



# FORRAGEAMENTO DE INSETOS MINADORES EM RELAÇÃO ÀS CARACTERÍSTICAS ESTRUTURAIS DAS FOLHAS

Barbara Henning, Davi Nascimento, Juliana R. de Luca, Miguel Loiola & Paula Condé

## INTRODUÇÃO

O fato de existir grande quantidade de biomassa vegetal no ambiente não significa que toda ela esteja acessível como alimento para os herbívoros. Parte da biomassa vegetal é composta por celulose e lignina e somente alguns microorganismos são capazes de digerir esses compostos (Herrera & Pellmyr, 2002). Para insetos herbívoros, a quantidade de nitrogênio presente nas plantas é essencial e limitante, sendo o nitrogênio um dos mais importantes nutrientes assimilados (Strauss & Zangerl, 2002). Dessa forma, o consumo de folhas por insetos herbívoros geralmente aumenta com a diminuição da quantidade de nitrogênio da folha, levando a um consumo compensatório (Strauss & Zangerl, 2002). Por outro lado, um alto investimento das plantas em estruturas com alta concentração de carbono as tornam mais resistentes do ponto de vista mecânico, e/ou impalatáveis, tendo como consequência uma redução da herbivoria (Westoby *et al.*, 2002). Portanto, a diminuição da quantidade de nitrogênio nas folhas, associada a um aumento da quantidade de carbono, leva a previsões teóricas contrastantes em relação à intensidade de herbivoria sobre as plantas.

Insetos minadores pertencentes às ordens Coleoptera, Lepidoptera, Diptera e Hymenoptera são herbívoros especializados em se alimentar do tecido interno da folha (Gillot, 2005), havendo na maioria das vezes uma relação específica entre planta e inseto (Herrera & Pellmyr, 2002). As larvas de insetos minadores permanecem no mesênquima durante toda fase de desenvolvimento, porém abandonam a folha para empupar no ambiente externo. À medida que as larvas se alimentam do mesênquima da folha, vão formando um túnel (mina) que fica impresso na superfície foliar (Herrera & Pellmyr, 2002) e, desta forma, todo o histórico de forrageamento durante o estágio larval fica registrado nessa superfície.

Dado que a larva de insetos minadores deve vencer barreiras impostas pelas plantas e aproveitar de forma ótima os recursos nutricionais disponíveis, características da folha, como disponibilidade de

nutrientes (quantidade de nitrogênio) e resistência foliar devem influenciar o forrageio desses organismos. Em folhas com baixa disponibilidade de nutrientes, a distância percorrida para o forrageamento pode ser maior, uma vez que a assimilação de nutrientes por distância percorrida é menor e a larva necessitaria de um deslocamento mais longo para atingir a condição necessária para empupar. Por outro lado, uma maior resistência foliar deve exigir um maior gasto de energia para o deslocamento e, conseqüentemente, pode levar a larva a percorrer uma distância menor, o que traria prejuízos ao seu desenvolvimento como, por exemplo, a formação de um adulto de menor tamanho. O objetivo deste trabalho, portanto, foi testar as seguintes hipóteses concorrentes: (a) a resistência foliar dificulta o deslocamento da larva, reduzindo assim o seu forrageamento, ou (b) as larvas se deslocam mais em folhas com menor disponibilidade de nutrientes, para suprir suas necessidades nutricionais.

## MATERIAL & MÉTODOS

Realizamos o estudo na Estação Ecológica Juréia-Itatins (24p18' - 24p32' S; 47p00' - 47p30' W), situada na porção sul do estado de São Paulo. Procedemos à amostragem ao longo da Trilha do Fundão, que parte do Núcleo Arpoador e percorre uma porção de floresta ombrófila sub-montana. A partir do início da trilha, estabelecemos uma transecção de 300 m de comprimento por 4 m de largura, totalizando uma área amostrada de 1.200 m<sup>2</sup>. Dentro da área amostral, identificamos 18 indivíduos de plantas com folhas parasitadas por insetos minadores pertencentes a 18 morfotipos diferentes, com o objetivo de maximizar a variação dos fatores investigados no estudo. Amostramos somente as folhas com uma única mina, cuja larva já tivesse empupado, o que é evidenciado pela presença de um orifício de saída no limbo foliar. Para medir a distância percorrida pela larva minadora nas folhas

parasitadas, produzimos fotografias digitais das folhas ao lado de uma escala de 5 cm. Em seguida, determinamos a distância total percorrida pelas larvas em cada folha utilizando o programa *Image Tools*.

Para cada folha parasitada, coletamos uma folha sadia equivalente em tamanho e idade do mesmo ramo, utilizando-a para avaliar a resistência mecânica e a quantidade de nutrientes da folha. Para medir a tensão foliar cortamos um fragmento retangular da folha sadia, padronizando a largura (1 cm), e colocamos este fragmento em um tensiômetro (Hendry & Grime, 1993) para medir a força (N) necessária para rompê-la. Esta força é medida somente em relação à largura do fragmento, não importando seu comprimento. Excluimos a nervura central pois, devido à alta concentração de fibras de sustentação e vasos condutores, ela é mais resistente do que a região fotossintetizante da folha (limbo). Calculamos a resistência foliar dividindo a força pela largura do fragmento (N/mm).

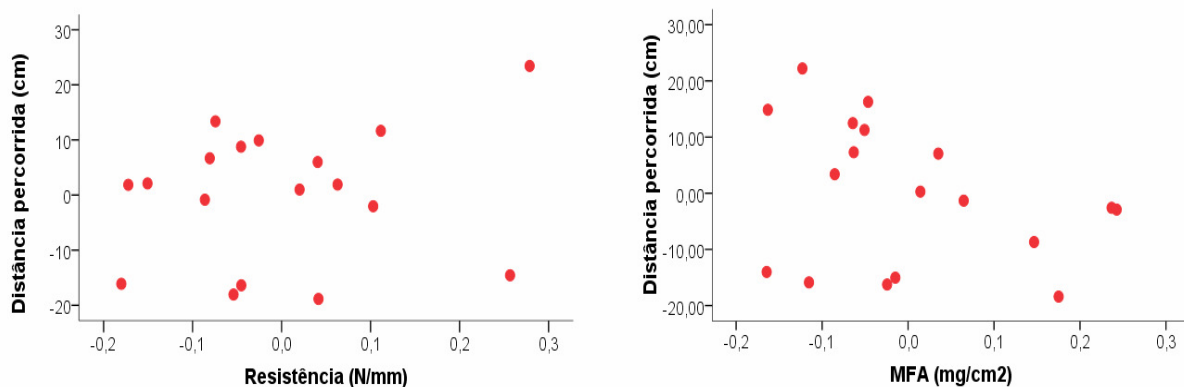
A massa por área foliar (MFA) é comumente utilizada para medir a relação entre a área foliar e outras características das plantas. A principal relação expressa pelo MFA é o balanço entre o carbono e o nitrogênio presentes nas folhas (Wilson *et al.*, 1999). Um alto MFA representa grande alocação de recursos em compostos de defesas estruturais (base de carbono) e menor quantidade de nitrogênio (Westoby *et al.*, 2002). Assim, para estimar o MFA das folhas parasitadas, retiramos uma amostra circular com 78 mm<sup>2</sup> do limbo das folhas sadias. Secamos as amostras até o ponto das

folhas apresentarem-se quebradiças, para obter a massa seca das folhas. Pesamos as amostras em balança semi-analítica e calculamos o MFA dividindo a massa (g) pela área (cm<sup>2</sup>) de cada uma das amostras.

Esperamos que, conforme a tensão foliar (resistência) aumente, a distância percorrida pela larva diminua, enquanto que, com a diminuição da disponibilidade de nutrientes (maior MFA), a distância percorrida pela larva deve aumentar. Utilizamos a análise de regressão múltipla para avaliar o efeito dos dois fatores (MFA e resistência) sobre a variável resposta (distância percorrida), isolando o efeito entre as variáveis predictoras. As análises e os gráficos da relação entre a distância percorrida pela larva com a resistência foliar e com o índice de MFA foram elaborados no pacote estatístico SPSS Statistics 17.0.

## RESULTADOS

Não encontramos relação entre a distância percorrida pela larva e a soma dos efeitos dos fatores resistência foliar e massa por área foliar (MFA) ( $R^2 = 0,107$ ;  $F_{2,15} = 0,902$ ;  $p = 0,427$ ; tolerância = 0,515). A figura 1 apresenta os gráficos das regressões parciais, baseadas nos resíduos, e ilustra a ausência de relação entre os dois fatores (resistência foliar e MFA) e a distância percorrida pela larva. Observa-se ainda que para baixos valores de MFA, há uma ampla variação dos valores de distância percorrida, ao passo que, para altos valores de MFA observam-se apenas valores baixos de distância percorrida.



**Figura 1.** Gráficos parciais dos resíduos. (A) Relação entre a resistência foliar e a distância percorrida por larvas de insetos minadores em 18 morfoespécies de plantas. (B) Relação entre a massa por área foliar (MFA) e a distância percorrida por larvas de insetos minadores em 18 morfoespécies de plantas.

## DISCUSSÃO

Ambos os fatores avaliados neste trabalho (resistência foliar e disponibilidade de nutrientes) não apresentaram influência significativa sobre a distância percorrida pelas larvas de minadores. Porém, aparentemente a quantidade de nutrientes disponível em uma folha, representada por baixos valores de MFA, atua como um filtro selecionando herbívoros pela limitação ao seu crescimento, ao passo que a resistência foliar não interfere no forrageamento da larva. A limitação na disponibilidade de nutrientes pode ser uma estratégia de defesa importante para a planta porque reduz os potenciais danos que a larva minadora poderia causar forrageando na folha.

O fato de haver grande variação na distância percorrida pelas larvas em folhas com alto conteúdo nutricional (baixo MFA) indica que espécies de minadores com diferentes demandas nutricionais podem utilizar as folhas mais nutritivas para forragear. Porém, nas espécies em que os nutrientes estão em baixa concentração na folha, apenas espécies de minadores que apresentem baixas demandas nutricionais devem ser capazes de assimilar a quantidade de nutrientes necessária para empupar.

Fatores que determinam a resistência foliar, como a quantidade de lignina, podem estar alocados diferencialmente entre os tecidos da folha, tais como cutícula, epiderme e mesênquima (Turner, 2001). Assim, se a resistência foliar é determinada predominantemente pela composição da epiderme e da cutícula, larvas que se desenvolvam no mesênquima, tais como os minadores, não teriam seu forrageamento influenciado por este fator.

Estudos que quantifiquem a resistência específica do mesênquima poderiam elucidar se as características estruturais deste tecido representam uma estratégia de defesa importante contra herbivoria por minadores. Sugerimos ampliar o estudo para um maior número de espécies de plantas e utilizando folhas com diferentes valores de MFA na mesma espécie para testar a generalidade do padrão obtido em nosso estudo. Caso tal padrão seja confirmado, sugerimos testar se existe uma variação no número de espécies de minadores associados a cada espécie de planta em função de sua qualidade nutricional. Adicionalmente, pode ser testado se em folhas com diferentes concentrações de nutrientes, indivíduos de uma mesma espécie de minador teriam desenvolvimento diferencial de tamanho.

## REFERÊNCIAS

- Almeida, F.F.M. 1964. Fundamentos geológicos do relevo paulista. *Boletim do Instituto Geográfico e Geológico*, 41:167-263.
- Gillot, C. 2005. *Entomology*. Springer, Canadá.
- Hendry, G.A.F. & J.P. Grime. 1993. *Methods in comparative plant ecology: a laboratory manual*. Chapman & Hall, Londres.
- Herrera, M. C. & O. Pellmyr. 2002. *Plant-animal interactions: an evolutionary approach*. Blackwell Science Ltd, Oxford.
- Howe, H.F. & L.C. Westley. 1988. *Ecological relationships of plants and animals*. Oxford University Press, Nova York.
- Kamil, A.C.; J.R. Krebs & H.R. Pulliam. 1987. *Foraging behavior*. Plenum Press, New York.
- MacArthur, R.H. & E.R. Pianka. 1966. On optimal use of a patchy environment. *American Naturalist*, 100:603-609.
- Marques, O.A.V. & W. Duleba. 2004. *Estação Ecológica Juréia-Itatins: ambiente físico, flora e fauna*. Editora Holos, Ribeirão Preto.
- Schowaller, T.D. 2006. *Insect ecology: an evolutionary approach*. Elsevier, San Diego.
- Strauss, Y.S. & A.R. Zangerl. 2002. Plant-insect interactions in terrestrial ecosystems, 77-106. Em: *Plant-animal interactions: an evolutionary approach* (M.C. Herrera & O. Pellmyr, eds.). Blackwell Science Ltd, Oxford.
- Tarifa, J.R. 2004. Unidades climáticas dos maciços litorâneos da Juréia-Itatin, pp. 42-57. Em: *Estação Ecológica Juréia-Itatins: ambiente físico, flora e fauna* (O.A.V. Marques & W. Duleba, eds.). Editora Holos, Ribeirão Preto.
- Turner, I.M. 2001. *Ecology of trees in the tropical rain forest*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Westoby, M.; D.S. Falster; A.T. Moles; P.A. Vesk & I.J. Wright. 2002. Plant ecological strategies: some leading dimensions of variations between species. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 33:125-59.
- Wilson, P.J.; K. Thompson & J.G. Hodgson. 1999. Specific leaf area and leaf dry matter content as alternative predictors of plant strategies. *New Phytologist*, 143:155-162.
- Orientação:** Luiz Ernesto Costa Schmidt & Roberto Munguía Steyer