



VARIABILIDADE TEMPORAL, ESPACIAL E AMBIENTAL E PADRÕES DE CRESCIMENTO DE *PTERIDIUM ARACHNOIDEUM* (KAUF) MAXON EM UM FRAGMENTO DE CERRADO EM SÃO CARLOS, SP, BRASIL

Rafael de Oliveira Xavier

Dalva Maria da Silva - Matos

Universidade Federal de São Carlos, Departamento de Botânica, Laboratório de Ecologia e conservação, Via Whashington Luis km 235 SP - 310, Monjolinho, 13565 - 905, São Carlos, Brasil Telefone: 16 3351 8385 - filoxavier@yahoo.com.br

INTRODUÇÃO

A história de vida de várias plantas clonais está intimamente relacionada à sua capacidade de regeneração após perturbações, que é apontada como um dos fatores fundamentais para o estabelecimento, expansão e dominância de várias espécies invasoras (Sax *et al.*, 2000). Apesar da importância da aplicação do conceito de forrageamento em previsões da distribuição espacial ou da morfologia dos rametas com base em respostas individuais, em alguns casos as respostas ocorrem fundamentalmente no nível dos rametas (de Kroon & Hutchings, 1995). Além disso, a translocação pode aumentar a expectativa de vida dos rametas e, por conseguinte, mudanças em algumas variáveis morfológicas básicas passam a ser mais relevantes para a avaliação do atual estado de desenvolvimento do indivíduo como um todo, em relação ao ambiente em que está inserido (Harper, 1989). *Pteridium aquilinum* (Klf.) Herter é uma espécie invasora em vários ecossistemas em todo o mundo, e vários estudos têm encontrado uma forte relação entre essa dominância e a sua estratégia de crescimento que, entre outras implicações, proporciona uma rápida recolonização após distúrbios de vários tipos (Marrs & Watt, 2006). A integração fisiológica em *P. aquilinum* é particularmente eficiente, e consequentemente pode promover um crescimento vigoroso dos rametas nos estágios iniciais de desenvolvimento (Hara *et al.*, 1993) mesmo em ambientes de baixa fertilidade, determinando seu sucesso como espécie invasora (Marrs & Watt, 2006). Diferentemente das espécies de clima temperado, a ecologia das espécies neotropicais do gênero *Pteridium*, ainda é pouco conhecida. Um trabalho realizado com *P. caudatum* concluiu que essa espécie apresenta um desempenho inferior em grandes altitudes, quando geralmente é substituída por *Pteridium arachnoideum* (Kauf) Maxon (Allonso - Amelot *et al.*, 1999). Nesse ambiente espera-se uma série de adaptações à altitude, tais como aumento da densidade de rametas, alocação de fotossintato nas lâminas e redução do dossel e da biomassa (Thomson & Alonso - Amelot, 2002). Assim como as alterações abióticas com a altitude podem

determinar qual espécie se estabelecerá, a variação espacial nesses fatores pode alterar localmente os padrões de crescimento e produtividade. Estimativas de biomassa em áreas dominadas por *P. aquilinum* por alguns estudos e estiveram associadas a variações na luminosidade, umidade do solo e disponibilidade de nutrientes (den Ouden & Vogels, 2000; Watrud *et al.*, 2003). Em ambiente temperado, a redução da luminosidade influenciou a produtividade total, com redução na densidade de indivíduos, e estimulou alterações na área foliar das pínulas, mas a morfologia geral dos rametas foi mantida; tais resultados podem ter relação com um ajuste evolutivo para persistência em ambientes com baixa luminosidade, como sob um denso dossel florestal (den Ouden & Vogels, 2000).

Atualmente *P. arachnoideum* é uma espécie comum no sul e sudeste do Brasil, onde frequentemente domina grandes áreas, geralmente após perturbações severas. Assim como *P. aquilinum*, *P. arachnoideum* forma um extenso sistema de rizomas que mantém as funções de integração fisiológica e expansão vegetativa. Possivelmente devido a estas características, têm-se observado um favorecimento da colonização por *Pteridium* após incêndios (Marrs & Watt, 2006; Gliessman, 1978, Silva & Silva - Matos, 2006). Em frequências variadas, esses eventos ocorrem naturalmente em várias fisionomias de cerrado, e podem ter facilitado a expansão de *P. arachnoideum* nesses ambientes, nos quais a espécie já é considerada uma das principais espécies invasoras (Coutinho, 1978; Pivello *et al.*, 1999). Atualmente não há informações precisas sobre os padrões de crescimento de *P. arachnoideum* ou sobre como essa espécie responde às principais variáveis abióticas, apesar da relevância dessas informações para a definição das melhores estratégias de manejo.

OBJETIVOS

Esse trabalho procurou responder às seguintes questões: Quais são os padrões de crescimento de rametas de *P. arach-*

noideum e como se assemelham àquelas congêneres. Tais padrões diferem espacialmente ou temporalmente? Há correlação entre esses padrões e a cobertura do dossel ou com a umidade do solo no início do desenvolvimento?

MATERIAL E MÉTODOS

Desenvolvemos o trabalho na reserva de Cerrado do Parque Ecológico Dr. Antônio T. Viana, uma área de aproximadamente 72 ha localizada na área rural do município de São Carlos; nessa região predominam o Latossolo Vermelho - Amarelo Alíco e Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico, a altitude oscila entre 815 e 895m e o clima, seguindo a classificação de Köppen, é tropical com verão úmido e inverno seco e quente com estação seca definida (Awai). Apesar da falta de informações sobre o tempo desde o estabelecimento da espécie e se monitoramento nessa área, há registros da presença de *P. arachnoideum* na reserva de pelo menos 17 anos.

No interior da reserva, num local de transição entre a vegetação de cerrado *sensu stricto* e uma mata - galeria, selecionamos para amostragem três áreas invadidas por *P. arachnoideum* (P1, P2 e P3). Em janeiro de 2007 (P1 e P3; n=50.) e 2008 (P1, P2 e P3, n=60) marcamos rametas emergentes de *P. arachnoideum* com até 50 cm de comprimento. Medimos semanalmente o diâmetro basal (DAS), e os comprimentos da raque (CT) e da base do rameta até a primeira ramificação (CPR) (den Ouden, 2000). As medições foram interrompidas após quatro semanas sem alteração em nenhuma das variáveis consideradas. Além dessas características, observamos a mortalidade, indícios de herbivoria e a presença de soros nas pínulas.

Em 2008, cinco dias após a marcação, obtivemos a percentagem de cobertura do dossel sobre cada rameta marcado por meio de um densiômetro esférico de copa. A cerca de 10 cm de cada rameta, retiramos amostras de solo e as pesamos numa balança analítica antes e depois da secagem a 70 °C por 24 horas. Assumimos a razão entre a diferença entre as pesagens e o peso inicial como o teor de umidade do solo.

Testamos a normalidade dos valores máximos para as variáveis morfológicas amostradas, atingidos pelos rametas em cada área (teste de Shapiro - Wilk). Conforme o resultado obtido, verificamos a existência de um efeito da área ou do ano de amostragem em cada uma das variáveis, por análise de variância paramétrica (ANOVA) ou não - paramétrica (Kruskal - Wallis). Todos os testes foram conduzidos com 5% de significância.

A média (cm) e a taxa diária de crescimento média (cm/dia) das variáveis morfológicas, obtidos em cada amostragem para os rametas sobreviventes, foram plotados em função do tempo decorrido desde a marcação dos rametas. A relação entre os valores finais atingidos para cada variável e a cobertura do dossel no início do desenvolvimento foi testada por meio de regressão linear simples.

RESULTADOS

Em 2007, a percentagem de rametas marcados que atingi-

ram as medidas máximas para as variáveis amostradas foi de 42% nas duas áreas (P1 e P3). Na marcação de 2008, entretanto, ocorreu uma mortalidade em massa entre os rametas da área 3, e apenas um rameta completou o desenvolvimento (95% mortalidade); as áreas 1 e 2, respectivamente com 65 e 60%, também foram similares quanto à sobrevivência.

A alta mortalidade nos estágios iniciais de desenvolvimento, observada para *P. arachnoideum*, também foi registrada para *P. aquilinum*, mas é amplamente disseminada em espécies que não apresentam crescimento clonal (Hara *et al.*, 1993). Os processos fisiológicos envolvidos na transição entre o crescimento inicial dos rametas, sustentado basicamente pelas reservas nos rizomas, e àquele baseado na fotossíntese de cada rameta requerem condições ambientais locais apropriadas à produção primária; nesse intervalo, espera-se um aumento da mortalidade dos rametas (Harper, 1978). A grande discrepância na mortalidade encontrada na área P3 em 2008, entretanto, sugere que nesse caso o crescimento e a sobrevivência podem ter sido limitados por fatores abióticos ou bióticos adicionais desconhecidos.

O diâmetro dos rametas foi praticamente constante desde o momento da marcação até o final do período de crescimento. O comprimento médio dos rametas aumentou de forma aproximadamente linear e rapidamente se estabilizou. Nos dois anos de amostragem, o CT se estabeleceu em torno de 3 m, e o CPR em torno de 1,5 m. Em 2007, as médias se estabilizaram, respectivamente, após 15 e 42 dias de desenvolvimento, contra 21 e 49 em 2008.

Os rametas de *P. arachnoideum* apresentaram longevidade superior em relação ao conhecido para *P. aquilinum* em áreas temperadas, que deve ser uma implicação das condições menos extremas a que os rametas são expostos em clima tropical (Marrs & Watt, 2006). Essa resposta pode influenciar a quantidade de reservas armazenadas nos rizomas, e a forma com que esses recursos serão empregados na formação de novos rametas (de Kroon & Hutchings, 1995).

As taxas de crescimento máximas foram ligeiramente superiores em 2007 em relação a 2008, tanto para CT, respectivamente 9 cm/dia e 8 cm/dia, quanto para o CPR, 7,9 cm/dia contra 7,3 cm/dia. Em 2008, esses valores se estabeleceram após uma semana de observação, e em 2007 duas semanas após a marcação. Entretanto, as taxas permaneceram nulas a partir dos mesmos instantes do desenvolvimento: 35 dias para CPR e 63 dias para CT.

As taxas de crescimento máximas registradas (cm/dia), assim como o comprimento final atingido, foram superiores às obtidas para outras espécies do gênero, ou mesmo àquelas já obtidas para *P. arachnoideum*, e sugerem que as condições das áreas de cerrado amostradas, favoreceram o crescimento vegetativo (Alonso - Amelot *et al.*, 1999; Bray, 1991; Chen & Lindley, 1981). Além disso, estes resultados corroboram com o grande investimento de *P. arachnoideum* durante o estabelecimento, típico de espécies com crescimento clonal, quando os rametas emergentes são sustentados por recursos translocados dos rizomas e provenientes do fotossintato produzido por rametas maduros (Marrs *et al.*, 2006; Harper, 1989). Esse aspecto do crescimento clonal de *P. arachnoideum* deve ser fundamental para a expansão da área de ocorrência da espécie e, entre outros fatores, pro-

porcionar recolonização rápida após perturbações, seguida de sombreamento, que pode inibir a germinação ou o rebrotamento de espécies nativas (Marrs & Watt, 2006).

A variação nas taxas de crescimento entre os anos de amostragens sugere que o período necessário para que os rametas sejam independentes pode ser variável, e provavelmente sensível a mudanças anuais em variáveis abióticas relevantes (Hara *et al.*, 1993). Tendo em vista que isso causa a extensão de período de alta susceptibilidade, a mortalidade em anos menos favoráveis pode ser maior. Apesar disso, de modo geral não houve relação entre a variação temporal e espacial, nas escalas consideradas, e a morfologia final de *P. arachnoideum*. Essa estabilidade sugere que mecanismos de compensação como o prolongamento do período de crescimento podem estar envolvidos, como o prolongamento do período de crescimento em 2008 em relação a 2007.

Em P1 e P2 houve correlação positiva significativa entre a cobertura do dossel e CT (P1: $p < 0,0001$; $r_{2adj}=73\%$ - P2: $p=0,01$; $r_{2adj}=52\%$) e CPR (P1: $p=0,007$; $r_{2adj}=45\%$ - P2: $p=0,008$; $r_{2adj}=47\%$). Não houve correlação entre os níveis iniciais de umidade do solo e os valores finais de CT (P1 $p=0,7840$; P2 $p=0,522$).

A relação positiva entre o comprimento dos rametas e o sombreamento, obtida para as duas áreas e em duas variáveis morfológicas distintas, difere da variação sob o dossel em trabalhos anteriores com *P. aquilinum*, em que houve tendência de redução no comprimento dos rametas e expansão foliar para aumento da captação de radiação fotossintética (den Ouden & Voegel, 2000). Visto que a origem de *P. arachnoideum* provavelmente é tropical, propomos que o aumento do comprimento vertical para captação de luz em estratos superiores pode ser decorrente de uma ineficiência fotossintética dessa espécie sob baixos níveis de luminosidade (Thomson *et al.*, 2002).

Nos dois anos não houve diferenças significativas entre as áreas quanto aos valores finais das variáveis morfológicas medidas, com exceção do diâmetro dos rametas em 2007 (teste t: $t = - 2,369$, $p=0,008$), com valores superiores para P3. O CPR foi fortemente correlacionado ao CF dos rametas em todas as amostragens ($p < 0,05$; $R^2 > 75\%$).

Dentre as variáveis morfológicas mensuradas, aparentemente apenas as alterações nas medidas de comprimento estão envolvidas no crescimento dos rametas de *P. arachnoideum*. Assim, a distinção entre o intervalo de crescimento total e até a primeira ramificação provavelmente está relacionada à luminosidade, visto que o crescimento vertical durante as duas primeiras semanas de desenvolvimento deve ser fundamental para que os rametas produzam ramificações em estratos mais favoráveis, e assim aumentem suas chances de sobrevivência e estabelecimento (Huber & Hutchings, 1995). Entretanto, o diâmetro dos rametas pode influenciar a intensidade dos danos causados pelo vento, considerado um fator importante de perturbação nas áreas invadidas por *Pteridium sp.*, que devem aumentar com o aumento do comprimento (Marrs & Watt, 2006).

CONCLUSÃO

Este trabalho ressalta que o crescimento clonal de *P. arachnoideum* ocorreu de forma rápida e eficiente nas áreas es-

tudadas, independentemente da variação temporal e espacial consideradas, e foi mais vigoroso em relação aos encontrados em outros trabalhos com espécies do gênero. Esse padrão de crescimento deve ter sido determinante para o estabelecimento e expansão da espécie nesses ambientes, e pode explicar parte do potencial dessa espécie como invasora de áreas de cerrado. Apesar disso, este estudo considera que mecanismos de adaptação sob baixa luminosidade podem não ocorrer em *P. arachnoideum*, e nesse caso técnicas de sombreamento para controle da espécie podem ser relevantes. Adicionalmente, o controle das invasões deve ser mais bem sucedido se sustentado por estudos fisiológicos mais específicos, referentes aos padrões do crescimento clonal de *Pteridium sp.* em clima tropical.

Agradecemos às sugestões dos colegas do Departamento de Botânica durante a execução do trabalho, e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelos dois anos de financiamento (PIBIC - CNPq).

REFERÊNCIAS

- Alonso - Amelot, M.; Calcagno, M. P; Pérez - Inojosa, M. 1999. Growth and Selective defence potential in relation to altitude in Neotropical *Pteridium aquilinum* var. *caudatum* In: *Bracken Conference Manchester*, p.43 - 47
- Bray, J. R. 1991. Growth, biomass, and productivity of a bracken (*Pteridium esculentum*) infested pasture in Marlborough Sounds, New Zealand. *New Zealand Journal of Botany*, **29**: 169 - 176
- Chen, L & Lindley, D. K. 1981. Primary production, decomposition and nutrient cycling in a bracken in a bracken grassland ecosystem. *Merlewood research and development paper*, **80**, p.19
- Coutinho, L.M. 1978. Aspectos ecológicos do fogo no cerrado III-A precipitação atmosférica de nutrientes minerais *Revista Brasileira de Botânica*, **2**, **2**: 92 - 97
- de Kroon, H & Hutchings, M. J. 1995. Morphological plasticity in clonal plants: the foraging concept reconsidered. *Journal of Ecology*, **83**:143 - 152.
- den Ouden, J. & Vogels, D. 2000. Productivity under forest canopy. In : *The role of Bracken (Pteridium aquilinum) in forests dynamics*. PhD thesis. Wageningen: Wageningen University, p.218
- Gliessman, S. R. 1978. The establishment of Bracken Following Fire in Tropical Habitats. *American Fern Journal*, **68**, **2**: 41 - 44.
- Hara, T; Van der Toorn, J, Mook, J. H. 1993. Growth dynamics and size structure of shoots of *Phragmites australis*, a clonal plant. *Journal of Ecology*, **81**, **1**.
- Huber, H. & Hutchings, M. J. 1997. Differential response to shading in orthotropic and phagiotropic shoots of the clonal herb *Glechoma hirsuta*. *Oecologia*, **112**: 485 - 491
- Harper, J. L. 1989 The value of a leaf; *Oecologia*, **80**: 53 - 58.
- Marrs, R .H.& Watt, A. S. 2006. Biological Flora of the British Isles:*Pteridium aquilinum*(L.) Kuhn. *Journal of Ecology*, **94**: 1272-1321

- Myers, N, Mittermeier R. A.; Mittermeier, C. G., Fonseca, G. A. B.; Jennifer, K. 2000. Hotspots Biodiversity hotspots for conservation priorities; *Nature*, **403**, **24**: 853 - 858
- Pivello, V. R. ;Carvalho, V. M. C., Lopes; P. F., Peccinini, A. A.; Rosso S. 1999. Abundance and Distribution of Native and Alien Grasses in a “Cerrado” (Brazilian Savanna) Biological Reserve, *Biotropica*, **31**, **1**: 71 - 82
- Sax, D. F.; Gaines, S. D.; Stachowicz, J. J. 2005 Introduction. In: *Species Invasions: insights into ecology, evolution and biogeography*. Massachusetts, Sinauer.
- Silva, U. S. R., Silva Matos, D. M. 2006 The invasion of *Pteridium aquilinum* and the impoverishment of the seed bank in fire prone areas of Brazilian Atlantic Forest; *Biodiversity and Conservation*, **15**: 3035 - 3043
- Thomson, J. A & Alonso - Amelot, M. E. 2002 Clarification of the taxonomic status and relationships of *Pteridium caudatum* (Dennstaedtiaceae) in Central and South America. *Botanical Journal of the Linnean Society*, **140**: 237–248.
- Watrud, L. S.; Maggard, S. ; Shiroyama, T.; Coleman, C. G.; Johnson, M. G.; Donegan, K. K.; Giovanni, G. D. ; Porteous, L. A.; Lee, E. H. 2003 Bracken (*Pteridium aquilinum* L.) frond biomass and rhizosphere microbial community characteristics are correlated to edaphic factors; *Plant and soil*, **249**: 359 - 371.