

Aspectos nutricionais na vegetação de manguezal do estuário do Rio Mucuri, Bahia, Brasil

GERALDO ROGÉRIO FAUSTINI CUZZUOL^{1,2} e ANDRÉA CAMPOS¹

(recebido: 24 de novembro de 1999; aceito: 4 de abril de 2001)

RESUMO - (Aspectos nutricionais na vegetação do manguezal do estuário do Rio Mucuri, Bahia, Brasil). A existência de zonas monoespecíficas é característica no manguezal do rio Mucuri, BA, onde *Laguncularia racemosa* L. e *Rhizophora mangle* L. ocupam locais sob maior influência da maré e *Avicennia germinans* L. está restrita a locais de salinidade mais baixa. A vegetação neste manguezal é classificada em bosques ribeirinhos (margem do rio) e bosques de bacia (interior). Parâmetros físicos e químicos do sedimento e suas relações com a concentração dos nutrientes foliares foram associados à distribuição das espécies estudadas. Os resultados mostraram que *A. germinans* dominou sítios com menores valores de pH, de salinidade, de carga de troca catiônica e de silte e alto teor de argila, quando comparada às outras duas espécies estudadas. O substrato de *R. mangle* caracterizou-se pelos maiores teores de matéria orgânica e pela sua constituição arenosa fina. Quanto às frações granulométricas do solo, no bosque ribeirinho predominam a constituição arenosa e, no de bacia, a argilosa. Sedimentos sob *A. germinans* e *R. mangle* revelaram menores e maiores teores de macronutrientes, respectivamente, especialmente as bases trocáveis (K, Ca e Mg). Espécies restritas a sítios mais ricos em macronutrientes apresentaram menor concentração foliar desta classe de elementos químicos. Nesse aspecto, *A. germinans* acumulou maiores teores de macronutrientes enquanto *L. racemosa* e, especialmente, *R. mangle* foram mais ricas em micronutrientes. Apesar de se desenvolver em substratos mais ricos em Mn, *L. racemosa* acumulou o menor teor foliar desse elemento. Os valores baixos do fator de concentração de Fe e de Zn em *R. mangle* e de Mn em *L. racemosa* sugerem que essas espécies sejam melhor adaptadas a sítios com maiores concentrações desses micronutrientes.

ABSTRACT - (Nutritional aspects of mangrove vegetation of the Mucuri river estuary, Bahia, Brazil). The existence of monospecific zones is characteristic of mangroves of the river Mucuri, BA, where *Laguncularia racemosa* L. and *Rhizophora mangle* L. occupy regions under higher influence of the tide and *Avicennia germinans* L. is limited to places with lower salinity. The mangrove vegetation can be classified in riverine forests (margin of the river) and basin forests (interior). Physico-chemical parameters of the sediment and their relationship with the concentration of foliar nutrients were related to the distribution of the species. The results showed that *A. germinans* dominates sites with lower pH, salinity, charge for cationic exchange and silt values and higher clay content than the other two species. The substrate of *R. mangle* was characterised by higher organic matter and fine sandy structure. Regarding the soil, the riverine and the basin forests presented sandy and loamy soils, respectively. Sediments of *A. germinans* showed the lowest macronutrient contents while *R. mangle* showed the highest ones, mainly in the cationic exchanges (K, Ca and Mg). Species restricted to the sites with high macronutrient contents showed lower foliar concentration of chemical elements. *A. germinans* accumulated higher macronutrient content while *L. racemosa* and specially *R. mangle* were higher in micronutrient. Despite of growing in richer substrate in Mn, *L. racemosa* accumulated the smallest contents of this element in leaves. The low values of Fe and Zn concentration factor in *R. mangle* and of Mn in *L. racemosa* suggest that these species are more adapted to the occupation of sites with larger concentrations of those micronutrients.

Key words - Mangrove, minerals, zonation, *Avicennia germinans*, *Laguncularia racemosa*, *Rhizophora mangle*

Introdução

O manguezal do estuário do Rio Mucuri, BA, caracteriza-se pela vegetação formando zonas monoespecíficas, com *Laguncularia racemosa* L. e *Rhizophora mangle* L. ocupando a parte inferior do estuário, sob maior influência das marés, e *Avicennia germinans* L. restringindo-se a locais próximos à parte superior do estuário (CEPEMAR 1996).

O estudo da distribuição das espécies vegetais no ecossistema manguezal é tarefa bastante laboriosa devido à diversidade de regiões onde se instalou esse ecossistema no globo terrestre (Tomlinson 1986). Assim, uma descrição do manguezal em uma dada região pode ser contraditória a partir de uma análise de região adjacente, pois os fatores ambientais sofrem variações significativas em função da posição geográfica.

Grande parte dos trabalhos sobre zonação de espécies halófitas tem-se limitado ao estudo das condições físicas do ambiente. Adams (1963) considerou que a flutuação da maré poderia ser o fator determinante da zonação de espécies vegetais.

1. Universidade Federal do Espírito Santo, Departamento de Biologia, 29060-900 Vitória, ES, Brasil.
2. Autor para correspondência: gcuzzuol@smtg-gw.ibot.sp.gov.br

Entretanto, Eleuterius (1979), citado por Tomlinson (1986), alegou que as relações hídricas são complexas e envolvem outros fatores, tais como as propriedades físicas do solo. Segundo Tomlinson (1986), a composição do substrato parece ser o indicativo mais preciso na determinação da distribuição das espécies de manguezais.

O pH e o teor de matéria orgânica também têm sido apontados como possíveis contribuintes da zonação. No entanto, em manguezais, o pH e a matéria orgânica são medidas extremamente variáveis, sujeitas às variações das marés. Portanto, não determinam a ocorrência de agrupamentos vegetais, ficando a posição relativa das espécies vegetais dependente de outros fatores, como a salinidade e composição mineralógica do sedimento (Odum 1988).

O parâmetro mais usualmente considerado na distribuição das espécies de manguezal tem sido a salinidade devido à facilidade do método. Trabalhos como o de Soto & Jiménez (1982) têm demonstrado uma estreita relação da distribuição das espécies de manguezal com o gradiente salino do solo.

Vince & Snow (1984) alegaram que a zonação não poderia ser atribuída somente aos fatores físicos do ambiente, havendo necessidade de considerar os fatores químicos tais como as relações nutricionais do substrato. Estudos como os de Nickerson & Thibodeau (1985) têm demonstrado que os níveis nutricionais do solo são identificados como um dos grandes fatores limitantes da composição florística e da distribuição de plantas de manguezal, e que as propriedades físicas e químicas do solo podem refletir-se nas concentrações dos nutrientes foliares (Vitousek & Sanford 1986, Vitousek 1984). As interações nutricionais vinculadas a outros componentes da comunidade compreendem pontos-chave na investigação da distribuição de espécies vegetais (Whitmore 1989).

Considerando a diversidade de fatores relacionados com a zonação em um ecossistema tão complexo como o de manguezal, a aplicação de uma análise multifatorial torna-se desejável para uma interpretação mais precisa sobre a distribuição de espécies vegetais nesse tipo de ambiente. Lugo (1980), citado por Tomlinson (1986), listou cerca de 35 fatores ambientais envolvidos na zonação da vegetação de manguezal. Se, por um lado, a análise

multifatorial é pertinente para esse tipo de estudo, o número elevado de fatores pode dificultar na interpretação dos resultados.

Dentro desse contexto, foi realizado um levantamento detalhado das propriedades físicas e químicas do sedimento e suas relações com o balanço dos nutrientes foliares visando identificar os fatores limitantes da distribuição das espécies *A. germinans*, *L. racemosa* e *R. mangle* no manguezal do Rio Mucuri, BA.

Material e métodos

O manguezal do Rio Mucuri localiza-se ao sul do estado da Bahia, no Município de Mucuri (18°06'00" S e 39°33'30" W). Neste ecossistema, a diversidade vegetal é pequena tendo sido relatada a presença das espécies *Avicennia germinans* L., em locais mais próximo da parte superior do estuário, e *Laguncularia racemosa* L. e *Rhizophora mangle* L., na parte inferior do estuário (CEPEMAR 1996). A vegetação desse manguezal é constituída de bosques ribeirinhos, os quais margeiam rios e canais, e bosques de bacia, localizados na porção mais interna do mangue, segundo classificação de Cintrón *et al.* (1980). Variações na estrutura da vegetação e nas propriedades físicas do sedimento têm sido descritas para esses dois tipos de bosques com ocorrência de melhor desenvolvimento estrutural no bosque ribeirinho, uma vez que esse local está sujeito ao fluxo diário de maré, maior aporte de água doce, disponibilidade de nutrientes e de matéria orgânica (Cintrón *et al.* 1980).

Foram considerados três sítios experimentais: sítio 1 com predomínio de *Laguncularia racemosa*; sítio 2 com predomínio de *Rhizophora mangle* e sítio 3, com *Avicennia germinans*. Cada sítio foi dividido em duas subparcelas: uma de bosque ribeirinho e outra de bosque de bacia, para análise química das folhas e análise física e química do sedimento.

Em cada sítio foram selecionadas dez árvores, sendo cinco localizadas no bosque ribeirinho e cinco no bosque de bacia distante 250 m da margem do rio e, então, coletadas amostras do sedimento e de folhas no mês de novembro de 1997. Para cada árvore foram coletadas cerca de 0,5 kg do sedimento da rizosfera e de 50 folhas adultas e verdes do terceiro par de folhas dos ramos basais marginais.

As folhas foram acondicionadas em isopor com gelo e, juntamente com as amostras do sedimento, foram conduzidas ao laboratório de Análise de Solos e de Plantas do Centro de Pesquisa e Desenvolvimento Norte da Empresa Capixaba de Pesquisa Agropecuária (EMCAPA), localizado no município de Linhares/ES, para as determinações de macro e micronutrientes, teor de matéria orgânica (MO) e granulometria dos sedimentos. Os métodos utilizados para essas análises estão pormenorizadamente descritos em Bataglia *et al.* (1983) e EMBRAPA (1997).

As medidas de pH foram realizadas *in situ* na rizosfera saturada de água de cada árvore, utilizando-se pHmetro portátil digital Imbracrios PM 600 (Brasil). Concomitantemente, mediram-se a salinidade (S⁰/∞) e a temperatura (t °C) do

sedimento com refratômetro da American Optical Corporation (USA) e termômetro de solo, respectivamente.

A partir dos resultados das análises químicas, foram calculadas a capacidade de troca catiônica (CTC), a soma de bases trocáveis (S), a percentagem de saturação por bases (V) no sedimento, e determinado o fator de concentração (FC) dos nutrientes segundo Salisbury & Ross (1992), sendo a concentração foliar (ppm) dividida pela concentração da rizosfera (ppm). Os macronutrientes foram expressos em $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ para o sedimento e em $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ para folhas.

O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados em esquema de parcela subdividida, com espécie na parcela e os bosques ribeirinho e de bacia na subparcela, com cinco repetições.

As médias dos valores das análises físicas e químicas dos bosques, em cada sítio, foram comparadas pelo teste Duncan a 5%, aplicando-se o programa computacional SAS (Statistical Analysis System, 1992). Os dados em percentagem foram transformados em arco seno da raiz quadrada do teor do elemento/100 [$\arcsin(\sqrt{x})\cdot 100^{-1}$] para comparação interespecífica e entre os bosques ribeirinho e de bacia.

Resultados

Análises sedimentológicas - Observou-se uma tendência das frações inorgânicas obedecerem a uma ordem decrescente de concentração: argila > silte > areia fina > areia grossa para *A. germinans* e *L.*

racemosa; e areia fina > silte > argila > areia grossa para *R. mangle* (tabela 1). Assim, o substrato de *A. germinans* e *L. racemosa* é de constituição argilosa enquanto *R. mangle*, arenosa. Ficou demonstrado que, se por um lado o bosque ribeirinho é mais rico em areia fina, o bosque de bacia é mais rico em argila nos três sítios experimentais.

O sedimento do manguezal do rio Mucuri pode ser considerado ligeiramente ácido a neutro, com valores de pH (sedimento superficial - rizosfera) das três espécies vegetais variando de 6,5 a 7,7 (tabela 1). Em comparação aos valores observados na rizosfera de *A. germinans*, os valores de pH em *R. mangle* e *L. racemosa* foram maiores (tabela 1).

A temperatura é considerada uma variável de pequena amplitude em substrato de manguezal, como foi constatado neste trabalho. Na rizosfera das três espécies vegetais, a temperatura foi equivalente, com valor médio de 26 °C, sem diferença significativa para os dois tipos de bosques.

No manguezal de Mucuri, *R. mangle* e *L. racemosa* dominaram sítios com salinidade mais elevada, enquanto *A. germinans* dominou naqueles com menor salinidade. No sítio onde *A. germinans*

Tabela 1. Valores médios de parâmetros físicos e químicos da rizosfera de *Avicennia germinans*, *Laguncularia racemosa* e *Rhizophora mangle* no bosque ribeirinho e no bosque de bacia da vegetação do manguezal do estuário do Rio Mucuri, BA. Nas linhas, as letras maiúsculas comparam as médias de cada espécie entre os bosques e as letras minúsculas comparam as médias entre as espécies no mesmo bosque ($p < 5\%$). Os valores que seguem as médias representam o desvio-padrão e o CV representa o coeficiente de variação. t °C = temperatura, S‰ = salinidade, MO = matéria orgânica, S = soma de bases trocáveis, CTC = capacidade de troca catiônica, V = percentagem de saturação por bases.

Parâmetros analisados	Bosque ribeirinho			Bosque de bacia			CV (%)
	<i>A. germinans</i>	<i>L. racemosa</i>	<i>R. mangle</i>	<i>A. germinans</i>	<i>L. racemosa</i>	<i>R. mangle</i>	
($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)							
Areia grossa	5,4 ± 3,0 a	5,4 ± 2,9 a	15,4 ± 4,8 b	4,6 ± 0,8 a	8,3 ± 4,1 a	12,6 ± 1,6 b	36,4
Areia fina	28,5 ± 4,1 Bb	16,6 ± 2,6 a	36,4 ± 4,1 Bc	15,9 ± 2,8 Aa	17,8 ± 3,5 a	28,8 ± 6,0 Ab	13,7
Silte	21,2 ± 1,9 a	33,3 ± 6,2 Bb	27,7 ± 6,8 ab	24,6 ± 5,2 a	23,8 ± 1,8 Aa	30,2 ± 4,9 a	18,4
Argila	45,1 ± 7,1 Ab	44,7 ± 5,6 b	22,5 ± 5,5 Aa	54,8 ± 5,8 Bb	48,0 ± 6,4 b	28,5 ± 3,4 Ba	14,9
pH	6,5 ± 0,2 a	7,5 ± 0,2 b	7,5 ± 0,6 b	6,9 ± 0,3 a	7,7 ± 0,4 a	7,4 ± 0,1 a	6,3
t °C	26,0 ± 0,4 a	26,2 ± 0,3 a	27,6 ± 1,4 a	26,0 ± 0,8 A	27,0 ± 0,3 a	25,9 ± 2,1 a	5,4
S‰	13,3 ± 3,2 a	32,0 ± 1,0 b	29,6 ± 2,0 b	10,5 ± 1,5 a	31,0 ± 3,2 b	29,8 ± 1,8 b	7,8
MO ($\text{g}\cdot\text{dm}^{-3}$)	26,2 ± 2,1 Aa	25,6 ± 6,2 a	63,1 ± 8,8 b	32,4 ± 5,6 Ba	28,5 ± 4,5 a	65,2 ± 3,6 b	6,7
S	12,4 ± 1,3 Aa	20,7 ± 1,3 b	31,1 ± 2,5 Bc	14,2 ± 0,8 Ba	20,3 ± 1,3 b	28,8 ± 1,3 Ac	6,1
CTC ($\text{mmol}\cdot\text{dm}^{-3}$)	148,3 ± 12,6 Aa	207,6 ± 13,9 b	311,2 ± 25,1 Bc	175,5 ± 11,9 Ba	203,8 ± 13,6 b	288,6 ± 13,1 Ac	6,2
V	81,6 ± 6,6	96,0 ± 0,5	93,2 ± 3,6 b	81,6 ± 7,1 a	96,6 ± 0,5 b	89,6 ± 4,0 b	6,1

é a espécie dominante, o valor da salinidade ficou em torno de 12‰ enquanto nos sítios onde *L. racemosa* e *R. mangle* predominam, os valores foram equivalentes ficando entre 29,6‰ e 32‰, sem variações significativas entre os bosques ribeirinho e o de bacia (tabela 1).

Quanto à matéria orgânica, o sedimento de *R. mangle* apresentou maior valor (63 e 65 g.dm⁻³) sem diferença significativa entre os bosques.

A análise química do sedimento revelou que, em *L. racemosa* e *R. mangle*, há um aumento na S, CTC e V (tabela 1) determinado pelos altos valores de bases trocáveis (K, Ca e Mg).

Quanto aos nutrientes, as análises químicas permitiram concluir que *R. mangle* e *A. germinans* apresentaram os sedimentos de maior e menor concentração de macronutrientes, respectivamente, e *L. racemosa*, o de valor intermediário. O sedimento de *L. racemosa* caracterizou-se pelo mais alto nível de Mn enquanto que os sedimentos de *A. germinans* e *R. mangle* destacaram-se pelo mais elevado nível de Fe (tabela 2). De maneira geral, o bosque de bacia acumulou maiores teores dos elementos químicos, principalmente no sítio de *L. racemosa*. O sedimento deste ecossistema apresentou baixa concentração de P, Cu e Zn, com valores muito baixos para os dois últimos elementos. De maneira geral, a concentração de nutrientes do sedimento deste manguezal segue a ordem decrescente: Fe > Ca > Mg > K > Mn > P > Zn > Cu.

Análises foliares - Apesar das três espécies estudadas possuírem, qualitativamente, a mesma

necessidade nutricional, diferem entre si na proporção e concentração interna dos teores dos elementos minerais, principalmente quanto às bases trocáveis (tabela 3). Entre os macronutrientes, o N foi o elemento de maior concentração, enquanto que o P e o S foram os de menor concentração, e as bases trocáveis apareceram com valores intermediários. A composição mineral foliar das espécies do manguezal de Mucuri diferiram entre si nas concentrações das bases trocáveis que seguiu a ordem K > Mg > Ca em *A. germinans*, Ca > Mg > K em *L. racemosa* e Ca > Mg > K em *R. mangle*. As relações nutricionais denotam que espécies restritas a sítios mais ricos em macronutrientes mostraram menor concentração foliar desta classe de elementos químicos. Nesse aspecto, *A. germinans* acumulou maiores teores de macronutrientes, enquanto *L. racemosa* e *R. mangle* diferiram pelos mais elevados níveis de micronutrientes, especialmente *R. mangle*. Tal comportamento foi similar nos dois bosques. Ainda quanto aos micronutrientes, *A. germinans* e, em especial, *R. mangle* destacaram-se pela maior concentração de Mn foliar, enquanto *L. racemosa*, pela maior concentração de Fe.

A relação P/N não variou entre os dois bosques, sendo que o maior valor ocorreu nos sedimentos da espécie *L. racemosa* (0,13), enquanto em *A. germinans* e *R. mangle* os valores foram de 0,08 e 0,06, respectivamente (dados não apresentados). *R. mangle* teve menor relação P/N, pois, além de menores concentrações de P, apresentou maiores teores de N, quando comparada a *L. racemosa*.

Tabela 2. Valores médios de nutrientes (mg.dm⁻³) da rizosfera de *Avicennia germinans*, *Laguncularia racemosa* e *Rhizophora mangle* no bosque ribeirinho e no bosque de bacia da vegetação do manguezal do estuário do rio Mucuri, BA. Nas linhas, as letras maiúsculas comparam as médias de cada espécie entre os bosques e as letras minúsculas comparam as médias entre as espécies no mesmo bosque (p < 5%). Os valores que seguem as médias representam o desvio-padrão e o CV representa o coeficiente de variação.

Nutrientes (mg.dm ⁻³)	Bosque ribeirinho			Bosque de bacia			CV (%)
	<i>A. geminans</i>	<i>L. racemosa</i>	<i>R. mangle</i>	<i>A. geminans</i>	<i>L. racemosa</i>	<i>R. mangle</i>	
P	27,2 ± 1,9 a	28,8 ± 2,5 Aa	28,0 ± 1,8 a	24,8 ± 3,8 a	32,4 ± 2,8 B	24,6 ± 3,5 a	9,2
K	444,2 ± 30,4 a	592,4 ± 49,1 Ab	802,3 ± 69,0 c	522,1 ± 52,6 a	737,8 ± 77,0 Bb	740,6 ± 66,3 b	9,3
Ca	848,6 ± 0,6 a	1660,1 ± 0,7 Ab	3024,5 ± 2,6 Ac	952,2 ± 0,6 a	1692,8 ± 0,5 Bb	392,4 ± 1,7 Bc	11,4
Mg	820,7 ± 0,4 a	1276,4 ± 0,6 b	1681,2 ± 2,4 c	971,5 ± 0,7 a	1212,0 ± 0,5 b	1837,2 ± 1,2 c	8,2
Cu	1,5 ± 0,1 c	0,8 ± 0,2 Aa	1,0 ± 0,1 b	1,5 ± 0,1 c	1,2 ± 0,1 Bb	1,00 ± 0,2 a	11,1
Fe	2046,6 ± 283,7b	1621,9 ± 234,1a	2445,5 ± 240,6b	2269,7 ± 135,3b	1666,3 ± 80,4 a	2246,8 ± 412,6b	12,9
Mn	28,8 ± 34,4 Aa	243,9 ± 37,4 Ab	21,4 ± 5,7 Aa	56,0 ± 32,7 Ba	320,1 ± 45,5 Bb	57,4 ± 40,5 Ba	36,2
Zn	8,54 ± 0,9 b	5,3 ± 0,8 a	8,5 ± 0,9 b	9,1 ± 0,4 b	5,4 ± 0,7 a	8,2 ± 1,1 b	11,8

Tabela 3. Valores médios de macronutrientes (g.kg^{-1}) e micronutrientes (mg.kg^{-1}) em folhas de *A. germinans*, *L. racemosa* e *R. mangle* no bosque ribeirinho e no bosque de bacia da vegetação do manguezal do estuário do Rio Mucuri, BA. Nas linhas, as letras maiúsculas comparam as médias de cada espécie entre os bosques e as letras minúsculas comparam as médias entre as espécies no mesmo bosque ($p < 5\%$). Os valores que seguem as médias representam o desvio-padrão e o CV representa o coeficiente de variação.

Nutrientes	Bosque Ribeirinho			Bosque de bacia			CV %
	<i>A. germinans</i>	<i>L. racemosa</i>	<i>R. mangle</i>	<i>A. germinans</i>	<i>L. racemosa</i>	<i>R. mangle</i>	
(g.kg^{-1})							
N	22,6 ± 0,6 c	10,7 ± 1,3 a	12,5 ± 0,4 b	21,4 ± 0,2 c	10,7 ± 1,5 a	12,7 ± 0,6 b	4,6
P	1,9 ± 0,1 c	1,3 ± 0,3 Ab	0,8 ± 0,1 a	1,8 ± 0,1 c	1,6 ± 0,2 Bb	1,0 ± 0,1 a	5,9
K	11 ± 1,5 b	3,3 ± 0,5 A	3,4 ± 0,4 a	10,8 ± 1,7 c	5,2 ± 0,8 b	4,2 ± 0,8 a	8,6
Ca	3,2 ± 0,1 a	5,1 ± 0,6 b	6,1 ± 0,6 c	3,3 ± 0,1 a	5,3 ± 0,7 b	7,4 ± 0,9 c	6,3
Mg	6,4 ± 0,7 Ac	3,8 ± 0,3 a	5,1 ± 0,8 Ab	7,7 ± 0,7 Bc	3,6 ± 0,8 a	6,1 ± 0,7 Bb	7,2
S	1,7 ± 0,1 a	2,1 ± 0,2 Ab	2,1 ± 0,1 b	2,1 ± 0,1 a	2,6 ± 0,2 Bb	2,5 ± 0,5 b	6,2
(mg.kg^{-1})							
Cu	3,8 ± 0,4 Ab	2,0 ± 0,0 a	2,0 ± 0,0 a	4,8 ± 0,8 Bb	2,0 ± 0,0 a	2,0 ± 0,0 a	10,4
Fe	145,0 ± 27,3 Ab	589,2 ± 65,9 c	80,0 ± 8,8 a	203,6 ± 9,7 Bb	538,8 ± 28,3 c	83,2 ± 9,41 a	14,3
Mn	218,6 ± 38,8 b	98,0 ± 14,4 a	860,0 ± 69,6 c	247,0 ± 53,3 b	93,0 ± 13,1 a	817,4 ± 79,0 c	15,8
Zn	22,6 ± 2,0 c	14,0 ± 1,2 b	5,0 ± 0,0 a	22,8 ± 2,1 c	12,0 ± 1,8 b	5,0 ± 0,0 a	8,0

Pelo fato de *A. germinans* encontrar-se em local de baixa salinidade, esperava-se um maior nível de Ca interno, uma vez que a absorção deste elemento é controlada, de forma antagônica, pelo nível de Na do sedimento. No entanto, *A. germinans* teve mais baixo nível de Ca e, por outro lado, apresentou maior concentração dos demais macronutrientes, enquanto *R. mangle* apresentou maior concentração de micronutrientes. Comparando os dois bosques, pode-se verificar que no bosque de bacia *A. germinans* acumulou Mg, Cu e Fe, *L. racemosa*, P e *R. mangle*, Mg.

Os micronutrientes com concentração foliar inferior à concentração do sedimento revelaram valores de FC menor que 1 (tabela 4). Acúmulos de

Mn em *L. racemosa* e de Fe e Zn em *R. mangle* foram constatados em ambos os bosques deste manguezal.

Discussão

Mesmo havendo referências de que o pH não determina a ocorrência de agrupamentos vegetais devido às variações de maré (Odum 1988), esse fator foi considerável na distribuição de espécies no manguezal de Mucuri, BA. Desse modo, a relação do pH e a posição das espécies vegetais estudadas nesse ecossistema, coincidem com os resultados apresentados por Tomlinson (1986) demonstrando que em sítios de pH mais elevado predominam as espécies *L. racemosa* e *R. mangle*. A concentração

Tabela 4. Fator de concentração* (FC) de *A. germinans*, *L. racemosa* e *R. mangle* no bosque ribeirinho e no bosque de bacia da vegetação do manguezal do estuário do Rio Mucuri, BA.

Nutriente	Bosque ribeirinho			Bosque de bacia		
	<i>A. germinans</i>	<i>L. racemosa</i>	<i>R. mangle</i>	<i>A. germinans</i>	<i>L. racemosa</i>	<i>R. mangle</i>
Cu	2,50	2,50	2,00	3,20	1,66	2,00
Fe	0,07	0,36	0,03	0,08	0,32	0,03
Mn	7,59	0,40	40,18	4,40	0,29	14,30
Zn	2,64	2,60	0,58	2,50	2,20	0,61

*FC foi determinado pela concentração foliar (ppm) dividida pela concentração da rizosfera (ppm).

hidrogeniônica, além de afetar a disponibilidade dos elementos, pode influenciar também o processo de absorção dos nutrientes do solo (Islam *et al.* 1980). Assim, embora o substrato de *A. germinans* possa ser classificado como pobre em macronutrientes em relação aos substratos das outras duas espécies estudadas, essa espécie acumulou mais N, P e K, possivelmente devido às boas condições do pH para a absorção, uma vez que esses elementos químicos tendem a ter absorção otimizada em pH 5,5 a 6,0 (Malavolta 1980). Além do pH, outro fator que parece estar associado à baixa absorção desses nutrientes, em *L. racemosa* e *R. mangle*, é a elevada salinidade na parte inferior do manguezal onde se instalaram essas duas espécies.

A variação de salinidade é bastante comum nos manguezais e parece ser um dos fatores limitantes na distribuição das espécies halófitas como no caso do manguezal de Mucuri, BA, com *R. mangle* e *L. racemosa* dominando sítios de maior salinidade e *A. germinans* de menor salinidade. Dessa forma, conclui-se que a salinidade pode ser considerada um dos principais fatores condicionadores da zonação da vegetação do manguezal de Mucuri, BA.

A relação do gradiente de salinidade e a posição das espécies vegetais no manguezal de Mucuri, BA, parece contraditório com aquele relatado por Soto & Jiménez (1982) em que *Rhizophora* domina em zonas de baixa salinidade e *Avicennia* em altas salinidades. Em outros estudos, como na Ponta da Daniela, em Florianópolis (Souza *et al.* 1993) não foi observada nenhuma relação entre o gradiente de salinidade e a distribuição das espécies.

Há indicações de que as espécies *L. racemosa* e *R. mangle* possuem mecanismos fisiológicos complexos tolerantes aos elevados teores de sais, envolvendo o controle de potenciais iônicos através de membranas, regulações osmóticas, atividade enzimática e síntese de proteínas (Tomlinson 1986). É considerável a relação entre a concentração salina do sedimento e o potencial osmótico dos tecidos, podendo afetar o metabolismo celular e ainda, em caso de alta salinidade, levar à redução da síntese protéica e do tamanho das folhas (Soto & Jiménez 1982, Medina & Francisco 1997), além do decréscimo na condutância estomática e na concentração intercelular de CO₂ (Lin & Sternberg 1992).

Nos três sítios experimentais analisados, a salinidade da água intersticial da rizosfera apresentou valores variando de 10,5‰ a 32‰, inferiores em relação aos constatados em outros manguezais como na Baía de Vitória, ES, cuja salinidade máxima registrada foi de 40‰ (Carmo *et al.* 1998). A salinidade pode estar relacionada às condições climáticas e edáficas. Em lugares áridos, os períodos prolongados de seca, temperaturas altas e substrato arenoso favorecem a elevação do gradiente salino (Soto & Jiménez 1982).

Observações de que salinidades mais altas coincidem com os sítios mais ricos em partículas arenosas têm sido sustentadas por Soto & Jiménez (1982) e foram constatadas, em parte, no manguezal de Mucuri, onde sítios povoados por *R. mangle* foram caracterizados por elevada salinidade e maior teor de areia fina. Por outro lado, embora o sedimento de *L. racemosa* também tenha apresentado alta salinidade, a constituição granulométrica predominante não foi arenosa e sim, argilosa.

Espécies de manguezal, principalmente aquelas pertencentes ao gênero *Rhizophora*, acumulam maior teor de matéria orgânica (Twilley *et al.* 1995). López-Portillo & Ezcurra (1989) e Carmo *et al.* (1998) também encontraram alto teor de MO em sedimento de *Rhizophora* em manguezal no México e em Vitória, respectivamente. Em geral, os manguezais apresentam teores de 10 a 40 g.dm⁻³ desse componente sedimentológico. De acordo com Souza *et al.* (1993), há uma relação direta entre percentuais de MO e teores de areia, o que foi confirmado em parte no manguezal de Mucuri, BA. Segundo Souza *et al.* (1993) *Laguncularia* e *Rhizophora* ocupam substrato arenoso e *Avicennia*, aqueles de constituição argilosa. Porém, no manguezal de Mucuri, BA, *L. racemosa* ocupa, preferencialmente, terreno argiloso.

A alta concentração catiônica encontrada nos sedimentos de *L. racemosa* e *R. mangle* nesse manguezal, pode ser relacionada aos valores de MO (Lacerda *et al.* 1983). A CTC, definida pela capacidade que os colóides do substrato possuem para reter e trocar cátions com a solução do solo, é diretamente dependente da quantidade de cargas negativas dadas pelos colóides argilosos (Malavolta 1980). Assim, os baixos valores de CTC encontrados

em *A. germinans*, em relação às outras duas espécies, parecem estar relacionados à constituição argilosa do sedimento onde se desenvolve esta espécie.

Diferenças quanto à constituição química foliar podem ocorrer entre as plantas dos diferentes e/ou mesmos tipos de ecossistemas (Orians *et al.* 1995). Essas diferenças foram marcantes no manguezal de Mucuri, BA, quando comparado aos manguezais de outras localidades. Embora a proporção da concentração dos macronutrientes foliares seja similar à de outros manguezais, com algumas diferenças interespecíficas, Lacerda *et al.* (1986) encontraram a mesma ordem de concentração: $K > Mg > Ca$ para *A. schaueriana*, *L. racemosa* e *R. mangle* em manguezal do litoral sul do Brasil.

O baixo acúmulo foliar de Mn em *L. racemosa* e de Fe mais Zn em *R. mangle* permitiu a Lacerda *et al.* (1988) inferirem que o substrato onde se desenvolvem estas duas espécies possui alta capacidade de retenção desses micronutrientes. Já Twilley *et al.* (1995) sugerem que *L. racemosa* e *R. mangle* são dotadas de mecanismos de absorção radicular controladores da concentração interna dos micronutrientes e, por isso, encontram-se mais adaptadas a ambientes ricos nessa classe de elementos químicos. De acordo com esses autores, o sedimento ocupado por *L. racemosa* e *R. mangle* possui a capacidade de acumular e imobilizar os macronutrientes, principalmente o nitrogênio, afetando diretamente a fertilidade do solo. Tal efeito pode ser constatado no manguezal de Mucuri, BA, ao se analisarem as baixas concentrações internas de N, P e K nessas duas espécies. Efeito contrário foi observado no sítio de *A. germinans*.

Os baixos teores de N foliar de *L. racemosa* e *R. mangle*, em relação a *A. germinans*, indicam que o substrato das duas primeiras espécies teria baixo teor de nitrogênio, pois alterações físicas e químicas no substrato geram baixa fertilidade por escassez de N quando a salinidade é elevada (Clarke & Hannon 1967 citados por López-Portillo & Ezcurra 1989).

A aeração do solo também tem sido apontada como fator determinante na distribuição de espécies de manguezal (Nickerson & Thibodeau 1985). Locais sujeitos às variações da maré possuem solos anaeróbicos e redutores combinados com elevados teores de MO, como foi constatado no sedimento de *R. mangle*. Desse modo, essa espécie parece ser mais

adaptada à parte inferior do estuário, caracterizada por solos encharcados e anaeróbicos (Tomlinson 1986).

De modo geral, ficou demonstrado que as espécies estudadas possuem, quantitativamente, necessidades nutricionais diferenciadas. Nesse contexto, *A. germinans* ficou limitada a locais onde os valores dos parâmetros físicos e químicos analisados foram baixos, enquanto *L. racemosa* e *R. mangle*, em locais onde esses valores foram intermediários e maiores, respectivamente. Dessa forma, a composição dos minerais das folhas parece refletir as condições ambientais (Lacerda *et al.* 1988).

No presente trabalho ficou evidente que a ação conjunta dos parâmetros físicos e químicos do ambiente é complexa para uma conclusão mais precisa sobre a distribuição das espécies vegetais no manguezal de Mucuri, BA, pois um fator pode agir sinérgica ou antagonicamente com outros fatores (Odum 1988). Nesse sentido, condições controladas, em laboratório, poderiam viabilizar a investigação dos fatores isolados e/ou combinados, a fim de subsidiar informações relevantes sobre a zonação em manguezal.

Agradecimentos - À EMCAPA, pelas análises físicas e químicas das amostras; à Dra Lilian B. P. Zaidan e Msc. Eli Furlin, pela leitura do manuscrito e sugestões; ao pesquisador Msc. Nilton Dessoune Filho, pela colaboração nas análises estatísticas; ao Centro de Pesquisa do Mar e à Bahia Sul Celulose, pelo apoio logístico e financeiro.

Referências bibliográficas

- ADAMS, D.A. 1963. Factors influencing vascular plant zonation in North Caroline salt marshes. *Ecology* 44:445-456.
- BATAGLIA, O.C., FURLANI, A.M.C., TEIXEIRA, J.P.F., FURLANI, P.R. & GALLO, J.R. 1983. Métodos de análise química de plantas. Boletim Técnico 78. Instituto Agrônomo, Campinas.
- CARMO, T.M.S., ALMEIDA, R., OLIVEIRA, A.R. & ZANOTTI-XAVIER, S. 1998. Caracterização de um trecho do manguezal do rio da Passagem, baía de Vitória, Vitória-ES. *In* Anais do IV Simpósio de Ecossistemas Brasileiros (S. Watanabe, coord.). ACIESP, Águas de Lindóia, v.1, p.6-19.
- CEPEMAR. 1996. Monitoramento do manguezal de Mucuri-BA. (Relatório técnico final), RTF 067/96, 2v.
- CINTRÓN, G., LUGO, A.E., & MARTINEZ, R. 1980. Structural and functional properties of mangrove forests. *In* Symposium signaling the complexion of the flora of Panama. University of Panama, Panama, p.53-67.

- EMBRAPA. 1997. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solo. EMBRAPA-CNPS, Rio de Janeiro.
- ISLAM, A.K.M.S., EDWARDS, D.G. & ASHER, C.J. 1980. PH optima for crop growth. *Plant Soil* 54:339-357
- LACERDA, L.D., PFEIFFER, W.C. & FISZMAN, M. 1983. Mineral distribution and ecological role of a recently formed halophyte community in the Guanabara bay Rio de Janeiro. *Tropical Ecology* 24:162-169.
- LACERDA, L.D., REZENDE, C.E., JOSÉ, D.M.V. & FRANCISCO, M.C.F. 1986. Metallic composition of mangrove leaves from the southeastern Brazilian coast. *Revista Brasileira de Biologia* 46:395-399.
- LACERDA, L.D., JOSÉ, D.M.V. & FRANCISCO, M.C.F. 1988. Nutritional status and chemical composition of mangrove seedlings during development. *Revista Brasileira de Biologia* 48:401-405.
- LIN, G. & STERNBERG, L.S.L. 1992. Effect of growth form, salinity, nutrient and sulfide on photosynthesis, carbon isotope discrimination and growth of red mangrove (*Rhizophora mangle* L.). *Australian Journal of Plant Physiology* 19:509-517.
- LÓPES-PORTILLO, J. & EZCURRA, E. 1989. Zonation in mangrove and salt marsh vegetation at laguna de mecoacán, México. *Biotropica* 21:107-144.
- MALAVOLTA, E. 1980. Elementos de nutrição mineral de plantas. Ed. Agronômica Ceres, São Paulo.
- MEDINA, E. & FRANCISCO, M. 1997. Osmolality and ¹³C of leaf tissues of mangrove species from environments of contrasting rainfall and salinity. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 45:337-344.
- NICKERSON, N.H. & THIBODEAU, F.R. 1985. Association between water sulfide concentrations and the distribution of mangroves. *Biogeochemistry* 1:183-192.
- ODUM, E.P. 1988. *Ecologia*. Ed. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro.
- ORIAN, G.H., DIRZO, R., CUSHMAN, J.H., MEDINA, E. & WRIGHT, J.S. 1995. Tropical forests. *In* Global biodiversity assessment. Biodiversity and ecosystem function: ecosystem analyses (V.H. Heywood, ed.). Cambridge University Press, Cambridge, p.339-345.
- SALISBURY, F.B. & ROSS, C.W. 1992. *Plant physiology*. 4ed. Wadsworth Publishing Company, Belmont.
- SAS INSTITUTE INC. 1992. Statistical analysis system. Release 6.08, (software). Cary.
- SOTO, R. & JIMÉNEZ, J.A. 1982. Análisis fisionómico estructural del manglar de Puerto Soley, La Cruz, Guanacaste, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical* 30:161-168.
- SOUZA, M.L.R., FALKENBERG, D.B., AMARAL, L.G., FRONZA, M., ARAUJO, A.C. & SÁ, M.R. 1993. Vegetação do pontal da Daniela, Florianópolis, SC, Brasil. II. Fitossociologia do manguezal. *Ínsula* 22:107-142.
- TOMLINSON, P.B. 1986. *The botany of mangroves*. Cambridge University Press, Cambridge.
- TWILLEY, R.R., SNEDAKER, S.C., YÁÑEZ-ARANCIBIA, A. & MEDINA, E. 1995. Mangrove systems. *In* Global biodiversity assesment. Biodiversity and ecosystem function: ecosystem analyses (V.H. Heywood, ed.). Cambridge University Press, Cambridge, p.387-393.
- VINCE, S.W. & SNOW, A.A. 1984. Plant zonation in Alaskan salt marsh. I: Distribution, abundance and environmental factors. *Journal of Ecology* 72:651-667.
- VITOUSEK, P.M. 1984. Litterfall, nutrient cycling and nutrient limitation in tropical forests. *Ecology* 65:285-98.
- VITOUSEK, P.M. & SANFORD, R.L. 1986. Nutrient cycling in moist tropical forest. *Annual Review of Ecology and Systematics* 17:137-167.
- WHITMORE, T.C. 1989. Tropical forest nutrients: where do we stand? A tour the horizon. *In* Mineral nutrients in tropical forest and savanna ecosystems (J. Proctor, ed.). Blackwell Scientific Publishers, Oxford, p.1-14.