

Potencial plástico de *Nectandra oppositifolia* Nees. (Lauraceae) em fisionomias de floresta ombrófila densa e restinga

Plastic potential of *Nectandra oppositifolia* Nees. (Lauraceae) in Dense Ombrophilous Forest and sandbank

Emanoele CD Todorovski¹, João Carlos F Melo Jr^{1*}, Maick W Amorim¹ e Maiara M Silva¹

1. Laboratório de Anatomia Vegetal, Departamento de Ciências Biológicas, Universidade da Região de Joinville – Univille. Rua Paulo Maschitzki, 10, CEP 89219-710, Joinville, SC, Brasil.

*Autor para correspondência: jcmelo_wood@hotmail.com

Resumo A interação das plantas com diferentes fatores abióticos é tida como precursora de adaptações estruturais ou fisiológicas, sendo a plasticidade o principal meio pelo qual as plantas têm lidado com a heterogeneidade ambiental. Essa complexa resposta dada pela plasticidade fenotípica é importante do ponto de vista ecológico, uma vez que possibilita às plantas experimentarem habitats distintos, explorarem nichos mais ricos em recursos e ampliarem suas possibilidades de distribuição geográfica. Este estudo objetivou avaliar o potencial plástico da espécie *Nectandra oppositifolia* Nees (Lauraceae) em duas fitofisionomias: Restinga Arbórea e Floresta Ombrófila Densa Alto Montana. Foram analisadas variáveis morfológicas a partir de folhas totalmente expandidas e expostas ao sol, como: peso fresco e seco, espessura e área foliar, área específica foliar e grau de succulência. Diferenças estatisticamente significativas foram observadas entre todas as variáveis estudadas, especialmente para o peso seco e área foliar, sendo as folhas de floresta portadoras de maiores áreas foliares do que as de restinga. Os maiores índices de plasticidade foram registrados para as plantas de Floresta Ombrófila Densa Alto Montana. Sugere-se que os resultados obtidos estejam relacionados às condições diferenciais de nutrição dos solos e que as respostas plásticas observadas nas populações amostradas representem estratégias que permitem à espécie sobreviver e se desenvolver em razão da heterogeneidade ambiental, ampliando, assim, sua capacidade de explorar recursos e expandir sua distribuição geográfica.

Palavras-chaves: Mata Atlântica, adaptações morfológicas, plasticidade morfológica, esclerofilia

Abstract The interaction of plants with different abiotic factors is seen as a precursor to structural or physiological adaptations. Plasticity is the primary means used by plants to deal with environmental

heterogeneity. The complex response given by phenotypic plasticity is important from the ecological standpoint, since it allows plants to experiment distinct habitats, explore niches with more resources, and widen their possibilities of geographical distribution. This study assessed the plastic potential of species *Nectandra oppositifolia* Nees (Lauraceae) in two phytophysionomies: tree *restinga* and high-montane dense ombrophilous forest. The following morphological variables of fully expanded leaves and exposed to the sun were analyzed: fresh and dry weight, leaf area and thickness, specific leaf area, and degree of succulence. Statistically significant differences were observed between all the variables studied, especially dry weight and leaf area, since the latter is bigger in forest than in *restinga* plants. The highest rates of plasticity were recorded for the plants of high-montane dense ombrophilous forest. It is suggested that these results are related to different conditions of soil nutrients and that the plastic responses observed in the populations sampled represent strategies allowing them to survive and develop when faced with environmental heterogeneity, thus widening their capacity to explore resources and expanding their geographical distribution.

Keywords: Rain Forest, morphological adaptation, morphological plasticity, sclerophylly.

Introdução

O bioma da Mata Atlântica estende-se por todo o litoral brasileiro e é caracterizado por uma grande variedade de paisagens em resposta às variações de latitude, longitude e altitude em sua faixa de distribuição espacial (Rizzini 1997). As formações da Mata Atlântica que recobrem a Serra do Mar apresentam fisionomias regidas

pelo gradiente altitudinal que lhes conferem composição florística e estrutural peculiares, representadas por considerável diversidade de formas de vida e espécies vegetais (Backes e Irgang 2004).

Mesmo com diferenças ambientais marcantes entre as fisionomias de Mata Atlântica, ocorrem espécies de ampla distribuição geográfica, crescendo sobre diferentes classes de solos e habitats (Vibrans *et al.* 2012). Ampla literatura indica que tais espécies sejam dotadas da capacidade de sofrer ajustes estruturais e fisiológicos que garantem seu crescimento e sobrevivência em decorrência de sua interação com o meio ambiente (*i.e.* plasticidade fenotípica), permitindo, assim, um melhor aproveitamento dos recursos disponíveis (Bradshaw 1965, Sultan 2000), mesmo em condições estressantes apresentadas por algumas formações como as restingas (Scarano *et al.* 2002) e as florestas tropicais localizadas em maiores altitudes (Wright 2002). As restingas são, em geral, caracterizadas por solos pobres em nutrientes, alta salinidade e temperatura, grande incidência de ventos e escassez de água (Araujo, 2000), enquanto as florestas apresentam solos muitas vezes distróficos em maiores altitudes, sendo, no entanto, mais abundantes em água e matéria orgânica (Wright 2002).

Assim, esta complexa resposta estrutural e funcional denominada plasticidade fenotípica é importante do ponto de vista ecológico, assim como a magnitude desta resposta, uma vez que possibilita às plantas experimentarem habitats distintos, explorarem nichos mais ricos em recursos e ampliarem suas possibilidades de distribuição geográfica (Sultan 1995). Em ambientes heterogêneos é esperado que as plantas possuam grande potencial plástico, favorecendo a formação de morfotipos que permitam sua sobrevivência (Cardoso e Lomônaco 2003).

Uma das formas mais contundentes de se avaliar o potencial adaptativo de espécies com grande distribuição é através da plasticidade fenotípica (Valladares *et al.* 2006), uma vez que essas espécies são acompanhadas por variações estruturais com maior evidência para aquelas ocorridas nas folhas (Dickison 2000). Por ser mais exposta, a folha torna-se o órgão mais plástico da planta, cuja morfologia é fortemente influenciada por fatores ambientais (Gratani *et al.* 2006), sendo o solo um dos fatores de maior importância sobre suas respostas adaptativas (Henriques e Marcelis 2000).

Dentre as plantas arbóreas que ocupam diferentes fisionomias da Mata Atlântica merece destaque a espécie *Nectandra oppositifolia* Nees (Lauraceae) (Vibrans *et al.* 2013a e b). Conhecida popularmente como canela-ferrugem pode atingir de 15 a 20m de altura, com caule de 50 a 70cm de diâmetro. Possui folhas simples, com 10 a 15cm de comprimento por 5 a 10cm de largura, rijas e ferrugíneo-pubescentes na superfície abaxial (Lorenzi 1992). Ocorre, preferencialmente, em florestas primárias menos densas, desde as planícies arenosas da restinga até as florestas em altitude de 800m (Pedroso 1987).

O presente estudo tem como objetivo avaliar o potencial plástico de *Nectandra oppositifolia* Nees (Lauraceae) associada às distintas condições de solo de duas formações da Mata Atlântica (floresta e restinga) por meio da morfologia foliar. Tem-se como hipótese que a

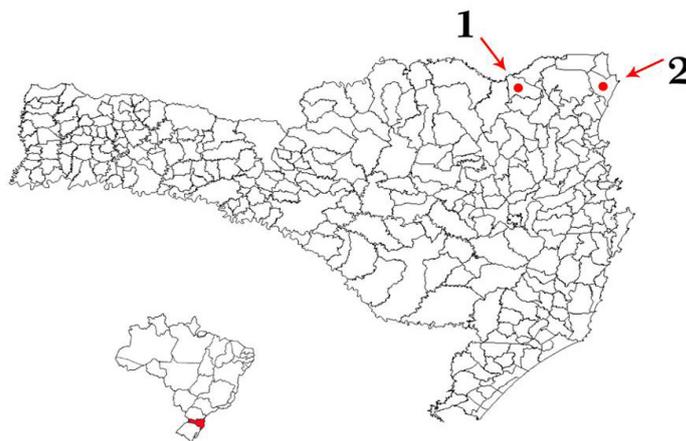


Figura 1 Localização das áreas de estudo e coleta de *Nectandra oppositifolia* Nees. (Lauraceae). 1: Floresta Ombrófila Densa Alto Montana (FAM), São Bento, SC. 2: Restinga Arbórea (RA), São Francisco do Sul, SC.

heterogeneidade ambiental, aqui caracterizada por atributos edáficos, torna a espécie em estudo altamente plástica para órgão avaliado, sendo as folhas no ambiente florestal mais desenvolvidas que na restinga.

Métodos

O estudo foi realizado em duas distintas fitofisionomias da Mata Atlântica (IBGE 2012), sendo uma a Floresta Ombrófila Densa Alto Montana (FAM), localizada no município de São Bento do Sul (26° 19' S e 49° 18' W) e outra a Restinga Arbórea (RA), situado no município de São Francisco do Sul (26° 16' S e 48° 31' W), ambas pertencentes ao estado de Santa Catarina (Figura 1). A primeira área é caracterizada por um planalto de 838m de altitude, de clima temperado, temperatura média anual de 16,4°C, índice pluviométrico de 1350mm/ano e umidade relativa do ar de 86% (INMET 2014). O solo da região é classificado como Cambissolo (Embrapa 2013). A segunda, inserida em planície costeira a 5m de altitude, apresenta clima mesotérmico influenciado pela umidade marítima, com temperatura média anual de 20,3°C, pluviosidade média de 1874mm/ano e umidade relativa do ar de 87% (Knie 2002). O solo desta área é classificado como espodossolo não-hidromórfico (FATMA 2008).

Em cada fisionomia foram selecionados cinco espécimes de *N. oppositifolia*, totalizando um grupo amostral de 10 plantas, nas quais foram coletadas 25 folhas expostas ao sol, completamente expandidas e fixadas nos 3º e 4º nós, a partir do ápice de cada ramo. As folhas coletadas foram usadas para mensuração da massa fresca (g), sendo em seguida prensadas e secas em estufa para determinação da massa seca (g), área foliar (cm²) por meio de imagem digitalizada em scanner de mesa acoplado ao software Sigma Scan Pro (versão 5.0, SPSS Inc., Chicago IL, USA), comprimento, largura e espessura foliar (mm) com auxílio de paquímetro digital, área específica foliar (AEF, cm²/g⁻¹) (Witkowski e Lamont 1991) e conteúdo de água (g) pela diferença entre as massas fresca e seca.

Em cada fisionomia foi avaliada a condição nutricional edáfica a

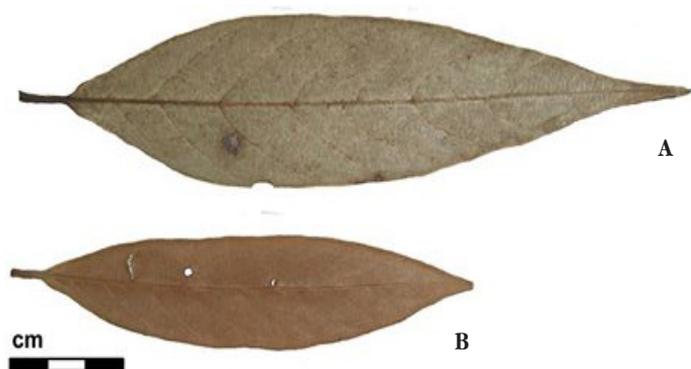


Figura 2 Aspecto geral das folhas de *Nectandra oppositifolia* Ness. (Lauraceae) nos ambientes estudados, evidenciando a área foliar média. A: Floresta Ombrófila Densa Alto Montana (FAM). B: Restinga Arbórea (RA).

partir cinco amostras homogeneizadas, tomadas de 15cm superficiais dos solos, conforme metodologia preconizada pela Embrapa (2013) e realizada pelo Laboratório de Análise do Solo e Planta, do Instituto Agronômico de Campinas/SP-Brasil. A umidade gravimétrica dos solos foi obtida de cinco amostras por fisionomia (Embrapa 2013). Todas as amostras foram coletadas na proximidade dos indivíduos amostrais.

Médias e respectivos desvios-padrão, baseados em N=125, foram calculados para todas as variáveis biológicas e ambientais quantitativas. Seguindo o teste de normalidade, os valores médios das variáveis morfológicas foram comparados por teste t de Student com nível de significância de 5%, em software R Studio (Zar 1999). Para cada variável morfológica e anatômica das espécies, foi calculado o índice de plasticidade fenotípica (IPF, Valladares *et al.* 2000, 2006).

Resultados

As variáveis morfológicas foliares analisadas tiveram variações

Tabela 1. Valores médios e respectivos desvios-padrão (entre parênteses) das variáveis morfológicas foliares de *Nectandra oppositifolia* (Lauraceae). Valores do teste t de Student (t) e nível de significância (p) da comparação entre as fisionomias (n=125).

Variável	Fisionomia		t	p
	FAM	RA		
Massa fresca (g)	1,95 (0,82)	1,38 (0,38)	6,03	<0,0001
Massa seca (g)	0,83 (0,35)	0,45 (0,22)	10,08	<0,0001
Área foliar (cm ²)	49,24 (20,72)	28,81 (8,28)	8,99	<0,0001
Comprimento foliar (mm)	168,48 (36,38)	142,06 (24,10)	6,77	<0,0001
Largura foliar (mm)	47,70 (13,41)	32,30 (5,88)	11,76	<0,0001
Espessura foliar (mm)	0,36 (0,07)	0,35 (0,07)	0,48	<0,07
Área específica foliar (cm ² /g)	60,03 (1,79)	65,87 (1,02)	3,68	<0,002
Conteúdo de água (g)	1,15 (0,05)	0,90 (0,06)	3,12	<0,001

Legenda: FAM – Floresta Ombrófila Densa Alto Montana; RA – Restinga Arbórea.

Tabela 2 Índice de plasticidade (IPF) das variáveis morfológicas foliares de *Nectandra oppositifolia* (Lauraceae) nas fisionomias de Floresta Ombrófila Densa Alto Montana e de Restinga Arbórea estudadas.

Variáveis morfológicas	IPF
Massa fresca	0,90
Massa seca	0,91
Área foliar	0,89
Comprimento foliar	0,65
Largura foliar	0,74
Espessura foliar	0,70
Área específica foliar	0,77
Conteúdo de água	0,89

significativas (Figura 2). Maiores valores de massa fresca (MF), massa seca (MS), área foliar (AF), comprimento foliar (CF), largura foliar (LF) e conteúdo de água (CA), foram superiores no ambiente florestal a área específica foliar (AEF) foi maior na restinga, já a espessura foliar (EF) não apresentou diferença significativa (Tabela 1). Valores de MS e AF foram os que apresentaram a maior variação entre as populações estudadas. O conteúdo de água da folha foi menor no ambiente de restinga, alcançando valor aproximado 20% inferior em relação ao observado na floresta (Tabela 1).

O índice de plasticidade fenotípica (IPF) mostrou que a espécie *Nectandra oppositifolia* é mais plástica para os atributos foliares de massa fresca, massa seca, área foliar e conteúdo de água (Tabela 2). No ambiente florestal, as plantas da espécie estudada apresentaram resposta plástica mais expressiva para a largura foliar.

As análises químicas do solo (Tabela 3) evidenciaram que ambos os ambientes apresentam um solo muito ácido. No solo florestal, os teores dos macronutrientes fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e

Tabela 3 Valores médios dos atributos nutricionais dos solos (n=5) e umidade gravimétrica (n=5) nas fisionomias de Floresta Ombrófila Densa Alto Montana (FAM) e de Restinga Arbórea (RA).

Atributos do solo	Fisionomias	
	FAM	RA
pH	3,80	3,53
P (mg/dm ³)	3,00	1,00
K (mmolc/dm ³)	3,60	1,30
Ca (mmolc/dm ³)	10,00	5,67
Mg (mmolc/dm ³)	2,00	1,00
H + Al (mmolc/dm ³)	185,00	21,67
SB (mmolc/dm ³)	15,60	8,80
CTC (mmolc/dm ³)	200,60	30,47
V (%)	8,00	29,00
MO (g/dm ³)	26,00	14,67

magnésio (Mg) foram encontrados em maiores níveis, sendo a maior variação de concentração encontrada para Ca. Assim a soma de bases (SB) também apresentou maior valor para o solo em FAM. O teor de matéria orgânica (MO) encontrado no solo em RA representa aproximadamente a metade do valor encontrado no solo florestal, bem como a capacidade de troca catiônica (CTC) que foi a variável que apresentou maior disparidade entre as áreas estudadas. A concentração de H + Al, que também é indicadora da acidez do solo, apresentou grande diferença entre os solos dos ambientes estudados, sendo mais elevada em ambiente florestal. Embora os maiores valores de macronutrientes tenham sido encontrados no solo florestal, a saturação por bases (V) mostrou que ambos os solos são distróficos.

Discussão

Atributos foliares e plasticidade

Todos os atributos morfológicos foliares avaliados em *N. oppositifolia* diferiram entre as fisionomias de floresta e restinga, sendo os maiores valores médios observados no ambiente florestal. Exceção se faz ao atributo de espessura foliar, que não diferiu estatisticamente, e à AEF, com maior valor no ambiente de restinga. Apesar de essas características serem reconhecidas como estratégias relacionadas à disponibilidade de luz nos ambientes (Givinish 1988), os atributos morfológicos mostrados na tabela 1 podem não responder apenas à condição de luz, mas sim a concentração de nutrientes no solo (Boeger *et al.* 2005). Desta forma, modificações na estrutura foliar, que podem ocorrer de maneira idiosincrática entre as espécies são observadas ao longo da expansão e desenvolvimento das folhas em resposta à variação na disponibilidade nutrientes e água no solo (Mooney *et al.* 1978, Cunningham *et al.* 1999, Prior *et al.* 2003).

A área foliar mostrou-se cerca de 59% menor nas folhas de restinga quando comparadas às da floresta. É esperado que em ambientes mais restritivos em recursos, as plantas possuam áreas foliares menores (Larcher 2000), como foi observado na restinga para *N. oppositifolia*. Folhas com áreas reduzidas são comuns em diversas espécies ocorrentes em ambientes costeiros, o que pode estar relacionado a outros fatores além da composição nutricional do solo (Boeger *et al.* 2004). Os dados de AEF mostram que as folhas desta espécie são menores em FAM em relação às da RA (Tabela 1). A AEF pode ser afetada diretamente pela massa seca, espessura do mesófilo, tecidos de sustentação e teor de água (Meziani & Shipley 1999). Sugere-se neste estudo que a diferença observada para AEF se deva a um maior investimento em tecidos mecânicos, devido ao maior déficit nutricional ocorrente no ambiente de restinga, uma vez que a AEF é um importante indicador ecológico associado à fertilidade do solo (Hodgson *et al.* 2011). A espessura foliar não diferiu entre floresta e restinga para *N. oppositifolia*. As folhas mais largas e mais compridas foram encontradas em FAM (Figura 2), sugerindo que estas modificações acontecem devido à disponibilidade de macronutrientes no solo.

Os valores apresentados pelo Índice de Plasticidade Fenotípica (IPF) indicam que *N. oppositifolia* é uma espécie altamente plástica para o órgão folha, sendo os atributos de massa fresca, massa seca, área foliar e conteúdo de água os que apresentaram maior capacidade de resposta plástica aos fatores ambientais relacionados ao solo.

Atributos edáficos e sua influência sobre a espécie estudada

Dentre os fatores ambientais mais importantes para as plantas e limitante ao seu crescimento, está o estado nutricional do solo, cuja composição química determina sua fertilidade e conseqüente capacidade de alocação de nutrientes pela vegetação (Henriques e Marcelis 2000). Assim, a disponibilidade de nutrientes minerais no solo influencia a produção de diferentes estratégias de alocação de recursos pelas plantas, percebidas pelo desenvolvimento de variações em certos atributos morfológicos do corpo vegetal (Lü *et al.* 2012).

Uma das variáveis edáficas que mostra a fertilidade do solo é a capacidade de troca catiônica (CTC). A CTC do solo pode influenciar a estrutura, o regime hídrico e gasoso, a reação do solo e seu processo pedogenético e, por isso, é uma variável relevante no entendimento dos processos ecológicos, como a seleção de espécies em um determinado hábitat e suas alterações estruturais (Assis *et al.* 2011). De acordo com Embrapa (2010), se a maior parte da CTC do solo está ocupada por cátions essenciais como Ca²⁺, Mg²⁺ e K⁺, pode-se dizer que esse é um solo bom para a nutrição das plantas. Por outro lado, se grande parte da CTC está ocupada por cátions potencialmente tóxicos como H⁺ e Al³⁺ este será um solo pobre. Apesar da CTC ter sido maior em FAM, provavelmente em decorrência da textura areno-argilosa associada ao elevado teor de matéria orgânica quando comparado ao solo de RA, a saturação por alumínio também foi muito alta, indicando que a maior parte dos cátions trocáveis é constituída por alumínio tóxico. Valores em direção contrária foram verificados em RA, mas não minimizam o

caráter tóxico do solo nesta fisionomia. Os valores de saturação por bases (V) são condizentes com as altas concentrações de H^+ e Al^{3+} . Os solos podem ser divididos de acordo com a saturação por bases: solos eutróficos (férteis) = $V \geq 50\%$; solos distróficos (pouco férteis) = $V < 50\%$. Alguns solos distróficos podem ser muito pobres em Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+ e apresentar teor de alumínio trocável muito elevado (Embrapa 2010), sendo assim, os solos das duas fisionomias estudadas possuem baixa fertilidade.

Os baixos valores do pH nos solos dos dois ambientes estudados indicam maior acidificação desses solos. A acidificação do solo é um processo natural resultado da lixiviação de cátions básicos solúveis (Ca, Mg, K) seguida pela sua substituição por cátions ácidos (H e Al) no complexo de troca catiônica (CTC) (Ziglio *et al.* 1999). Embora tenham pedogêneses distintas, a acidez elevada pode estar relacionada aos processos intempéricos progressivos associados ao envelhecimento natural dos solos sob climas tropicais em função da ação da chuva e elevadas temperaturas anuais (Embrapa 2010). Assim, quanto mais ácido for o solo, maior concentração de alumínio (Al) trocável disponível nas camadas superficiais do solo, o que implica num substrato com maior toxicidade e limitante ao desenvolvimento das plantas. No entanto, algumas espécies possuem a capacidade de tolerar altas concentrações desse metal, devido a sua complexa ação com ácidos orgânicos exsudados pelo sistema radicular e ao genótipo vegetal que pode promover a capacidade de adequar a condições físico-químicas adversas, minimizando os problemas causados pela baixa produtividade em solos ácidos (Freitas 2006, Nolla *et al.* 2007). Gomes *et al.* (2007), estudando os solos sob vegetação de restinga na Ilha do Cardoso/SP, mostraram solos variando de forte a extremamente ácidos (< 4), confirmando os dados referentes ao solo de RA, observados no presente estudo.

O Fósforo (P) é um dos nutrientes mais limitantes ao crescimento e ao desenvolvimento das plantas, especialmente em solos ácidos das regiões tropicais e subtropicais (Silva e Delatorre 2009). Estima-se que 25% dos solos tropicais e subtropicais, caracterizados pelo alto grau de intemperismo, apresentam deficiência acentuada de fósforo (Sanches e Logan 1992). Em estudos sobre concentrações de fósforo no solo e plasticidade em plantas foi observado que diferentes concentrações de fósforo no solo induziram a formação de variedades altamente adaptadas de *Trifolium repens* L. (Fabaceae) (Hart e Coevillec 1988). Altas concentrações de fósforo influenciaram também o desenvolvimento de sementes maiores em *Senecio vulgaris* (L.) Hayer (Asteraceae) (Aarssen e Burton 1990).

A expressiva diferença de potássio (K) encontrada entre as áreas estudadas pode explicar as alterações morfológicas registradas em *N. oppositifolia*. Este macronutriente possui papel fundamental para a nutrição vegetal por ser o cátion em maior concentração nas plantas. Tem por função regular funções fisiológicas e metabólicas das plantas, como ativação de enzimas, fotossíntese, translocação de assimilados e também absorção de nitrogênio e síntese protéica, tendo conseqüentemente efeito sobre a morfologia foliar (Cóser *et al.* 2008). A disponibilidade de K no solo e a sua absorção pelas

plantas parecem estar relacionadas com a disponibilidade dos cátions divalentes como cálcio (Ca) e magnésio (Mg), dominantes do complexo de troca (Oliveira *et al.* 2001) e observados em teores altos no ambiente florestal e baixos nos solos de restinga.

Estudo realizado com *Senna appendiculata* (Vogel) Wiersema (Fabaceae), em ambiente de restinga mostrou que o magnésio (Mg) presente no solo está relacionado com a produção de massa seca tanto das partes aéreas das plantas, quanto na raiz (Sampaio *et al.* 2009). Assim, podemos supor que a variação expressiva da área foliar e da massa seca, com valores maiores em FAM, esteja diretamente ligada ao elevado teor de Mg encontrado no solo florestal.

O solo florestal, mesmo contendo maiores teores de matéria orgânica (MO) quando comparado a restinga, configura-se também como solo distrófico e pobre em bases trocáveis, no entanto, ainda oferece às comunidades nele instaladas um aporte nutricional superior ao do solo de restinga. Os solos sob vegetação de restinga são arenosos, quimicamente pobres, tendo como principal fonte de nutrientes o spray marinho (Araújo e Lacerda 1987, Leão e Dominguez 2000). Já o solo florestal é retroalimentado pela maior produção de serapilheira que gradualmente se acumula sobre a camada húmica e, por meio da decomposição, libera minerais que se tornam disponíveis aos vegetais (Silva *et al.* 2008). Em solos tropicais e subtropicais, a matéria orgânica apresenta uma estreita relação com as demais propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (Embrapa 2006). Embora de restinga esteja estabelecida em solos pobres em nutrientes, sua vegetação está bem adaptada aos ambientes oligotróficos demonstrando elevada eficiência na utilização dos nutrientes minerais (Moraes *et al.* 1999).

Os resultados para todas as variáveis estudadas confirmam as proposições feitas por Edwards e Wratten (1981), de que, devido às pressões ambientais, as plantas podem desenvolver ao longo do tempo estruturas físicas diferenciadas para enfrentar as situações adversas a sobrevivência, desenvolvimento e reprodução vegetal. Os dados obtidos sugerem que *N. oppositifolia* apresenta alto potencial plástico, desenvolvendo estratégias que favorecem seu desenvolvimento mesmo em ambiente limitante, evidenciado mais fortemente neste trabalho pela restinga.

Referências

- Aarssen LW, Burton SM (1990) Maternal effects at four levels of *Senecio vulgaris* (Asteraceae) grown on a soil nutrient gradient. **American Journal of Botany** 77: 1231-1240
- Araujo DSD (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, RJ.
- Araujo DSD, Lacerda LD (1987) A Natureza das restingas. **Ciência Hoje** 6: 42-48.
- Assis MA, Prata EMB, Pedroni F, Sanchez M, Eisenlohr PV, Martins FR, Santos FAM, Tamashiro JY, Alves LF, Vieira SA, Piccolo MC, Martins SC, Camargo PB, Carmo JB, Martins LFB, Simões E, Joly CA (2011) A vegetação arbórea

- da Floresta Ombrófila Densa difere entre a Restinga e as Terras Baixas na Serra do Mar? **Biota Neotropica** 11: 153-164
- Backes P e Irgang BE (2004) **Árvores da Mata Atlântica**. Porto Alegre, Souza Cruz.
- Boeger MRT, Alves LC, Negrelle RRB (2004) Leaf morphology of 89 tree species from a lowland tropical rain forest (Atlantic forest) in South Brazil. **Brazilian Archives of Biology and Technology** 47: 933-943.
- Boeger MRT, Wisniewski C, Reissmann CB (2005). Nutrientes foliares de espécies arbóreas de três estádios sucessionais de floresta ombrófila densa no sul do Brasil. **Acta Botanica Brasilica** 19: 167-181.
- Bradshaw AD (1965) Evolutionary significance of phenotypic plasticity in plants. In: Caspary EM, Thoday JM (ed) **Advances in Genetics**. New York, Academic Press, pp.115-155.
- Cardoso GL, Lomónaco C (2003) Variações fenotípicas e potencial plástico de *Eugenia calycina* Cambess. (Myrtaceae) em uma área de transição cerrado-vereda. **Revista Brasileira de Botânica** 26: 131-140.
- Cóser AC, Martins CE, Deresz F, Freitas AF, Paciullo DSC, Alencar CAB, Vítor CMT (2008) Produção de forragem e valor nutritivo do capim-elefante, irrigado durante a época seca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 43:1625-1631.
- Cunningham SA, Summerhayes B, Westoby M (1999) Evolutionary divergences in leaf structure and chemistry, comparing rainfall and soil nutrient gradients. **Ecological Monographs** 69: 569-588.
- Dickinson WC (2000) **Integrative Plant Anatomy**. Califórnia, Academic Press Inc.
- Edwards PJ, Wratten SD (1981) **Ecologia das Interações entre Insetos e Plantas**. São Paulo, EPU.
- Embrapa (2013) **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília, Embrapa.
- FATMA (2008) **Plano de Manejo do Parque Estadual do Acaraí**. Curitiba, PR, Brasil.
- Freitas FA (2006) Absorção de P, Mg, Ca e K e tolerância de genótipos de arroz submetidos a estresse por alumínio em sistemas hidropônicos. **Ciência Rural** 36: 72-79.
- Givnish TJ (1988) Adaptation to sun and shade: a whole-plant perspective. **Australian Journal of Plant Physiology** 15: 63-92.
- Gomes FH, Vidal-Torrado P, Gherardi B, Perez XLO (2007) Solos sob vegetação de restinga na ilha do Cardoso (SP). I - caracterização e classificação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** 31: 1563-1580.
- Gratani L, Covone F e Larcher W (2006) Leaf plasticity in response to light of three evergreen species of the Mediterranean maquis. **Trees** 20: 549-558.
- Hart AL, Coeville C. (1988) Differences among attributes of white clover genotypes at various levels of phosphorus supply. **Journal of Plant Nutrition** 11:189-208.
- Henriques ARP, Marcelis LFM (2000) Regulation of growth at steady – state nitrogen nutrition in lettuce (*Lactuca sativa* L.): interactive effects of nitrogen and irradiance. **Annals of Botany** 86: 1073-1080.
- Hodgson JG, Montserrat-Marti G, Charles M, Jones G, Wilson P, Shipley B, Sharafi M, Cerabolini BEL, Cornelissen JHC, Band SR, Bogard A, Castro-Díez P, Guerrero-Campo J, Palmer C, Pérez-Rontomé MC, Carter G, Hynd A, Romo-Díez A, Espuny LT, Pla, FR (2011) Is leaf dry matter content a better predictor of soil fertility than specific leaf area? **Annals of Botany** 108: 1337-1345.
- Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) (2014) **Dados Meteorológicos**, disponível em: <http://www.inmet.gov.br/sonabra/pg_dspDadosCodigo.php?QTg2Mg==>. Acesso em fevereiro 2014.
- Kelly J, Jose S, Nichols JD, Bristow M (2009) Growth and physiological response of six Australian rainforest tree species to a light gradient. **Forest Ecology and Management** 1: 287-293.
- Knie JLW (2002) **Atlas Ambiental da Região de Joinville, complexo hídrico da Baía da Babitonga**. Florianópolis, FATMA/GTZ., Fundação do Meio Ambiente de Santa Catarina.
- Larcher W (2000) **Ecofisiologia Vegetal**. São Carlos, RiMa.
- Leão ZMAN, Dominguez JML (2000) Tropical coast of Brazil. **Marine Pollution Bulletin** 41:112-122.
- Legendre P, Legendre L (1998) **Numerical Ecology**. Amsterdam, Elsevier Science.
- Lorenzi H (1992) **Árvores Brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa, Plantarum.
- Lü XT, Freschet GT, Flynn DFB, Han XG (2012) Plasticity in leaf and stem nutrient resorption proficiency potentially reinforces plant–soil feedbacks and microscale heterogeneity in a semi-arid grassland. **Journal of Ecology** 100: 144-150.
- Meziani D, Shipley B (1999). Interacting determinants of specific leaf area in 22 herbaceous species: effects of irradiance and nutrient availability. **Plant, Cell and Environment** 22: 447-459.
- Mooney HA, Björkman O, Collatz GJ (1978) Photosynthetic acclimation to temperature in the desert shrub, *Larrea divaricata*: I. Carbon dioxide exchange characteristics of intact leaves. **Plant Physiology** 61: 406-410.
- Moraes RM, Delitti WBC, Struffaldi-De-Vuono Y (1999) Litter fall and litter nutrient content two Brazilian Tropical Forest. **Revista Brasileira de Botânica** 50: 163-173.
- Nolla A, Schlindwein JA, Anghinoni I (2007) Crescimento, morfologia radicular e liberação de compostos orgânicos por plântulas de soja em função da atividade de alumínio na solução do solo de campo natural. **Revista Ciência Rural** 37: 97-101.
- Oliveira EA, Carmello QAC, Antonio HA (2001) Disponibilidade de potássio e suas relações com cálcio e magnésio em soja cultivada em casa-de-vegetação. **Scientia Agricola** 58: 329-335.
- Pedroso OM (1987) **Estudo sobre Madeiras do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, Secretaria da Agricultura e Abastecimento. Instituto de Pesquisas de Recursos Naturais Renováveis “Ataliba Paz” (Publicação IPRNR; n. 20)
- Prior L, Eamus D, Bowman DMJS (2003) Leaf attributes in these seasonally dry tropics: a comparison of four habitats in northern Australia. **Functional Ecology** 17: 504-515.
- Rizzini CT (1997) **Tratado de Fitogeografia do Brasil**. Rio de Janeiro, Âmbito Cultural.
- Ronquim CC (2010) **Conceitos de Fertilidade do Solo e Manejo Adequado para as Regiões Tropicais**. Campinas, Embrapa monitoramento por satélite. Boletim de pesquisas e desenvolvimento 8.
- Roscoe R, Mercante S, Salton JC (2006) **Dinâmica de matéria orgânica do solo em sistemas conservacionistas**. Embrapa Agropecuária Oeste.
- Sampaio RA, Silva LG, Costa CA, Fernandes LA, Guilherme DO (2009) Caracterização qualitativa e quantitativa de metais pesados em alface adubada com composto de lixo urbano. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** 13: 948-954.
- Sanchez PA, Logan TJ (1992) Myths and Science about the chemistry and fertility of soils in the tropics. In: Lal R, Sanchez PA (ed) **Myths and Science of Soils of the Tropics**. Madison, SSSA Spec. p.35-46.
- Scarano FR, Duarte HM, Rôças G, Barreto SMB, Amado EF, Reinert F, Wendt R, Mantovani A, Lima HRP, Barros CF (2002) Acclimation or stress syntom? An integrated study of intraespecific variation in the clonal plant *Aechmea bromeliifolia*, a widespread CAM tank-bromeliad. **Botanical Journal of the Linnean Society** 140: 391-401.
- Silva AA, Delatorre CA (2009) Root architecture modification in response to phosphorus and nitrogen availability. **Revista de Ciências Agroveterinárias** 8: 152-163.

- Silva BAO da, Ferreira DM, Macedo M, Andrade P (2008) **Elementos de Ecologia e Conservação**. Rio de Janeiro, Fundação CECIERJ.
- Sultan S (2000) Phenotypic plasticity for plant development, function and life history. **Trends in Plant Science** 5: 537-542.
- Sultan, SE (1995) Phenotypic plasticity and adaptation. **Acta Botanica Neerlandica** 44:363-383.
- Valladares F, Sanchez-gomez D, Zavala MA (2006) Quantitative estimation of phenotypic plasticity: bridging the gap between the evolutionary concept and its ecological applications. **Journal of Ecology** 94: 1103-1116.
- Valladares F, Wright SJ, Lasso E, Kitajima K, Pearcy RW (2000) Plastic phenotypic response to light of 16 congeneric shrubs from a Panamanian rainforest. **Ecology** 81: 1925-1936.
- Vibrans AC, Sevegnani L, Gasper AL, Lingner DV (2012) **Inventário Florístico Florestal de Santa Catarina: diversidade e conservação dos remanescentes florestais**. Blumenau, Edifurb.
- Vibrans AC, Sevegnani L, Gasper AL, Lingner DV (2013a) **Inventário Florístico Florestal de Santa Catarina: Floresta Ombrófila Mista**. Blumenau, Edifurb.
- Vibrans AC, Sevegnani L, Gasper AL, Lingner DV (2013b) **Inventário Florístico Florestal de Santa Catarina: Floresta Ombrófila Densa**. Blumenau, Edifurb.
- Witkowski ETF, Lamont BB (1991) Leaf specific mass confounds leaf density and thickness. **Oecologia** 88: 486-493.
- Wright SJ (2002) Plant diversity in tropical forests: a review of mechanisms of species coexistence. **Oecologia** 130: 1-14.
- Zar JH (1999) **Biostatistical Analysis**. New Jersey, Prentice Hall.
- Ziglio CM, Miyazawa M, Pavan, MA (1999) Formas orgânicas e inorgânicas de mobilização do cálcio no solo. **Brazilian Archives of Biology and Technology** 42: 257-262.