



ASPECTOS ECOFISIOLÓGICOS DE UM GRADIENTE ALTIMÉTRICO NA FLORESTA OMBRÓFILA DENSA, UBATUBA, SP

M.P.M. Aidar¹

M.M.S. Campos¹; P.O. Cavalin²; C.A. Joly²; S.R. Latansio - Aidar²; A. Lopes²; E.A. Mattos³; R.S. Oliveira²; V.C. Oliveira²; B.H.P. Rosado²

1 - Instituto de Botânica, Caixa Postal 3005, CEP 01061 - 970 - Água Funda - São Paulo-SP maidar@uol.com.br 2 - Universidade Estadual de Campinas, Departamento de Biologia Vegetal, Cidade Universitária "Zeferino Vaz" Barão Geraldo - Campinas-SP 3 - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Biologia, Departamento de Ecologia. Laboratório de Ecologia Vegetal

INTRODUÇÃO

A maior parte das espécies vegetais do mundo encontra-se na zona intertropical, havendo um razoável grau de sobreposição geográfica entre elas. Desse modo, em um dado local há um grande número de espécies coexistindo e diversos mecanismos foram propostos para explicar a coexistência de espécies e, portanto, a manutenção da diversidade local. A proposta mais antiga é a de que cada espécie ocupa um nicho ecológico próprio, definido ora como o conjunto de fatores bióticos e abióticos que propiciam a persistência de uma população, ora como o próprio funcionamento da espécie na comunidade (Chase & Leibold 2002). Desse modo, a sobreposição apenas parcial dos nichos de diferentes espécies permite sua coexistência. No caso de árvores em formações florestais, no entanto, a coexistência não estaria assegurada por tempo indefinido, a julgar apenas pela diferenciação de nicho, pois o processo de sucessão ecológica é definido justamente como a substituição gradual de espécies após um distúrbio, e em geral a ordem de entrada das espécies está relacionada a determinadas características funcionais (e.g. tamanho, arquitetura, fisiologia) e de história de vida (e.g. dispersão de propágulos, germinação, longevidade). Nas florestas ombrófilas tropicais maduras, o distúrbio mais comum é a abertura de clareiras, que ocorre com a queda de árvores, gerando um aumento de radiação incidente que muda substancialmente as características climáticas locais. Dessa maneira, florestas maduras são na verdade um mosaico de ambientes, cada um deles representando um estágio de regeneração pós-clareira. A maioria das espécies estabelece populações em apenas parte de todos os estágios, estabelecendo - se assim um gradiente de nichos regenerativos. Logo, quanto maior a heterogeneidade ambiental for, maior será a diversidade regional de espécies, e Connell (1978) postulou que um nível intermediário de distúrbio manteria máxima essa heterogeneidade Tilman (1982, 1988).

Parece existir uma relação de compromisso entre crescimento em condições de alta luminosidade e sobrevivência em condições de baixa luminosidade. Essa relação é coordenada principalmente por características foliares: quanto maior a longevidade foliar, AFE, e espessura, menor a taxa de crescimento de uma espécie (Poorter *et al.*, 2003). Essa tendência é compensada por altas taxas de sobrevivência, especialmente na sombra. De fato, a taxa de sobrevivência de folhas é fortemente relacionada à taxa de sobrevivência de plântulas no sub - bosque de florestas tropicais (Sterck *et al.*, 2006). O uso de tipos funcionais em plantas para descrever padrões e processos em comunidades vegetais é essencial para a avaliação das consequências das alterações globais sobre a funcionalidade das espécies vegetais e do ecossistema. Grupo funcional é o conjunto de plantas, que independente da sua filogenia, apresenta similaridade na resposta a um conjunto de variáveis, tais como: condições de solo, regime de distúrbios, etc. Muitos estudos reconhecem que as espécies florestais podem ser classificadas em grupos funcionais de acordo com as características relacionadas às suas estratégias de regeneração. Recentemente, vários autores têm apontado para a ocorrência de um continuum de estratégias sugerindo a classificação das espécies em três grupos: espécies pioneiras, espécies secundárias iniciais e tardias.

A noção de que espécies tenham funções específicas dentro de ecossistemas tem levado pesquisadores a propor que a dinâmica de ecossistemas pode ser mais facilmente entendida através do agrupamento de espécies distintas em grupos ou tipos funcionais (Smith *et al.*, 1997). Grupos funcionais seriam caracterizados como um conjunto de espécies que apresentam características em comum. Estas características podem estar associadas a aspectos morfológicos, fisiológicos ou de respostas ao ambiente. Classificações funcionais de espécies em ecossistemas vêm sendo uma prática de amplo uso internacional, inclusive no Brasil (Scarano

2002, Aidar *et al.*, 2003), com objetivos científicos e conservacionistas. Entretanto, a tarefa de agrupar espécies em grupos funcionais se torna tanto mais complicada quanto maior a diversidade do ecossistema.

No âmbito do projeto temático no qual se insere este trabalho, aplicamos o conceito de Grupos Funcionais (GF) nas diferentes fisionomias de um ecossistema de alta diversidade, a Floresta Ombrófila Densa Atlântica, tendo sido explorada a possibilidade de identificar GFs a partir de atributos morfo - funcionais (florístico/fitossociológicos, auto - ecológicos e populacionais) de espécies. A escolha das variáveis (atributos) a serem empregadas para descrever a vegetação e construir as matrizes de dados utilizadas para a definição de GFs é fundamental para o resultado do trabalho. Desse modo, foram definidos 25 atributos morfofisiológicos para descrever as espécies, definidas em um número de 40, amostradas e compor o conjunto de variáveis da matriz de atributos. O resultado da análise completa na determinação de GF foi apresentada por Enio Sosinski Jr em "Grupos funcionais e padrões de convergência de atributos em espécies arbóreas da Floresta Ombrófila Densa Atlântica" durante o Simpósio 1: Composição florística, estrutura, dinâmica e funcionamento da Floresta Ombrófila Densa Atlântica no âmbito do III CONGRESSO LATINO - AMERICANO DE ECOLOGIA-CLAE.

OBJETIVOS

Este trabalho tem como objetivos: a. avaliar as características ecofisiológicas das espécies nos ecossistemas em estudo através dos atributos morfo - fisiológicos selecionados; b. caracterizar de que maneira estes atributos variam nas espécies e ecossistemas ao longo do gradiente altitudinal em estudo.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram analisadas as espécies arbóreas coletadas nas diferentes fisionomias: 26 espécies na Floresta de Restinga (Re; 10 m altitude), 35 espécies na Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas (TB; 50 m altitude), 43 espécies na Floresta Ombrófila Densa Sub - montana (SM; 200 m altitude) e 42 espécies na Floresta Ombrófila Densa Montana (Mo, 1000 m altitude). Sempre que possível foram amostrados 4 indivíduos por espécie. Os parâmetros analisados foram: Atividade da enzima de nitrato redutase (ANR), taxa de transporte de elétrons (TTE), densidade da madeira (DM), conteúdo de clorofila (Chl) e massa foliar específica (MFE). Atividade de nitrato redutase *in vivo* foi realizada em material foliar coletado pela manhã, sendo amostrados de dois a três ramos da copa dos indivíduos selecionados, e mantidos resfriados até posterior análise. Folhas totalmente expandidas foram utilizadas nos ensaios de atividade da enzima de nitrato redutase segundo Stewart *et al.*, (1986): as folhas foram retiradas do terço médio da primeira folha madura do ramo, cortadas em pequenas partes, transferidas para tubos de ensaio e com solução de incubação contendo tampão fosfato (K₂HPO₄; 0,1 M), 100 mM KNO₃ e 1 - propanol 1% (v/v).

A densidade da madeira foi obtida de amostras de ramos das diferentes espécies. As amostras foram coletadas de ramos com diâmetro de cerca de 2 - 3 cm. Seções dos ramos de aproximadamente 3 - 5 cm foram cortadas e a casca removida com o auxílio de canivetes. Após a retirada da casca as amostras foram imersas em água por pelo menos 30 min para sua completa hidratação. Para a estimativa do volume as amostras foram retiradas da água e o excesso de água removido com papel toalha. O volume as amostras foi obtido pelo princípio de Arquimedes onde as seções dos ramos presas a um estilete foram imersas em um recipiente com água e a massa correspondente ao deslocamento da água foi medida com uma balança (Ohaus, 0,01g). A quantidade de água deslocada em gramas foi convertida para volume (0,998g/cm³ a 20°C). As amostras posteriormente foram secas em estufa por 5 dias para obtenção da massa seca e a densidade foi obtida pela razão entre massa seca e volume da amostra (g m⁻³).

Os pigmentos fotossintéticos foram obtidos de discos foliares que foram retirados imediatamente após a coleta do material no campo e acondicionados em eppendorfs com álcool absoluto e mantidos no escuro até posterior processamento no laboratório. Após maceração, centrifugação e obtenção do sobrenadante as amostras tiveram suas absorvâncias lidas a 470, 649 e 665 e as quantidades de clorofila a e b foram obtidas de acordo com as equações de Lichtenthaler & Welburn (1983).

A taxa de transporte de elétrons (ETR) foi estimada através da técnica do pulso de saturação, utilizando - se um fluorômetro portátil (Walz, PAM 2000, Alemanha). Todas as medidas foram realizadas após um breve período de aclimação à luz actínica do aparelho ajustada para 400 - 500 μmol fótons m⁻² s⁻¹. Esta intensidade luminosa apesar de provavelmente não garantir a obtenção dos valores máximos de ETR, garante um nível de referência comum para as diferentes espécies e para as duas localidades incluídas neste estudo. Além disto, considerando - se que o estudo foi realizado floresta, acredita - se que o nível de luz utilizado para as medidas reflita na maior parte do tempo a intensidade luminosa que as plantas encontram - se expostas. As medidas foram realizadas exclusivamente no período da manhã a fim de garantir que as plantas não apresentassem qualquer redução da capacidade fotossintética comumente associada ao meio do dia.

A área foliar foi estimada a partir da análise de imagens de folhas obtidas através de digitalização com resolução de 200dpi. A área foliar foi estimada através do programa gratuito Scion Image (www.scion.com). A massa foliar específica (MFE) foi determinada pela razão entre a área e massa seca foliar.

Os dados foram analisados através de análise de variância múltipla ANOVA (Método de Tukey) e Teste t (P < 0,05), em software WINSTAT (R. Fitch Software, Cambridge, MA, EUA).

RESULTADOS

As médias de ANR indicam que as Florestas Ombrófilas Densas apresentam maiores valores, sendo similares, e a Floresta de Restinga com valor significativamente menor. Em

relação a DM, os maiores valores médios foram encontrados em Res e SM, sendo significativamente maiores que os valores encontrados em SM e Mo.

As médias obtidas para TTE indicam que a SM apresenta os maiores e TB os menores, com Mo e Res apresentando valores intermediários. Em relação à Chl, SM apresentou o maior valor médio, com as outras fisionomias apresentando valores mais baixos e similares.

A distribuição de frequência em classes de ANR indica que cerca de 50 % das espécies apresenta valores muito baixos, especialmente as espécies de Res. Cerca de 30 % das espécies presentes em TB e Mo apresentam atividade intermediária. Muito poucas espécies apresentam alta ANR, entre elas *Cecropia glaziovii* (Urticaceae).

A distribuição de frequência em classes de DM indica que a grande maioria das espécies apresenta valores entre 0.4 e 0.7 g cm⁻³, sendo que 20 % das espécies presentes em Mo e Res apresentam maior ocorrência na classe 0.6-0.7 g cm⁻³. A distribuição de frequência em classes de TTE indica que cerca de 70% das espécies presentes em SM e Mo apresentam valores elevados, enquanto a mesma proporção das espécies em TB apresenta valores baixos. As espécies presentes em Res apresentam maior proporção em classes de valores moderados.

A distribuição de frequência em classes de MFE indica que as espécies das florestas ombrófilas (TB, SM e Mo) apresentam maior ocorrência em classes intermediárias, enquanto em Res cerca de 30% das espécies ocorrem nas classes com elevados valores.

A distribuição de frequência em classes de Chl indica que cerca de 30% das espécies de SM ocorrem em classes de maiores valores, enquanto as espécies presentes nas outras formações ocorrem principalmente em classes com valores intermediários.

Apesar de se encontrarem muito próximas, a Floresta de Restinga e as fisionomias de Floresta Ombrófila Densa, especialmente a de Terras Baixas, elas ocorrem em formações geomorfológicas muito distintas. A Restinga se caracteriza pela ocorrência nas planícies arenosas de origem marinha que se formaram durante eventos de transgressão e regressão marinha ao longo do Quaternário. A proximidade sem dúvida leva a uma possível similaridade em termos de composição de espécies entre as duas áreas e de fato grande parte das espécies que ocorrem nas Restingas são oriundas da Mata Atlântica (Araujo, 2000). No entanto, devemos considerar que o tipo de substrato encontrado nas Restingas frequentemente está associado a menores teores de matéria orgânica e nutrientes e em áreas em que o lençol freático não aflora à superfície, a uma menor capacidade de retenção de água. Deste modo, nem todas as espécies que ocorrem na Mata Atlântica devem encontrar na Restinga um ambiente propício para o seu desenvolvimento. Espécies mais exigentes em termos de demanda por recursos, provavelmente não devem ocorrer nas Restingas ou, pelo menos, devem ocorrer em menor densidade.

CONCLUSÃO

Os resultados indicam que as fisionomias estudadas apre-

sentam diferenças quanto aos aspectos ecofisiológicos das espécies predominantes. Entre as Florestas Ombrófilas, a fisionomia TB apresenta os menores valores médios para ETR, DM e MFE, e valores elevados para ANR. A fisionomia SB apresentou os maiores valores para ETR, DM e ANR, e valores intermediários para MFE. A fisionomia Mo apresentou valores intermediários para MFE, ETR e ANR. Estes resultados analisados em conjunto, sugerem clara diferenciação ecofisiológica ao longo do gradiente altimétrico estudado.

A comunidade de Floresta de Restinga apresenta clara diferenciação das Florestas Ombrófilas Densas (Terras Baixas, Sub - montana e Montana). A Floresta de Restinga apresentou maiores valores médios de MFE e DM, menores valores de ANR e conteúdo de clorofila e valores intermediários de TTE. Estes parâmetros sugerem que o solo pobre e hidromórfico impõe limitação no uso de nitrato e favorece a produção de folhas mais coriáceas.

REFERÊNCIAS

- Aidar, M.P.M., Schmidt, S., Moss, G., Stewart, G.R., Joly, C.A. 2003. Nitrogen use strategies of neotropical rainforest trees in threatened Atlantic Forest. *Plant, Cell and Environment* 26:389 - 399.
- Araujo, D.S.D. 2000. Análise florística e fitogeográfica das restingas do Estado do Rio de Janeiro. Tese de doutorado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- Chase, J.M. & Leibold, M.A. 2002. Spatial scale dictates the productivity-diversity relationship. *Nature* 415: 427 - 430.
- Connell, J.H. 1978. Diversity in Tropical Rain Forests and Coral Reefs. *Science* 199: 1302 - 1310
- Lichtenthaler, H.K. & Wellburn, A.R. 1983. Determinations of total carotenoids and chlorophylls a and b of leaf extracts in different solvents. *Biochemical Society Transactions* 603:591 - 592.
- Poorter, L., Bongers, F., Sterck, F. J., Woll, H. 2003. Architecture of 53 rain forest tree species differing in adult stature and shade tolerance. *Ecology* 84, 602 - 608.
- Sterck, F.j., Poorter, L. & Schieving F. 2006. Leaf traits determine the growth - survival trade - off across rain forest tree species. *American Naturalist* 167: 758- 765.
- Scarano, F.R. 2002. Structure, function and floristic relationships of plant communities in stressful habitats marginal to the Brazilian Atlantic rainforest. *Annals of Botany* 90: 517 - 524.
- Smith, T.M., Shugart, H.H. & Woodward, F.I. 1997. *Plant functional types*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Stewart, G.R., Popp, M, Holzapfel, I, Stewart, J.I. & Dickieeske, A. 1986. Localization of nitrate reduction in ferns and its relationship to environment and physiological characteristics. *New Phytologist* 104:373 - 384
- Tilman, D. 1982. *Resource Competition and Community Structure*. Princeton University Press. Princeton
- Tilman, D. 1988. *Plant strategies and the dynamics and structure of plant communities*. Princeton University Press, Princeton.