanto menos de 32% dos indivíduos de orquídeas e 15% das bromélias apresentaram pelo menos alguns traços de herbivoria, 60-95% dos indivíduos de samambaias foram afetados pela herbivoria (Winkler *et al.* 2005).

Em relação à ocorrência de danos foliares por herbivoria, samambaias terrestres e epífitas apresentam uma proporção que varia entre 5-15%, tendo ocorrido raros relatos em que esta proporção pode chegar a um máximo de até 36% (Balick *et al.* 1978, Hendrix e Marquis 1983, Mehlreter e Bartolomé 2003, Mehlreter *et al.* 2006). Estes valores são semelhantes aos relatados para angiospermas das florestas tropicais (Lowman 1984 e 1985, Coley e Aide 1991, Williams-Linera e Baltazar 2001). Entre as samambaias, não têm sido encontradas diferenças no consumo de folhas férteis e estéreis, enquanto as folhas jovens têm apresentado consideravelmente menos danos do que as folhas mais velhas. Estes achados sugerem que os herbívoros podem se alimentar de folhas em qualquer fase de desenvolvimento, sendo que os níveis de danos aumentam com a idade foliar (Raupp e Denno 1983, Mehlreter e Bartolomé 2003). Por conseguinte, deve-se esperar que o dano foliar médio aumente com o aumento da expectativa de vida das folhas das espécies (Mehlreter *et al.* 2006).

Provavelmente qualquer diferença no consumo entre

folhas de pteridófitas se dê, principalmente, em relação à idade da folha, e não ao fato de ser estéril ou não (Raupp e Denno, 1983, Mehltreter e Bartolomé 2003), pois folhas mais jovens tem maior quantidade de nutrientes acumulados consequentemente são mais atrativos para os herbívoros (Brenes-Arguedas *et al.* 2006) o que é comprovado em vários estudos que encontraram maiores valores de compostos fenólicos (Coley 1983, Nichols-Orians e Schultz 1990, Turner 1995, Cornelissen e Fernandes 2001, Read *et al.* 2003) e terpenos (Crankshaw e Langenheim 1981, Langenheim *et al.* 1986) em folhas jovens.

Este estudo confirma a hipótese de que não há um processo de seleção em benefício dos esporófilos por parte da planta por limitar de alguma forma o consumo destes em detrimento dos trofófilos. Futuros sobre interação planta-animal demandarão análises de outros fatores relacionados às características fisiológicas das pteridófitas e de outros possíveis determinantes das interações tróficas com seus predadores. As samambaias merecem uma atenção especial devido à escassez de estudos. O estudo destas interações contribuirá para o planejamento de estratégias de conservação, na medida que estas informações servirão da base para a compreensão do papel ecológico destas espécies na Mata Atlântica e outros biomas.

Referências

- Brenes-Arguedas TM, Horton MW, Coley PD, Lokvam J, Waddell RA, Meizoso-O'Meara BE, Kursar TA (2006) Contrasting mechanisms of secondary metabolite accumulation during leaf development in two tropical tree species with different leaf expansion strategies. *Oecologia* 149: 91-100.
- Coelho SJ, Carvalho EMAF, MAIA LGS (2007) Resgate das Pteridófitas na área diretamente afetada do Aproveitamento Hidrelétrico do Funil – MG. *Revista Brasileira de Biociências* 5: 489-491.
- Coley PD (1983) Herbivory and defensive characteristics of tree species in a lowland tropical forest. *Ecological Monographs* 53:2 09–233.
- Coley PD, Aide TM (1991) Comparison of herbivory and plant defenses in temperate and tropical broad-leaved forests. In: Price PW, Lewinsohn TM, Fernandes GW, Benson WW (ed) **Plant–Animal Interactions: evolutionary ecology in tropical and temperate regions**. New York, JohnWiley & Sons, pp. 25-49.
- Cornelissen TG, Fernandes GW (2001) Defense, growth and nutrient allocation in the tropical shrub *Bauhinia brevipes* (Leguminosae). *Austral Ecology* 26: 246–253.
- Crankshaw DR, Langenheim JH (1981) Variation in terpenes and phenolics through leaf development in *Hymenaea* and its possible significance to herbivory. *Biochemical Systematics Ecology* 9:115–124.
- Galindo-Leal C, Câmara IG (2005) Mata Atlântica: biodiversidade, ameaças e perspectivas. São Paulo, Fundação SOS Mata Atlântica.
- Hendrix SD (1980) An evolutionary and ecological perspective of the insect fauna of ferns. *American Naturalist* 115: 171-196.
- Hendrix SD, Marquis RJ (1983) Herbivore damage to three tropical ferns. *Biotropica* 15: 108-111.
- Langenheim JH, Macedo CA, Ross MK, Stubblebine WH (1986) Leaf development in the tropical leguminous tree *Copaifera* in relation to microlepidopteran herbivory. *Biochemical Systematics Ecology* 14: 51–59.
- Lowman MD (1984). An assessment of techniques for measuring herbivory: is rain forest defoliation more intense than we thought? *Biotropica* 16: 264-268.
- Lowman MD (1985) Temporal and spatial variability in insect grazing of the canopies of five Australian rainforest tree species. *Australian Journal of Ecology* 10: 7-24.
- Mehltreter K (2010) Interactions of ferns with fungi and animals. In: Mehltreter K, Walker LR, Sharpe JM (ed) **Fern Ecology**. New York, Cambridge University Press, pp. 220-254.
- Mehltreter K, Walker LR, Sharpe JM (2010). **Fern Ecology**. Cambridge, Cambridge University Press.
- Mehltreter K, Bartolomé J (2003) Herbivory on three tropical fern species of a Mexican cloud forest. In: Chandra S, Srivastava M (ed) **Pteridology in the New Millennium**. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, pp 375-381.
- Nichols-Orians CM, Schultz JC (1990) Interactions among leaf toughness, chemistry, and harvesting by attine ants. *Ecological Entomology* 15:311–320.
- Onuf CP, TEAL JM (1977) Interactions of nutrients, plant growth and herbivory in a mangrove ecosystem. *Ecology* 58: 513-526.
- Raupp MJ, Denno RF (1983) Leaf age as a predictor of herbivore distribution and abundance. In: Denno RF, McClure MS (ed) **Variable Plants and Herbivores in Natural and Managed Systems**. New York, Academic Press, pp 91-124.
- Read J, Gras EK, Sanson GD, Clissold F, Brunt C (2003) Does chemical defense decline more in developing leaves that become strong and tough at maturity? *Australian Journal of Botany* 51: 489–496.
- Rothwell GW, Stockey RA (2008) Phylogeny and evolution of ferns: a paleontological perspective. In: Ranker TA, Haufler CH (ed) **Biology and Evolution of Ferns and Lycophytes**. New York, Cambridge University Press, pp 332-366.
- Santos CA, Virgens AC, Silva AG (2010) Danos por herbivoria na angiosperma *Polygala spectabilis* e nas pteridófitas *Anemia phyllitidis* e *Asplenium serratum* na Reserva Biológica de Duas Bocas, Cariacica, Espírito Santo. *Natureza on line* 8: 98-102.
- Smith AR, Pryer KM, Schuettpelz E, Korall P, Schneider H, Wolf PG (2008) Fern classification. In: Ranker TA, Haufler CH (ed) **Biology and Evolution of Ferns and Lycophytes**. New York, Cambridge University Press, pp 417-467.
- Tabarelli M, Pinto LP, Silva JMC, Hirota MM, Bedê LC (2005) Desafios e oportunidades para a conservação na Mata Atlântica brasileira. *Megadiversidade* 1: 132-138.
- Turner IM (1995) Foliar defenses and habitat adversity of three woody plant communities in Singapore. *Functional Ecology* 9: 279–284.
- Weis AE, Campbell DR (1992) Plant genotype: a variable factor in insect-plant interactions. In: Hunter MD, Ohgushi T., Price PW (ed) **Effects of Resource Distribution on Animal-Plant Interactions**. San Diego, Academic Press, pp 75-111.
- Westerkamp C (1996) Pollen in bee-flowers relations: some considerations on mellitophily. *Botanica Acta* 109: 325-332.
- Zar JH (2010) **Biostatistical Analysis**. 5 ed. Upsaddler Road, Prentice-Hall.