

Importância das bromélias epífitas na ciclagem de nutrientes da Floresta Atlântica

Rogério Ribeiro de Oliveira^{1,2}

Recebido em 04/08/2003. Aceito em 20/04/2004

RESUMO – (Importância das bromélias epífitas na ciclagem de nutrientes da Floresta Atlântica). O material epifítico pode ser considerado como importante fonte de nutrientes para florestas localizadas em solos pobres. O presente trabalho foi realizado em um trecho de Floresta Atlântica com características primárias localizado no Pico do Papagaio, Ilha Grande, RJ. Pelo período de um ano, a serapilheira total e a produzida por bromélias epífitas foram coletadas por meio de diferentes coletores (16 de 0,25m² para serapilheira total e 10 de 25m² para a de bromélias). Alíquotas completas do material coletado foram usadas para determinação dos teores de N, P, K, Na, Ca e Mg em espectrofotometria de absorção atômica. Ao longo de um ano, a produção de serapilheira oriunda de bromélias foi de 327,8 kg/ha, o que representou 3,1% da serapilheira total produzida no mesmo período (10.690,9kg/ha). A contribuição da serapilheira de bromélias apresentou distribuição espacial irregular em relação à da serapilheira total. Em relação ao fluxo destes nutrientes, as maiores participações foram Na (4,4kg/ha/ano); K (7,6kg/ha/ano) e Mg (7,0kg/ha/ano), o que correspondeu, respectivamente, a 27,5, 18,7 e 13,9% dos aportes feitos pela serapilheira em geral. Esta participação ocorreu em função da concentração relativamente elevada destes nutrientes na serapilheira de bromélias.

Palavras-chave: serapilheira, Bromeliaceae, nutrientes

ABSTRACT – (The importance of epiphytic bromeliads on the turnover of nutrients at the Atlantic Rain Forest). Epiphytic material can be considered an important source of nutrients for forests found on poor soils. This work was done in a tract of a primary Atlantic Forest with located in the Pico do Papagaio, Ilha Grande, RJ, Brazil. Over a year, the total litter and that produced by epiphytic bromeliads were collected by different ways (16 of 0.25m² for total litter and 10 of 25m² for that of bromeliads). Complete aliquots of matter collected were used to determine the composition of N, P, K, Na, Ca and Mg with atomic absorption spectrophotometer. During one year, litter production of bromeliads was of 327.8kg/ha, which represented 3.1% of total litter produced in the same period (10,690.9kg/ha). The contribution of bromeliad litter presented a very irregular spatial distribution in relation to the total litter. With relation to the flux of nutrients, the biggest roles were played by Na (4.4kg/ha/yr); K (7.6kg/ha/yr); and Mg (7.0kg/ha/yr), that corresponded to 27.5, 18.7 and 13.9% respectively of the contribution from litter in general. This participation occurred in function of the relatively elevated concentration of these nutrients in bromeliad litter.

Key words: litter, Bromeliaceae, nutrients

Introdução

O recente reconhecimento do ambiente da copa das árvores das florestas tropicais como um dos celeiros da biodiversidade do planeta tem incentivado estudos que procuram o entendimento de processos ligados à comunidade epifítica, destacando o seu papel na funcionalidade dos ecossistemas. Suas formas de vida têm estimulado a criação de vários sistemas de classificação, como o de Benzing (1990), que leva em consideração categorias de relação com o suporte, hábito de crescimento e formas de obtenção de água e nutrientes. As bromélias constituem um grupo de plantas particularmente adaptado à vida epífita. Muitas espécies brasileiras de bromélias ocupam territórios

definidos de distribuição, sendo a Mata Atlântica o ecossistema que apresenta sua maior riqueza (Leme 1993; Fontoura 1995). A família Bromeliaceae é importante para a comunidade como um todo, principalmente pela capacidade de armazenar água em seu tanque, o que a torna elemento importante para a ampliação da diversidade deste hábitat. Por esta característica, diversas espécies animais utilizam a água contida no tanque das bromélias para forrageamento, reprodução e refúgio contra predadores (Rocha *et al.* 1997).

Outro aspecto de importância para a colonização dos epífitos diz respeito à forma de obtenção de nutrientes em meio a um ambiente que se caracteriza por grande pobreza - seja a copa das árvores ou os

¹ Departamento de Geografia e Núcleo Interdisciplinar de Meio Ambiente, PUC-Rio, Rua Marquês de São Vicente, 255, CEP 22453-900, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

² Autor para correspondência: rro@geo.puc-rio.br

solos que os sustentam. A forma de nutrição mineral de muitas espécies epífitas pela retirada direta da água disposta como um filme na superfície do vegetal, faz com que estas reduzam significativamente o conteúdo mineral da água de chuva que atravessa o dossel das árvores (Lang *et al.* 1976). Carrol (1980) quantificou a entrada de N no sistema via material epifítico, constatando que, apesar de ser muito reduzida a sua biomassa, este apresenta desproporcional papel “fertilizador” na floresta.

A exuberância das florestas tropicais e sua paradoxal localização em solos geralmente pobres em nutrientes pode ser explicada pela complexidade dos processos de ciclagem de nutrientes e por série de mecanismos, estruturas e estratégias desenvolvidas ao longo de sua evolução, que promovem a captura e conservação de nutrientes (Herrera *et al.* 1978; Jordan 1991). Em referência à interceptação de íons provenientes da chuva pela floresta, Jordan *et al.* (1980) detectaram redução na quantidade de nutrientes presentes na água de chuva após esta atravessar o dossel da floresta, evidenciando a importância da flora epifítica como um dos mecanismos de incorporação de nutrientes em florestas tropicais. Oliveira & Coelho Netto (2001) verificaram que o ambiente das copas das árvores em florestas de diferentes idades na Ilha Grande (RJ) atua como uma zona de captura de nutrientes de origem atmosférica.

Dentre estes mecanismos de captura e conservação de nutrientes, papel especial é reservado ao material epifítico, que é capaz de incorporá-los, interceptando as entradas da atmosfera e armazenando-os para liberação posterior e subsequente uso por outros vegetais (Lowman & Nadkarni 1995). Segundo Coxson & Nadkarni (1995), os epífitos, como os demais vegetais, contém estoque de minerais que são incorporados durante o seu crescimento e removidos quando morrem. Assim, através desta captura, estocagem e liberação, estes podem afetar o padrão geral de ciclagem mineral do ecossistema onde ocorrem.

As principais fontes alóctones de nutrientes em florestas tropicais são a deposição seca e úmida e as entradas gasosas (Delitti 1995). Na área de estudo onde foi desenvolvido este trabalho, Oliveira & Coelho Netto (2001) encontraram como fluxo de entrada de nutrientes atmosféricos, as seguintes massas: Na: 151,3; Ca: 15,5; P: 6,6 e N: 6,6kg/ha/ano. Segundo Nadkarni & Matelson (1991), as fontes autóctones de nutrientes para os epífitos constituem a serapilheira interceptada, a decomposição da casca de seus

suportes e a percolação de sais de sua folhagem. Os nutrientes estocados nos tanques das bromélias são absorvidos por tricomas especializados localizados na base das folhas que formam seus tanques (Benzing 1990). A mimercofilia e a chuva de nutrientes trazida pelas fezes de morcegos e aves constituem ainda aportes horizontais de nutrientes para os epífitos (Dislich & Mantovani 1998). A este respeito, algumas bromélias (gêneros *Tillandsia* e *Aechmea*) são exemplos citados na literatura onde pode ocorrer mimercofilia (Waldemar & Irgang 2003).

Em função das bromélias epifíticas não terem conexão direta com o banco de nutrientes do solo florestal, estas são dependentes de atributos morfológicos e fisiológicos (tricomas e tanques acumuladores) que lhes garante a sobrevivência nas copas das árvores. Muitas espécies são chamadas de “atmosféricas” em função de retirarem daí seus nutrientes, seja pela deposição úmida ou seca (Leme 1993). Esta condição pode significar que a deposição do material decíduo de bromélias constitui fonte de entrada destes elementos para o ecossistema florestal. Por outro lado, água e nutrientes, que estariam entrando diretamente no sistema via deposição atmosférica são aprisionados por um determinado período de tempo no tanque das bromélias.

O presente trabalho buscou caracterizar e quantificar a contribuição das bromélias epifíticas na produção de serapilheira e o respectivo aporte de nutrientes em trecho de Floresta Atlântica bem conservado, localizado no Parque Estadual da Ilha Grande, Ilha Grande (RJ).

Material e métodos

A Ilha Grande, localizada no município de Angra dos Reis, no litoral sul do Estado do Rio de Janeiro faz parte de um conjunto de ilhas e ilhotas que caracterizam uma baía de mesmo nome. Trata-se de um fragmento do maciço litorâneo de cerca de 190km², com relevo acidentado, sendo o Pico do Papagaio (959m) e a Serra do Retiro (1.031m) seus pontos mais elevados. O clima da região é quente e úmido, com temperatura média anual de 24°C, sem a ocorrência de estação seca definida. A distribuição da precipitação é desigual em função do relevo, podendo atingir 4.500mm anuais em áreas de encostas (Oliveira & Coelho Netto 2001). Em função do espraiamento de roças de subsistência de populações caiçaras e, principalmente, das áreas de regeneração de roças abandonadas, a paisagem é formada por mosaico de tratos de florestas secundárias

com diferentes idades, de acordo com a época de abandono para pousio. Em alguns trechos, geralmente de acesso mais remoto, são encontrados tratos de floresta atlântica em estágio climácico. A vegetação predominante é classificada como Floresta Ombrófila Densa (IBGE 1993). Na caracterização fisionômico-florística desta cobertura vegetal podem ser reconhecidas a Floresta Sub-montana e a Montana (Veloso *et al.* 1991). A área de estudos do presente trabalho foi localizada na vertente Leste do Pico do Papagaio. Trata-se de um trecho com características de floresta primária, com 25° de declividade, localizada no eixo de uma concavidade, a 280m de altitude. É caracterizada por árvores de grande porte (com até 45m alt.) como a noz-moscada-do-brasil (*Cryptocarya moschata* Nees & S. Mart.), jequitibás (*Cariniana estrelensis* (Raddi.) Kuntze), canela-santa (*Vochysia bifalcata* Warm.), casca doce (*Pradosia kulmanii* Toledo), entre outras. A estrutura geral da floresta foi levantada por Oliveira (2002) (Tab. 1).

Serapilheira - Os dados sobre queda de serapilheira total foram obtidos por meio de 16 coletores convencionais feitos de madeira, com área de 0,25m² e com fundo de tela de nylon, instalados de forma aleatória por uma área de 0,5ha. A serapilheira formada pelas bromélias (senescentes ou mortas) ou seus fragmentos foi coletada por meio de 10 quadrados de 5×5m delimitados com fita plástica no solo, espalhados aleatoriamente pela mesma área, sendo recolhidas todas as bromélias (inteiras ou fragmentos) recém-caídas sobre o piso florestal. As coletas foram feitas a intervalos mensais (de 1/outubro/1997 a 30/setembro/1998), tanto para os coletores de serapilheira total como para os *quadrats*. O material foi recolhido em

sacos plásticos numerados e, em laboratório, foi colocado sem qualquer lavagem em estufa a 80°C, até atingir peso constante. Foi determinada a contribuição de cada espécie de bromélia no aporte de serapilheira. Alíquotas completas destes materiais (formando amostras compostas mensais) foram reduzidas a pó com a utilização de moinho Willey para análise química para determinação dos teores de N, P, K, Na, Ca e Mg em espectrofotometria de absorção atômica. As identificações das bromélias foram feitas por comparação com exsiccatas em herbários, encontrando-se o material depositado no Herbário Friburgense (FCAB), da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Os dados de pluviosidade total foram obtidos por meio de pluviômetro instalado acima da copa das árvores, no próprio local (Oliveira & Coelho Netto 2001). Foi utilizado o teste de coeficiente de correlação de Spearman (Zar 1999) para correlacionar a pluviosidade com as variáveis serapilheira total e serapilheira de bromélias, bem como a quantidade de serapilheira total com a quantidade de serapilheira de bromélias.

Resultados e discussão

Ao longo de um ano, a produção de serapilheira oriunda de bromélias foi de 327,8kg/ha. O aporte das bromélias representou 3,1% da serapilheira total produzida no mesmo período, que foi de 10.690,9kg/ha. Trata-se de uma participação abaixo do resultado encontrado por Nadkarni & Matelson (1992) na Costa Rica. Estes autores, estudando a contribuição da serapilheira de todo o material epifítico (e não apenas das bromélias como no presente caso) em relação à serapilheira total, obtiveram o valor de 6,6%. Veneklas (1992, *apud* Coxson & Nadkarni 1995), em estudo semelhante na Colômbia, encontrou para o material epifítico o valor de 5,3%.

A pluviosidade anual apresentou nos meses de fevereiro e março os maiores valores (Tab. 2). O total anual (4.531mm) foi bastante elevado e representou mais do que o dobro do total obtido no mesmo período na Vila do Abraão (2.209mm), localizada à jusante da encosta do Pico do Papagaio, ao nível do mar (Oliveira & Coelho Netto 2001). A serapilheira total apresentou como pico de produção o mês de setembro, com 1.421,8kg/ha. A menor produção se deu no mês de junho, com 474,3kg/ha. Para a serapilheira de bromélias, o pico de produção se deu no mês de agosto, com 56,4kg/ha e o de menor produção foi julho, com 16,1kg/ha (Tab. 2). A contribuição de serapilheira de

Tabela 1. Principais parâmetros vegetacionais do trecho de floresta estudado na Ilha Grande, RJ (Oliveira, 2002).

Característica	Valor
Número de espécies*	134
Densidade	1.996 ind./ha
N. de indivíduos/espécie	3,8
Área basal	57,9m ² /ha
Diâmetro máximo	136cm
Diâmetro médio	12,2cm
Altura máxima	45m
Altura média	11m
Troncos múltiplos	0,9%
Indivíduos mortos em pé	1,5%
Índice de Shannon	4,28 nats/ind.

*critério de inclusão: DAP ≥ 2,5cm.

Tabela 2. Produção de serapilheira total e de bromélias no período de 1/outubro/1997 a 30/setembro/1998 no Pico do Papagaio, Ilha Grande, RJ. c.v. - coeficiente de variação.

	Pluviosidade (mm)	Serapilheira total (kg/ha)	c.v. (%)	Serapilheira de bromélias (kg/ha)	c.v. (%)
outubro	75	1.024,42	18,5	24,79	86,7
novembro	126	881,23	19,4	16,06	76,5
dezembro	123	1.447,91	23,8	18,91	169,9
janeiro	152	668,02	24,8	26,43	172,3
fevereiro	156	1.129,92	51,7	26,22	241,0
março	169	681,34	34,0	29,66	237,7
abril	77	662,40	43,7	32,70	140,2
maio	140	496,44	31,4	21,79	262,0
junho	43	474,32	32,9	25,82	106,4
julho	17	901,02	41,3	13,90	106,4
agosto	100	902,12	38,3	53,44	200,2
setembro	78	1.421,80	30,1	38,11	200,2
Total	4.531	10.690,94	-	327,82	-

bromélias apresentou distribuição espacial irregular em relação à serapilheira total, tanto espacialmente como temporalmente. Face à irregularidade da sua deposição, é esperada a ocorrência de variações no aporte de serapilheira de ano para ano. Observou-se baixa correlação positiva entre a quantidade de chuva e a quantidade de serapilheira total ($r_s = 0,028$; $p > 0,05$) e serapilheira de bromélias ($r_s = 0,182$; $p > 0,05$) e entre a quantidade de serapilheira total e de bromélias ($r_s = 0,007$; $p > 0,05$).

Do total anual obtido para a serapilheira de bromélias, *Vriesea gigantea* Mart. ex Schult. f. contribuiu com 33,5%; *Aechmea nudicaulis* (L.) Griseb. com 16,8%; *Quesnelia marmorata* (Lem.) Read. com 16,8%; *Vriesea flamea* L.B. Sm. com

12,8%; *Tillandsia usneoides* (L.) L. com 0,5% e os fragmentos mais o material não identificado com 19,6% (Fig. 1). As duas primeiras (*V. gigantea* e *A. nudicaulis*) são espécies heliófilas e localizam-se preferencialmente na copa externa (Gonçalves & Waechter 2002), o que pode contribuir para um ciclo de vida mais curto e maior taxa de substituição de indivíduos.

A contribuição das bromélias à ciclagem de nutrientes da floresta em estudo, o valor médio da concentração de nutrientes e a relação carbono/nitrogênio obtida na serapilheira total e na serapilheira de bromélias encontram-se na Tab. 3. Para todos os nutrientes examinados, a serapilheira de bromélias apresentou concentração mais elevada, variando entre 8,9 vezes para sódio e 1,7 vezes para nitrogênio. A relação C/N apresentou 63% do valor encontrado na serapilheira total, o que indica maior velocidade de decomposição deste material em relação à serapilheira da comunidade florestal como um todo. De maneira geral, as concentrações na serapilheira de bromélias

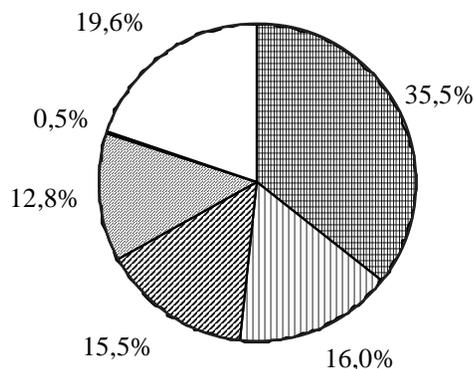


Figura 1. Distribuição percentual por espécies de bromélias que participam da produção de serapilheira na Ilha Grande, RJ. □ = *Vriesea gigantea*; ▨ = *Aechmea nudicaulis*; ▩ = *Quesnelia marmorata*; ▪ = *Vriesea flamea*; ■ = *Tillandsia usneoides*; □ = fragmento não identificado.

Tabela 3. Valor médio da concentração de nutrientes e da relação carbono/nitrogênio obtida na serapilheira total e na de bromélias (n = 12; max - valor máximo obtido; min. - valor mínimo).

Origem da serapilheira	C	N	P	K	Na	Ca	Mg	C/N
	%		mg/g					
Total (média)	45,2	1,6	0,2	3,8	1,5	20,4	4,7	28,2
máx.	46,1	2,6	0,3	5,0	2,0	27,6	5,9	-
min.	41,8	1,0	0,1	2,8	1,32	14,6	3,1	-
Bromélias (média)	49,5	2,8	0,3	23,1	13,3	33,7	21,3	17,7
máx.	52,3	4,0	0,3	26,2	14,0	38,7	15,6	-
min.	48,9	1,8	0,2	19,0	12,1	28,1	25,9	-

alcançaram valores próximos àqueles obtidos por Hofstede *et al.* (1993) para os epífitos vasculares em uma floresta na Colômbia. No entanto, para potássio e cálcio, os valores no presente estudo foram, respectivamente, 4,6 e 5,2 vezes mais elevados. Em relação ao fluxo destes nutrientes no ecossistema, os valores de transferência foram na ordem $C > N > Ca > Mg > K > Na > P$ e para a serapilheira em geral, a seqüência foi: $C > N > Ca > K > Mg > Na > P$ (Tab. 4).

Tabela 4. Fluxos de nutrientes na serapilheira total e na de bromélias e participação percentual no Pico do Papagaio, Ilha Grande, RJ (valores em kg/ha/ano).

	Massa total	Origem da serapilheira						
		C	N	P	K	Na	Ca	Mg
Total	10.690,9	4.832,3	171,1	2,1	40,6	16,0	218,1	50,2
Bromélias	327,8	162,3	9,2	0,1	7,6	4,4	11,0	7,0

Em relação à participação percentual da massa de nutrientes aportados pelas bromélias, os aportes foram N: 5,4% da massa de serapilheira total; P: 4,8%; K: 18,7%; Na: 27,5%; Ca: 5,0% e Mg: 13,9%. Ou seja, para estes nutrientes, as bromélias apresentaram contribuição significativa para a comunidade como um todo, apesar de sua biomassa contribuir apenas com 3,1% da serapilheira total.

Em relação às entradas atmosféricas de nutrientes, seja por deposição úmida ou seca, que ocorreram no mesmo local e na mesma época (Oliveira & Coelho Netto 2001), a participação das bromélias foi inferior em todos, com exceção do nitrogênio (Tab. 5). O aporte deste mineral via deposição atmosférica foi a metade do valor alcançado pela serapilheira de bromélias. Possivelmente o fluxo de tronco ou a absorção direta do substrato possam contribuir para a concentração encontrada. Para o cálcio, a contribuição das bromélias também foi próxima à da entrada atmosférica. Os menores resultados foram obtidos para sódio e fósforo.

Segundo Nadkarni & Matelson (1992), a redistribuição dos nutrientes estocados no material epifítico pode ser feita de diversos modos, como: a) pelo aporte de serapilheira a partir da abscisão das suas folhas ou a partir da queda de galhos; b) diretamente ao hospedeiro via absorção por raízes adventícias e c) por herbivoria e predação por vertebrados e invertebrados. Observações de campo revelaram que na região do Pico do Papagaio da Ilha

Tabela 5. Aportes de N, P, Na e Ca via deposição atmosférica (dados de Oliveira e Coelho Netto 2001) e via produção de serapilheira de bromélias. Valores em kg/ha/ano.

Origem do aporte	N	P	Na	Ca
Entradas atmosféricas (a)	6,6	11,4	151,3	15,5
Serapilheira de bromélias (b)	9,2	0,1	4,4	11,0
Razão a/b	0,7	114,0	34,4	1,4

Grande, o macaco-prego (*Cebus apella*), o quati (*Nasua solitaria*) e principalmente o guariba (*Alouata fusca*) desempenham papel importante na remoção de folhas e de indivíduos de bromélias em busca de alimentação (bainhas foliares e insetos residentes no tanque).

Os aportes de nutrientes pelas bromélias assumem quantidade significativa na ciclagem da floresta estudada ao considerar-se que, no caso da serapilheira total, a sua deposição não pode ser considerada fundamentalmente como uma entrada de nutrientes para o sistema, e sim uma reciclagem do estoque do solo. No caso das bromélias, pelo fato destas não apresentarem ligação direta com o solo, parte dos mesmos tem origem atmosférica e não do estoque edáfico, representando, portanto, efetiva entrada para o sistema. A outra parte tem origem no próprio sistema, representada pela queda de folhas, adições por insetos, etc. Trata-se de tarefa difícil contabilizar-se na serapilheira produzida pelas bromélias os nutrientes que têm origem atmosférica e os que são originários do próprio sistema. Richardson (1999) encontrou total de detritos no interior do tanque de bromélias que variou em distintos locais entre 1,25 e 138kg/ha de serapilheira florestal. De qualquer forma, há que se destacar que as bromélias, apesar de sua reduzida biomassa apresentam papel significativo na ciclagem e incorporação de nutrientes atmosféricos ao sistema, constituindo-se, portanto em eficiente mecanismo de captura e conservação de nutrientes, no sentido empregado por Herrera *et al.* (1978) e Jordan (1991).

Há que se considerar, no entanto, que a presença e atuação deste mecanismo de conservação e captura de nutrientes apresenta grande variabilidade espacial e temporal, podendo ainda estar ligado a situações particulares, como estágio sucessional da floresta e à intensidade de distúrbios antrópicos. A carga de epífitos na Mata Atlântica - notadamente a diversidade e biomassa de orquídeas e bromélias - geralmente aumenta em direção a formações climáticas. É sabido

que comunidades secundárias apresentam densidade muito menor de epífitos do que comunidades primárias (Budowski 1965). Mesmo em florestas secundárias tardias, a presença de bromélias é pouco conspícua. Na Ilha Grande, formações sucessionais de 25 e 50 anos são praticamente desprovidas de bromélias (Oliveira 2002). Por outro lado, a densidade de bromélias é extremamente variável em escala mais ampla. Cogliatti-Carvalho *et al.* (2001) mostraram que a estrutura e a composição de Bromeliaceae da restinga variam fortemente entre as distintas zonas estudadas, com cada uma possuindo um conjunto particular de espécies, com diferentes distribuições de abundância. Da mesma forma, distintas feições geomorfológicas e microclimáticas como fundos de vale, divisores de bacias, gradientes altitudinais e a orientação de encostas influenciam significativamente na sua densidade. Assim, pode-se supor que este mecanismo de captura e conservação de nutrientes apresente-se sobre o espaço florestado sob a forma de um mosaico, em função das diferentes condições para o desenvolvimento das bromélias.

Agradecimentos

O autor é grato aos dois revisores anônimos deste periódico; a Maurício Vasques de Araújo, aluno do Departamento de Geografia da PUC-Rio, pelo inestimável apoio nos trabalhos de campo e de laboratório; a Rogério Ferreira da Silva, da Universidade Estadual de Londrina, pelo auxílio no tratamento dos dados; ao Prof. Dr. Emmanoel V. da Silva Filho, da Universidade Federal Fluminense, pela realização das análises químicas do material.

Referências bibliográficas

- Benzing, D.H. 1990. **Vascular epiphytes: general biology and related biota**. Cambridge, Cambridge University Press.
- Budowski, G. 1965. Distribution of tropical American Rain Forest trees in the light of successional process. **Turrialba** 15: 40-45.
- Carrol, G. 1980. Forest canopies: complex and independent subsystems. Pp. 87-107. In: R.W. Waring (ed.). **Forests: Fresh Perspectives from Ecosystem Analysis**. Corvallis, Oregon State Univ. Press.
- Cogliatti-Carvalho, L.; Freitas, A.F.N.; Rocha, C.F.D. & Sluys, M.V. 2001. Variação na estrutura e na composição de Bromeliaceae em cinco zonas de restinga no Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba, Macaé, RJ. **Revista Brasileira de Botânica** 24(1): 31-57.
- Coxson, D.S. & Nadkarni, N.M. 1995. Ecological roles of epiphytes in nutrient cycles of forest ecosystem. Pp. 495-543. In: M.D. Lowman & N.M. Nadkarni (eds.). **Forest Canopies**. London, Academic Press.
- Delitti, W.B.C. 1995. Estudos de ciclagem de nutrientes: instrumentos para a análise funcional de ecossistemas terrestres. Pp. 470-485. In: F.A. Esteves (ed.). **Oecologia Brasiliensis**. v.1. Estrutura, funcionamento e manejo de ecossistemas brasileiros. Ed. IB/UFRJ. Rio de Janeiro.
- Dislich, R. & Mantovani, W. 1998. Flora de epífitas vasculares da Reserva da Cidade Universitária "Armando de Salles Oliveira" (São Paulo, Brasil). **Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo** 17: 6183.
- Fontoura, T. 1995. Distribution patterns of five Bromeliaceae genera in Atlantic Rain Forest, Rio de Janeiro State, Brazil. **Selbyana** 16(1): 79-93.
- Gonçalves, C.N. & Waechter, J.L. 2002. Epífitos vasculares sobre espécies de *Ficus organensis* isolados no norte da planície costeira do Rio Grande do Sul: padrões de abundância e distribuição. **Acta Botanica Brasílica** 16(4): 429-442.
- Herrera, R.; C.F. Jordan; H. Klinge & E. Medina. 1978. Amazon ecosystems. Their structure and functioning with particular emphasis on nutrients. **Interciencia** 3(4): 223-231.
- Hofstede, R.G.M.; Wolf, J.H.D. & Benzing, D.H. 1993. Epiphyte biomass and nutrient status of a Colombian upper montane rain forest. **Selbyana** 14: 37-45.
- IBGE. 1992. **Manual técnico da vegetação brasileira**. Série Manuais Técnicos em Geociências n. 1. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, Rio de Janeiro.
- Jordan, C.F. 1991. Nutrient cycling processes and tropical forest management. Pp. 159-180. In: A. Gómez-Pompa; T.C. Whitmore & M. Hadley (eds.). **Rain forest regeneration and management**. Pub. UNESCO & The Parthenon Publ. Group. Man and the Biosphere series v.6. Paris.
- Jordan, C.F.; Herrera, R. & Medina, E. 1980. Nutrient scavenging of rainfall by the canopy of an Amazonian rain forest. **Biotropica** 12(1): 61-66.
- Lang, G.E.; Reiners, W.A. & Heir, R.K. 1976. Potential alteration of precipitation chemistry by epiphytic lichens. **Oecologia** 25: 229-241.
- Leme, E.M.C. 1993. **Bromélias na natureza**. Rio de Janeiro, Ed. Marigo Comunicação Visual.
- Lowman, M.D. & Nadkarni, N.M. 1995. **Forest Canopies**. London, Academic Press.
- Nadkarni, N.M. & Matelson, T.J. 1991. Litter dynamics within the canopy of a neotropical cloud forest, Monteverde, Costa Rica. **Ecology** 72: 849-860.
- Nadkarni, N.M. & Matelson, T.J. 1992. Biomass and nutrient dynamics of epiphytic litter-fall in a Neotropical montane forest, Costa Rica. **Biotropica** 24: 24-30.
- Oliveira, R.R. 2002. Ação antrópica e resultantes sobre a estrutura e composição da Mata Atlântica na Ilha Grande, RJ. **Rodriguésia** 53(82): 33-58.
- Oliveira, R.R. & Coelho Netto, A.L. 2001. Captura de nutrientes atmosféricos pela vegetação na Ilha Grande, RJ. **Pesquisa Botânica** 51: 31-49.

- Richardson, B.A. 1999. The bromeliad microcosm and assessment of faunal diversity in a neotropical Forest. **Biotropica** **31**(2): 321-336.
- Rocha, C.F.D.; Cogliatti-Carvalho, L.; Almeida, D.R. & Freitas, A.F.N. 1997. Bromélias: ampliadoras da biodiversidade. **Bromelia** **4**: 7-10.
- Veloso, H.P.; Rangel Filho, A.L. & Lima, J.C.A. 1991. **Classificação da Vegetação Brasileira, adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro, Ed. IBGE.
- Waldemar, C.C. & Irgang, B.E. 2003. A ocorrência do mutualismo facultativo entre *Dickia maritima* Backer (Bromeliaceae) e o cupim *Cortaritermes silvestrii* (Holgren), Nasutitermitinae, em afloramentos rochosos no Parque Estadual de Itapuã, Viamão, RS. **Acta Botanica Brasilica** **17**(1): 37-48.
- Zar, J.H. 1999. **Biostatistical Analyses**. New Jersey, Ed. Prentice Hall.