

# NUTRIENTES NO SOLO DE DUAS FLORESTAS DA PLANÍCIE LITORÂNEA DA ILHA DO MEL, PARANAGUÁ, PR<sup>(1)</sup>

R. M. BRITZ<sup>(2,5)</sup>, A. SANTOS FILHO<sup>(2)</sup>, C. B. REISSMANN<sup>(2)</sup>,  
S. M. SILVA<sup>(3)</sup>, S. F. ATHAYDE<sup>(3,5)</sup>, R. X. LIMA<sup>(4,5)</sup> & R. M. B. QUADROS<sup>(4,5)</sup>

## RESUMO

Estudou-se a ciclagem de nutrientes de duas formações florestais ("floresta baixa", com dossel atingindo 15 m de altura, e "floresta alta", 25 m de altura), características dos cordões arenosos da planície litorânea da Ilha do Mel, Paranaguá, Paraná, de 14 de junho de 1991 a 12 de junho de 1993. Nesta primeira parte, foram analisadas as características químicas e físicas dos solos, relacionando-as com o meio físico e com o material de origem. Os solos foram classificados como podzóis, distróficos e álicos, fortemente ácidos, de textura arenosa, estando a profundidade do horizonte B iluvial relacionada com a faixa de oscilação do lençol freático. Nas duas áreas, os solos apresentam fertilidade semelhante, caracterizando-se pela baixa CTC, alto potencial de lixiviação, fazendo com que a matéria orgânica seja a principal responsável pela retenção de íons no solo. Ocorrem, também, dois compartimentos distintos de nutrientes, um no horizonte A1 e outro no B iluvial. Embora a fertilidade dos solos seja considerada bastante baixa, a vegetação apresenta-se bem desenvolvida. As diferenças no desenvolvimento entre as duas florestas estudadas podem estar relacionadas com a disponibilidade de água e de nutrientes do horizonte B. Na floresta alta, tanto o lençol freático como o horizonte B estão mais próximos da superfície, possibilitando que essa formação esteja menos sujeita ao estresse hídrico, além de poder aproveitar, mais facilmente, os nutrientes acumulados no horizonte B.

**Termos de indexação:** ciclagem de nutrientes, podzol, estoque de nutrientes, floresta tropical.

**SUMMARY:** *SOIL NUTRIENTS IN TWO FOREST TYPES ON THE COASTAL PLAINS OF ILHA DO MEL, PARANAGUÁ, STATE OF PARANÁ, BRAZIL.*

*The nutrient cycling of two types of vegetation, (a "low forest" - 15 m of height, and a "short forest" - 25 m of height), characteristic of the sandy belts on the Coastal Plains of Ilha do Mel*

<sup>(1)</sup> Trabalho extraído de tese do primeiro autor, apresentada ao Curso do Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal do Paraná - UFPR. Financiado pelo CNPq. Recebido para publicação em agosto de 1995 e aprovado em outubro de 1997.

<sup>(2)</sup> Departamento de Solos do Setor de Ciências Agrárias da UFPR. Caixa Postal 672, CEP 80035-050 Curitiba (PR).

<sup>(3)</sup> Departamento de Botânica do Setor de Ciências Biológicas da UFPR. CEP 80530-000 Curitiba (PR).

<sup>(4)</sup> Departamento de Silvicultura e Manejo do Setor de Ciências Agrárias da UFPR. CEP 80035-010 Curitiba (PR).

<sup>(5)</sup> Bolsista da CAPES

*was studied, from June 14<sup>th</sup>, 1991 to June 12<sup>th</sup>, 1993. In this first step the soil's chemical and physical characteristics were studied, in relation to the physical environment and the parent material. The soils were classified as allic/dystrophic podzols, where the B spodic horizon's depth is related to the oscillating watertable. Organic matter is the main cause for the retention of ions in the soil. The soils from the two areas are similar in fertility level, characterized by the low CEC, high leaching potential, high acidity, dystrophic and alic. Although the soils fertility may be considered very low, the vegetation is well developed. The differences between the forests types may be related to the water and nutrient availability in the B horizon. In the "tall forest", the watertable and the B horizon are closer to the surface, being less subject to the water stress and having more ability to utilize the nutrient availability in this horizon.*

*Index terms: nutrient cycling, nutrient stock, spodosol, tropical forest.*

## INTRODUÇÃO

No estudo da ciclagem de nutrientes, a quantificação das reservas minerais e orgânicas e suas transferências entre compartimentos são de extrema importância para entender e comparar os diferentes ecossistemas e suas inter-relações com o meio. No ecossistema florestal, essas reservas acumulam-se na vegetação, nos animais, na serapilheira e no solo. Este último, além de servir como substrato para a vegetação, constitui importante compartimento de onde é retirada a maior parte dos nutrientes necessários à sobrevivência das plantas.

O estoque de nutrientes totais e os disponíveis às plantas nos solos foram quantificados em vários estudos referentes à ciclagem de nutrientes (Tanner, 1977; Golley et al., 1978; Edwards & Grubb, 1982; Delitti, 1984; Santos, 1989), que objetivaram avaliar a transferência de nutrientes entre compartimentos em ecossistemas florestais.

A intemperização da rocha matriz representa uma fonte de entrada de nutrientes nesses ecossistemas, ditando, também, as principais características químicas e físicas dos solos. Na Ilha do Mel, o material originário da planície litorânea e, conseqüentemente, dos solos é proveniente da sedimentação das areias reliquiares das plataformas continentais adjacentes (Suguio & Martin, 1990), tendo os cordões litorâneos sido formados durante a descida do nível do mar, na fase regressiva da última transgressão, há 5.100 anos A.P. (Angulo, 1992).

Segundo EMBRAPA (1984), os solos com B podzol ou "spodic horizon" ocorrem em uma extensão de 855 Km<sup>2</sup>, no litoral do Estado do Paraná (0,43 % da área do Estado). São solos muito pouco estudados, não existindo no levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Paraná (EMBRAPA, 1984) nenhuma descrição de perfil, sendo identificado apenas um podzol hidromórfico, sem distinguir as diversas situações em que esse solo pode ocorrer, de acordo com as diferentes fisionomias da vegetação estabelecida nas planícies arenosas do litoral do Estado. Santos Filho & Tourinho (1983) classificaram um podzol hidromórfico na faixa litorânea paranaense, indicando um possível transporte de matéria orgânica, ferro e alumínio do horizonte eluvial (E) para os horizontes iluviais (Bh e Bs). Rocha et al. (1987), em estudos realizados sobre as condições

edáficas para o desenvolvimento do palmito no litoral paranaense, classificaram solos de origem sedimentar marinha, podzol hidromórfico e areia quartzosa marinha, descrevendo-os química e fisicamente.

Este trabalho é parte de um outro em que se estuda a ciclagem de nutrientes em duas formações vegetais, características dos cordões arenosos da planície litorânea da Ilha do Mel. Teve como objetivo avaliar as características químicas, físicas e o estoque de nutrientes do solo, procurando relacioná-los com as diferentes tipologias florestais.

## MATERIAL E MÉTODOS

A Ilha do Mel situa-se na entrada da Baía de Paranaguá, litoral centro do Estado, fazendo parte do município de Paranaguá, com coordenadas: 25° 30' S e 48° 20' W, possui perímetro de, aproximadamente, 35 Km e área de 2.760 ha. Caracteriza-se, em termos de geomorfologia, por uma extensa planície costeira, que representa 90% da sua área total, sendo o restante formado por morros oriundos do afloramento do complexo cristalino, onde o mais alto atinge 150 m.

A planície costeira tem uma altura predominante entre 2,5 e 3 m sobre o nível da maré alta, atingindo 4-5 m em alguns locais. Observam-se alinhamentos bem definidos por mudanças de vegetação (cordões litorâneos), que correspondem a feições topográficas lineares, com espaçamento entre 10 e 20 m. Nas partes mais baixas do terreno, ocorrem pequenos córregos ou áreas freqüentemente alagadas, cuja vegetação é mais alta que a circundante (Angulo, 1992).

A área de estudo encontra-se na planície costeira dentro da Estação Ecológica da Ilha do Mel, na região denominada praia das Conchas, a uma distância de, aproximadamente, 100 metros do mar.

As duas formações vegetais estudadas caracterizam-se por ocorrerem próximas uma da outra e serão denominadas de "floresta baixa" e "floresta alta", correspondendo a formações com o estrato arbóreo superior, com alturas entre 8-15 e 15-25 m, respectivamente (Figura1). Enquanto a primeira surge nas partes mais elevadas dos cordões litorâneos, em local mais seco, a segunda aparece nas depressões, onde, freqüentemente, há o afloramento do lençol freático.

No estudo dos solos, utilizaram-se três trincheiras: duas na floresta baixa e uma na floresta alta. Optou-se por fazer duas amostragens na floresta baixa, em função de pequenas oscilações no terreno, - um perfil em área mais elevada e outro em área mais baixa - visto que na floresta alta o terreno era mais homogêneo (Figura 1).

Na descrição morfológica dos perfis, adotou-se o roteiro recomendado por Lemos & Santos (1984).

As amostras de solo foram secas, destorroadas e peneiradas, obtendo-se a fração < 2 mm, a qual foi submetida às seguintes análises, de acordo com as recomendações da EMBRAPA (1979): pH, em solução 0,01 mol L<sup>-1</sup> de cloreto de cálcio; Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> e Al<sup>3+</sup> extraíveis com cloreto de potássio 1 mol L<sup>-1</sup>; K<sup>+</sup> extraível com ácido clorídrico 0,05 mol L<sup>-1</sup>; acidez extraível (H<sup>+</sup> + Al<sup>3+</sup>) com acetato de cálcio 1 mol L<sup>-1</sup> a pH 7; P extraível pelo extrator Mehlich-1, densidade aparente pelo método de anéis volumétricos, e granulometria, pelo método Vettori & Pierantoni (1968).

Dos resultados obtidos, calcularam-se os seguintes valores: soma de bases (S), capacidade de troca catiônica total (T), saturação por bases (V), saturação por alumínio (m).

Os solos foram classificados segundo as normas da EMBRAPA (1988).

Foram determinados os teores totais de N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn e Al no solo, segundo o método descrito por Hildebrand (1977), por meio da digestão, com ácido fluorídrico e ácido perclórico.

As leituras de K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn e Al foram realizadas em espectrofotômetro de absorção atômica 2380 Perkin-Elmer, e as de P, pelo método colorimétrico em espectrofotômetro UV/VIS 554 Perkin - Elmer. O N foi determinado pelo método Kjeldahl.

Para estimar as quantidades de nutrientes totais e trocáveis, calculou-se a massa do solo por meio da fórmula proposta por Reichardt (1987).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A descrição geral dos perfis e a classificação dos solos encontram-se no quadro 1.

A floresta alta apresentou o horizonte A1 mais desenvolvido em relação ao da floresta baixa, devido ao maior aporte de matéria orgânica. A floresta alta deposita 7,7 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de serapilheira, e a floresta baixa 5,2 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> (Britez, 1994).

A classe textural dos solos é areia, correspondendo à textura arenosa (EMBRAPA, 1988), com pouca quantidade de argila, e valores mais elevados de silte

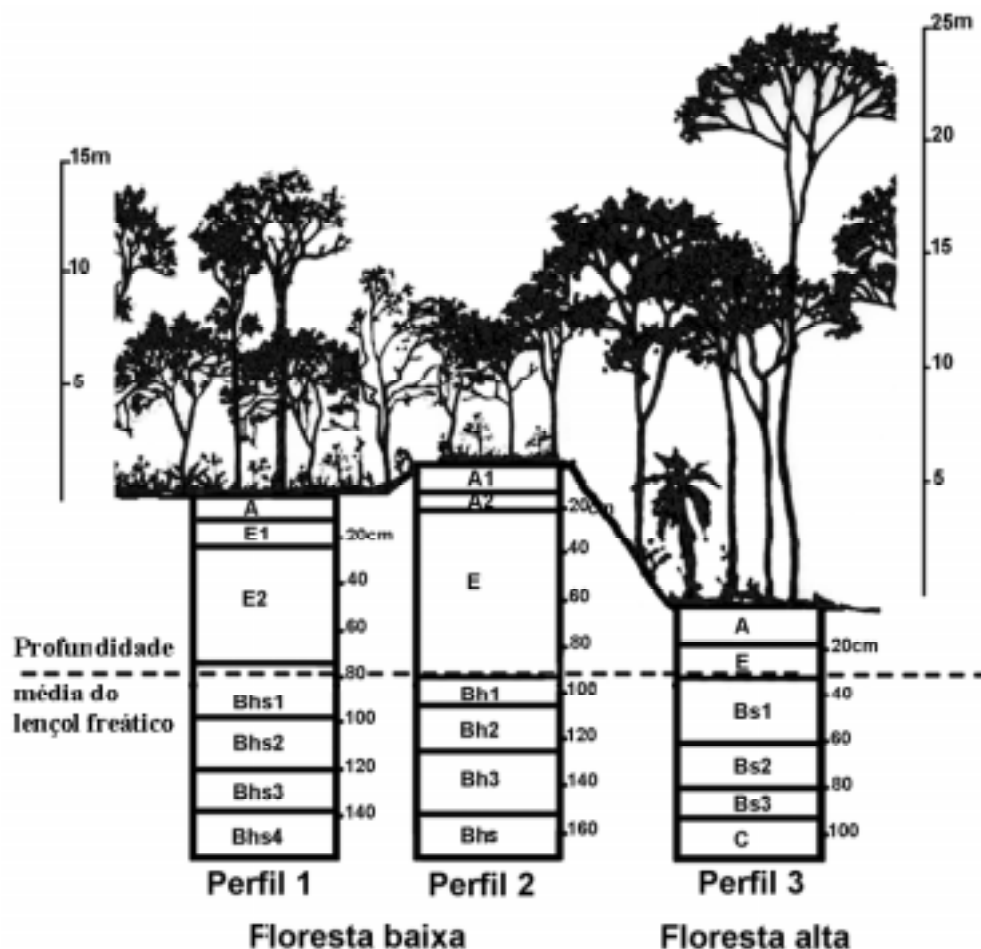


Figura 1. Desenho esquemático da localização dos perfis nas áreas amostradas.

**Quadro 1. Descrição geral dos perfis de solo****Perfil 1 - Floresta baixa**

**Classificação** - Podzol distrófico e álico A fraco textura arenosa fase floresta não hidrófila de restinga com relevo plano.

**Localização** - Ilha do Mel, Município de Paranaguá, PR.

**Litologia e formação geológica** - Planície arenosa quaternária.

**Material de origem** - Sedimentos marinhos depositados no período Quaternário.

**Relevo** - Plano.

**Drenagem** - Excessivamente drenado.

**Vegetação primária** - Floresta não hidrófila de restinga.

**Uso atual** - Área de Preservação Permanente.

Descrição morfológica

A - 0-12 cm, cinza-escuro (5 YR 4/1, úmido); areia; grãos simples; solto, não plástico e não pegajoso.

E1 - 12-25 cm, cinza (5 YR 6/1, úmido); areia; grãos simples; solto, não plástico e não pegajoso.

E2 - 25-74 cm, cinza claro (5 YR 7/1, úmido); areia; grãos simples; solto, não plástico e não pegajoso.

Bhs1 - 74-98 cm, bruno (7,5 YR 5/4, úmido); areia; grãos simples; solto, não plástico e não pegajoso.

Bhs2 - 98-120 cm, bruno-avermelhado-escuro (5 YR 3/4, úmido); areia; fraca pequena granular; solto, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso.

Bhs3 - 120-138 cm, bruno muito escuro (10 YR 2/2, úmido); areia; fraca pequena granular; solto, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso.

Bhs4 - 138 - 161+ cm, bruno-escuro (7,5 YR 3/4, úmido); areia; fraca pequena granular; solto, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso.

**Perfil 2 - Floresta baixa**

**Classificação** - Podzol distrófico e álico A moderado textura arenosa fase floresta não hidrófila de restinga com relevo plano.

**Localização** - Ilha do Mel, Município de Paranaguá, PR.

**Litologia e formação geológica** - Planície arenosa quaternária.

**Material de origem** - Sedimentos marinhos depositados no período Quaternário.

**Relevo** - Plano.

**Drenagem** - Excessivamente drenado

**Vegetação primária** - Floresta não hidrófila de restinga.

**Uso atual** - Área de Preservação Permanente.

Descrição morfológica

A1 - 0-13 cm, cinza (10 YR 5/1, úmido); areia; grãos simples; solto, não plástico e não pegajoso.

A2 - 13-20 cm, bruno (7,5 YR 5/2, úmido); areia; grãos simples; solto, não plástico e não pegajoso.

E - 20-93 cm, cinzento-rosado (7,5 YR 7/2, úmido); areia; grãos simples; solto, não plástico e não pegajoso.

Bh1 - 93-106 cm, bruno (7,5 YR 5/4, úmido); areia; grãos simples; solto, não plástico e não pegajoso.

Bh2 - 106-125 cm, bruno muito escuro (10 YR 2/2, úmido); areia; grãos simples; solto, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso.

Bh3 - 125 -153 cm, preto ( 10 YR 2/1, úmido); areia; fraca pequena granular; solto, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso.

Bhs - 153 - 169+ cm, bruno muito escuro (10 YR 2/2, úmido); areia; fraca pequena granular; solto, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso.

**Perfil 3 - Floresta alta**

**Classificação** - Podzol distrófico A moderado textura arenosa fase floresta hidrófila de restinga com relevo plano.

**Localização** - Ilha do Mel, Município de Paranaguá, PR.

**Litologia e formação geológica** - Planície arenosa quaternária.

**Material de origem** - Sedimentos marinhos depositados no período Quaternário.

**Relevo** - Plano.

**Drenagem** - Moderadamente drenado.

**Vegetação primária** - Floresta hidrófila de restinga.

**Uso atual** - Área de Preservação Permanente.

Descrição morfológica

A - 0-18 cm, cinza muito escuro (5 YR 3/1, úmido); areia; grãos simples; solto, não plástico e não pegajoso.

E - 18-32 cm, bruno-acinzentado (10 YR 5/2, úmido); areia; grãos simples; solto, não plástico e não pegajoso.

Bs1 - 32-61 cm, bruno-amarelado (10 YR 5/4, úmido); areia; grãos simples; solto, não plástico e não pegajoso.

Bs2 - 61-80 cm, bruno-amarelado-escuro (10 YR 4/4, úmido); areia; fraca pequena granular solto, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso.

Bs3 - 80-93 cm, bruno-acinzentado muito escuro (10 YR 3/2, úmido); areia; fraca pequena granular; solto, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso.

C - 93 - 118+ cm, bruno-amarelado-escuro (10 YR 4/4, úmido); areia; fraca pequena granular; solto, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso.

no horizonte A1 (Quadro 2). Os perfis estudados não apresentaram diferenças quanto à composição granulométrica, predominando a areia fina (diâmetro entre 0,02 e 0,2 mm). Angulo (1992) encontrou média de diâmetros dos sedimentos arenosos de origem marinha no Estado do Paraná de 0,156 mm.

A textura arenosa confere aos solos da planície litorânea baixa retenção de nutrientes e de água. As chuvas, com, aproximadamente, 2.000 mm anuais (Silva, 1990), tendem a lixiviar a maior parte dos nutrientes, enquanto, nos intervalos entre os eventos, os solos permanecem com baixa umidade.

O horizonte B dos perfis 1 e 2 da floresta baixa esta à profundidades de 74 e 93 cm, respectivamente, enquanto o B da floresta alta está a 32 cm de profundidade. Essas diferenças na profundidade do B entre as áreas podem estar relacionadas com a oscilação do lençol freático. Britez (1994), analisando medidas feitas em um período de dois anos, verificou que a profundidade média do lençol foi de 94 cm na floresta baixa e de 40 cm na floresta alta (Figura 1), portanto com médias de oscilação próximas às alturas de ocorrência do horizonte B. Supõe-se que o material translocado para esse horizonte, por ser solúvel, diluiu-se na água do lençol freático, precipitando-se, gradativamente, conforme sua oscilação. Isso se baseia em resultados analíticos da água do lençol freático realizados mensalmente (Britez, 1994), para a qual as concentrações médias anuais (em mg kg<sup>-1</sup>) foram, para a floresta baixa e alta, respectivamente, as seguintes: P, 0,039 e 0,058; K, 1,75 e 1,37; Ca, 6,55 e

8,26; Mg, 2,5 e 2,9; Fe, 0,63 e 0,75; Zn, 0,25 e 0,10; Al, 1,4 e 1,3; Si, 2,7 e 4,4.

O horizonte B aparentemente não representa uma barreira para a movimentação da água do lençol freático, visto que não difere dos demais horizontes em consistência (solta - Quadro 1), apresentando apenas uma ligeira plasticidade e pegajosidade.

Os valores de pH em CaCl<sub>2</sub> são considerados muito baixos, variando de 3,4 a 4,2, indicando um solo fortemente ácido (Quadro 3). No solo da floresta alta, houve um aumento do pH nos horizontes iluviais e uma diminuição na quantidade de carbono. Na floresta baixa, o pH manteve-se inalterado no horizonte B, havendo um aumento na quantidade de carbono em relação ao horizonte E.

A forte acidez do solo propicia o aparecimento de alumínio trocável, o que é comprovado pela alta porcentagem de saturação em alumínio, próxima a 50% em todos os horizontes da floresta alta e maior que 60% nos subhorizontes iluviais mais profundos da floresta baixa. Em contrapartida, os valores de V são, na maior parte dos três perfis estudados, menores que 20%, indicando que apenas pequenas quantidades de bases trocáveis ocupam os sítios de carga negativa, os quais, em sua maior parte, estão saturados pelo Al.

Acredita-se que a matéria orgânica seja a principal responsável pela retenção de cátions nos solos estudados, onde, nos horizontes superficiais existe uma quantidade maior de nutrientes disponíveis. Hay & Lacerda (1980) e Hay et al. (1981) obtiveram correlações altas entre matéria orgânica e capacidade

**Quadro 2. Características granulométricas dos solos e profundidade dos horizontes dos três perfis do Podzol**

Horizonte	Granulometria da terra fina					Densidade do solo	
	Profundidade	Areia grossa	Areia fina	Areia	Silte		Argila
	cm	g kg <sup>-1</sup>					kg md <sup>-3</sup>
<b>Perfil 1</b>							
A	0-12	20	720	740	200	60	0,69
E1	12-25	20	860	880	100	20	1,14
E2	25-74	20	960	980	00	20	1,27
Bhs1	74-98	20	940	960	20	20	1,32
Bhs2	98-120	00	980	980	00	20	1,48
Bhs3	120-138	20	960	980	00	20	1,42
Bhs4	138-161+	00	980	980	00	20	1,36
<b>Perfil 2</b>							
A1	0-13	00	800	800	160	40	0,92
A2	13-20	20	940	940	00	40	0,97
E	20-93	00	980	980	00	20	1,36
Bh1	93-106	00	980	980	00	20	1,44
Bh2	106-125	20	940	960	00	40	1,47
Bh3	125-153	00	980	980	00	20	1,48
Bhs	153-169+	40	940	980	00	20	1,43
<b>Perfil 3</b>							
A	0-18	20	780	800	160	40	0,79
E	18-32	20	940	960	00	40	1,44
Bs1	32-61	20	920	940	20	40	1,42
Bs2	61-80	20	920	940	20	40	1,45
Bs3	80-93	20	960	980	00	20	1,42
C	93-118+	20	940	960	20	20	1,4

Quadro 3. Características químicas dos solos

Horizonte	C	pH CaCl <sub>2</sub>	Cátions trocáveis					H	S	T	V	m	P
			Ca	Mg	K	Na	Al						
		g kg <sup>-1</sup>	mmol kg <sup>-1</sup>							— % —	mg kg <sup>-1</sup>		
<b>Perfil 1</b>													
A	26	3,4	4	5	0,6	0,2	7	51	9,8	67,8	14,5	41,7	3,0
E1	4	3,7	2	2	0,0	0,1	2	23	4,1	29,1	14,1	32,8	1,0
E2	1	4,1	2	3	0,0	0,0	2	18	5,0	25,0	20,0	28,6	1,0
Bhs1	1	3,7	2	2	0,0	0,1	2	23	4,1	29,1	14,1	32,8	1,0
Bhs2	3	3,6	4	3	0,0	0,1	5	41	7,1	53,1	13,4	41,3	1,0
Bhs3	6	3,7	2	3	0,1	0,1	9	41	5,2	55,2	9,4	63,4	1,0
Bhs4	5	3,6	2	2	0,0	0,2	9	41	4,2	54,2	7,7	68,2	1,0
<b>Perfil 2</b>													
A1	35	3,4	3	7	0,9	0,2	7	77	11,1	95,1	11,7	38,7	3,0
A2	10	3,6	4	3	0,1	0,3	4	26	7,4	37,4	19,8	35,1	1,0
E	1	4,1	2	2	0,0	0,1	2	22	4,1	28,1	14,6	32,8	1,0
Bh1	3	3,8	3	5	0,0	0,2	5	27	8,2	40,2	20,4	37,9	1,0
Bh2	9	3,4	2	6	0,0	0,3	12	36	8,3	56,3	14,7	59,1	1,0
Bh3	14	3,5	3	4	0,0	0,2	18	60	7,2	85,2	8,5	71,4	1,0
Bhs	10	3,6	4	2	0,0	0,3	12	50	6,3	68,3	9,2	66,6	1,0
<b>Perfil 3</b>													
A	40	3,4	3	6	1,2	0,4	14	90	10,6	114,6	9,2	56,9	7,0
E	4	3,7	2	2	0,0	0,1	5	27	4,1	36,1	11,4	54,9	1,0
Bs1	2	4,0	2	2	0,0	0,3	6	31	4,3	41,3	10,4	58,3	1,0
Bs2	1	4,2	2	3	0,0	0,3	4	26	5,3	35,3	15,0	43,0	1,0
Bs3	2	4,1	3	3	0,0	0,2	8	26	6,2	40,2	15,4	56,3	4,0
C	1	4,2	2	2	0,0	0,1	6	21	4,1	31,1	13,2	59,4	1,0

de troca catiônica em solos de restinga. Silva (1990), além da correlação da matéria orgânica e capacidade de troca catiônica nos solos da restinga da Ilha do Mel, obteve correlações significativas entre matéria orgânica e P, K, Mg e Ca.

No podzol das áreas estudadas, o carbono, os elementos trocáveis, a soma de bases, a capacidade de troca catiônica e o fósforo apresentaram valores mais elevados no horizonte A1, em decorrência da deposição de serapilheira; o horizonte E apresentou os menores valores, enquanto, no horizonte B iluvial, os valores elevaram-se, novamente, em razão do acúmulo de íons, proveniente da translocação do horizonte E.

O quadro 4 apresenta os resultados dos teores totais nos três perfis de solos estudados. Estes indicam as concentrações totais dos elementos no solo, provenientes dos elementos contidos na matéria orgânica depositada pela vegetação, da precipitação atmosférica e dos minerais que compõem as areias da planície litorânea.

A quantidade de elementos totais e trocáveis (Quadros 5 e 6) nos horizontes dos perfis estudados, representa o estoque de nutrientes no solo.

Angulo et al. (1994), em estudos sedimentológicos na ilha do Mel, analisaram a composição dos minerais pesados translúcidos em vários pontos da ilha, encontrando, em média, as seguintes percentagens; turmalina (37%), zircon (20%), pistacita (12%), estauroлита (10%), kyanita, sillimanita e hornblenda (5%). Angulo (comun. pessoal), analisando os minerais opacos de quatro amostras dos perfis de solos estudados, encontrou, em sua composição, quartzo, feldspato, magnetita, ilmenita, dentre outros não identificados. A composição desses minerais pode ser vista no quadro 7.

A maior parte do N total contido no solo está associado à matéria orgânica, justificando suas concentrações maiores no horizonte A1, onde ocorre a deposição de material orgânico proveniente da floresta, muito pouca quantidade desse elemento é translocada ao horizonte iluvial. A floresta alta apresenta uma concentração de N duas vezes mais elevada que a floresta baixa no horizonte A1 do solo, devida, em parte, à maior deposição de serapilheira e concentração de N nesse material, com teores médios nas folhas de 11,6 g kg<sup>-1</sup>, na floresta alta, e de 7,3 g kg<sup>-1</sup> na floresta baixa (Britez, 1994).

A relação C/N (Quadro 4) apresentou valores mais elevados nos horizontes A1, Bh e Bhs, nos dois perfis da floresta baixa, atingindo o valor máximo em 12,7. A floresta alta apresentou relações C/N bem menores com o valor mais elevado no horizonte A1 (5,5), devido aos teores de N mais elevados e à pouca lixiviação do C para o horizonte B. Os baixos valores da relação no horizonte E são devidos à lixiviação da matéria orgânica, restando muito pouco C e N. Nas duas áreas e, principalmente, na floresta alta, os valores foram bastante baixos, se comparados aos de outros trabalhos relacionados com solos podzóis. Vieira (1988), em solo podzol hidromórfico, com A moderado, obteve valores de 18, 19, 8 e 29 nos horizontes A11, A12, E e Bs, respectivamente, constatando o mesmo comportamento dos valores da relação C/N em termos de variação em relação à profundidade do perfil. Nos podzóis com A moderado, levantados pelo Radam Brasil, em diversos locais da Amazônia, a relação C/N apresentou valores entre 1 e 36, sendo os mais elevados nos horizontes Bh e Bs e os mais baixos no horizonte E.

Quadro 4. Teores totais dos elementos nos solos

Horizonte	N	Al	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn	C/N
	g kg <sup>-1</sup>			mg kg <sup>-1</sup>							
<b>Perfil 1 - Floresta baixa</b>											
A	3,9	1,1	84	935	162	167	7.880	475	15	15	6,7
E1	0,6	0,6	65	785	125	84	5.075	320	0	10	6,7
E2	1,1	1,3	56	1.270	125	92	5.495	340	5	10	0,9
Bhs1	0,0	1,1	0	1.300	144	74	2.565	175	10	10	0
Bhs2	1,1	1,3	19	1.265	100	77	1.930	115	0	0	2,7
Bhs3	1,1	1,4	0	1.330	181	81	1.480	120	5	10	5,5
Bhs4	0,6	1,4	56	1.510	137	71	635	35	15	0	8,3
<b>Perfil 2 - Floresta baixa</b>											
A1	2,8	1,1	56	885	100	116	1.735	110	0	0	12,5
A2	1,1	1,0	19	890	125	71	1.610	70	0	0	9,1
E	0,0	1,2	0	1.430	125	54	900	65	0	0	0
Bh1	0,6	1,6	0	1.600	112	70	1.600	105	0	10	5,0
Bh2	1,1	2,3	28	1.955	112	61	585	50	0	0	8,2
Bh3	1,1	3,7	19	3.130	156	77	490	30	0	0	12,7
Bhs	0,0	1,8	28	1.475	162	146	5.450	400	0	10	0
<b>Perfil 3 - Floresta alta</b>											
A	7,2	2,6	86	1.515	200	121	1.385	75	0	0	5,5
E	0,0	1,8	28	1.520	162	74	805	50	0	0	0
Bs1	0,0	2,2	47	1.410	219	120	4.970	300	0	5	0
Bs2	0,6	1,8	56	1.330	212	142	5.765	315	10	15	1,7
Bs3	0,6	3,9	46	2.125	412	500	39.300	670	0	60	3,3
C	0,6	2,9	75	830	181	111	630	35	0	0	1,7

Quadro 5. Quantidades totais dos elementos minerais nos solos

Horizonte (Espessura)	N	Al	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn	Total	Total / cm de solo
	cm											
<b>Perfil 1 - Floresta baixa</b>												
A (12)	3.229	911	70	774	134	138	6.525	393	12	12	12.199	1.017
E1 (13)	889	889	96	1.163	185	124	7.521	474	0	15	11.358	874
E2 (49)	6.845	8.090	348	7.903	778	573	34.195	2.116	31	62	60.942	1.244
Bhs1 (24)	0	3.485	0	4.118	456	234	8.126	554	32	32	17.038	710
Bhs2 (22)	3.582	4.233	62	4.119	326	251	6.284	374	0	0	19.230	874
Bhs3 (18)	2.812	3.578	0	3.399	463	207	3.783	307	13	26	14.587	810
Bhs4 (23)	3.441	4.379	175	4.723	429	222	1.986	109	47	0	15.512	674
Tot. (161)	20.798	25.565	751	26.201	2.770	1.750	68.420	4.328	135	147	150.865	937
<b>Perfil 2 - Floresta baixa</b>												
A1 (13)	3.349	1.316	67	1.058	120	139	2.075	132	0	0	8.255	635
A2 (07)	747	679	13	604	85	48	1.093	48	0	0	3.317	474
E (73)	0	11.914	0	14.197	1.241	536	8.935	645	0	0	37.468	513
Bh1 (13)	1.123	2.995	0	2.995	210	131	2.995	197	0	19	10.665	820
Bh2 (19)	3.072	6.424	78	5.460	313	170	1.634	140	0	0	17.291	910
Bh3 (28)	4.558	15.333	79	12.971	646	319	2.031	124	0	0	36.061	1.288
Bhs (16)	0	4.118	64	3.375	371	334	12.470	915	0	23	21.670	1.354
Tot. (169)	12.850	42.779	301	40.661	2.985	1.678	31.233	2.200	0	42	134.727	797
<b>Perfil 3 - Floresta alta</b>												
A (18)	10.238	3.697	122	2.154	284	172	1.969	107	0	0	18.745	1.041
E (14)	0	3.629	56	3.064	327	149	1.623	101	0	0	8.949	639
Bs1(29)	0	9.060	194	5.806	902	494	20.466	1.235	0	21	38.178	1.316
Bs2(19)	1.653	4.959	154	3.664	584	391	15.883	868	28	41	28.225	1.486
Bs3(13)	1.108	7.199	85	3.923	761	923	72.548	1.237	0	111	87.894	6.761
C (25)	2.100	10.150	263	2.905	634	389	2.205	123	0	0	18.767	751
Tot. (118)	15.099	38.694	874	21.517	3.491	2.518	114.694	3.670	28	173	200.757	1.701

**Quadro 6. Quantidades de elementos trocáveis dos solos**

Horizonte (Espessura)	Ca	Mg	K	Na	P	Al	Total	Total / cm de solo
cm	kg ha <sup>-1</sup>							
<b>Perfil 1 - Floresta baixa</b>								
A (12)	66,2	49,7	19,4	3,8	2,5	52,2	193,8	16,1
E1 (13)	59,3	35,6	0,0	3,4	1,5	26,7	126,4	9,7
E2 (49)	248,9	224,0	0,0	0,0	6,2	112,0	591,2	12,1
Bhs1 (24)	126,7	76,0	0,0	7,3	3,2	57,0	270,2	11,3
Bhs2 (22)	260,5	117,2	0,0	7,5	3,3	146,5	535,0	24,3
Bhsr3 (18)	102,2	92,0	10,0	5,9	2,6	207,0	419,7	23,3
Bhs4 (23)	125,1	75,1	0,0	14,4	3,1	253,4	471,1	20,5
Tot. (161)	989,0	669,6	29,3	42,3	22,3	854,8	2.607,3	16,2
<b>Perfil 2 - Floresta baixa</b>								
A1 (13)	71,8	100,5	42,0	5,5	3,6	75,3	298,6	23,0
A2 (07)	54,3	24,4	2,6	4,7	0,7	24,4	111,2	15,9
E (73)	397,1	238,3	0,0	22,8	9,9	178,7	846,9	11,6
Bh1 (13)	112,3	112,3	0,0	8,6	1,9	84,2	319,4	24,6
Bh2 (19)	111,7	201,1	0,0	19,3	2,8	301,6	636,5	33,5
Bh3 (28)	248,6	198,9	0,0	19,1	4,1	671,3	1.142,1	40,8
Bhs (16)	183,0	54,9	0,0	15,8	2,3	247,1	503,1	31,4
Tot. (169)	1.178,9	930,4	44,6	95,8	25,3	1.582,8	3.857,8	22,8
<b>Perfil 3 - Floresta alta</b>								
A (18)	85,3	102,4	66,5	13,1	10,0	179,2	456,5	25,4
E (14)	80,6	48,4	0,0	4,6	2,0	90,7	226,4	16,2
Bs1(29)	164,7	98,8	0,0	28,4	4,1	222,4	518,5	17,9
Bs2(19)	110,2	99,2	0,0	19,0	2,8	99,2	330,3	17,4
Bs3(13)	110,8	66,5	0,0	8,5	7,4	132,9	326,0	25,1
C (25)	140,0	84,0	0,0	8,1	3,5	189,0	424,6	17,0
Tot. (118)	691,6	499,2	66,5	81,7	29,7	913,4	2.282,2	19,3

**Quadro 7. Minerais ocorrentes nos sedimentos arenosos da Ilha do Mel<sup>(1)</sup>**

Mineral	Composição química
Turmalina	$XY_3Al_6(BO_3)_3(Si_6O_{18})(OH)_4$ X= Na, Ca, Mg - Y = Al, Fe <sup>3</sup> , Li
Zircão	ZrSiO <sub>4</sub>
Pistacita	Ca <sub>2</sub> (Al, Fe)Al <sub>2</sub> O(SiO <sub>4</sub> )(Si <sub>2</sub> O <sub>7</sub> )(OH)
Estaurolita	Fe <sub>2</sub> Al <sub>9</sub> O <sub>7</sub> (SiO <sub>4</sub> ) <sub>4</sub> (OH)
Kianita	Al <sub>2</sub> SiO <sub>5</sub>
Silimanita	Al <sub>2</sub> SiO <sub>5</sub>
Hornblenda	Ca <sub>2</sub> Na(Mg, Fe <sup>3</sup> ) <sub>4</sub> (AlFe <sup>3</sup> , Ti) <sub>3</sub> Si <sub>8</sub> O <sub>22</sub> (O,OH) <sub>2</sub>
Magnetita <sup>(2)</sup>	Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>
Ilmenita <sup>(2)</sup>	FeO.TiO <sub>2</sub>

<sup>(1)</sup>Segundo Angulo et al. (1994) - Composição química segundo Dana (1965). <sup>(2)</sup>Resultado de análises sedimentológicas realizadas por Angulo (comunicação pessoal) de amostras do perfil do solo.

As concentrações de P total nos solos das áreas estudadas são bastante inferiores às da faixa de 0,2 a 1,5 g kg<sup>-1</sup>, normalmente encontrada no solo (Mengel & Kirkby, 1987), estando na faixa de 0,019 e 0,086 g kg<sup>-1</sup>. No material de origem da planície arenosa, não existem minerais com fósforo, podendo haver, nesses solos, P proveniente de carapaças de animais marinhos (Figueiredo, 1954), além da entrada via

precipitação pluviométrica, de cerca de 0,1 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> (Britez, 1994). O P, da mesma maneira que o N, é, na sua maior parte de origem orgânica, o que explica suas maiores concentrações no horizonte A1 dos solos, podendo haver transporte para o horizonte B.

A maior parte do K provém de minerais primários e secundários, sendo este elemento facilmente lixiviado. Sua fácil solubilização no podzol é comprovada pelos maiores teores no horizonte B iluvial. O K total apresentou maiores concentrações que Ca e Mg, indicando sua existência no material de origem da planície litorânea, além da contribuição oriunda da precipitação que passa pelo dossel da floresta de cerca de 45 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> (Britez, 1994).

O Ca e o Mg total apresentaram teores bastante baixos, sendo provenientes, na sua maior parte, da matéria orgânica e de minerais que constituem a areia, como a turmalina e a hornblenda. Cerca de 12 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de Ca e 14 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de Mg chegam ao solo via precipitação (Britez, 1994).

O Fe apresentou altas concentrações, dada a participação desse elemento na estrutura dos minerais que compõem o material de origem, tais como: turmalina, estaurolita, hornblenda, magnetita e ilmenita. Uma importante característica do Fe no solo e nas plantas é de formar complexos orgânicos ou quelatos (Mengel & Kirkby, 1987).

A característica do podzol é a remoção do ferro do horizonte E, sendo levado para a parte inferior do



horizonte B, onde se precipita, juntamente com o Al e Mn (Vieira, 1988). Isto pode ser observado, mais claramente, no perfil 3, em que ocorre um acúmulo de Fe, Mn e Al no horizonte Bir3, chegando o Fe a atingir a concentração de  $39 \text{ g kg}^{-1}$ . Parte do Fe, nesse caso, pode estar em condições redutoras, visto permanecer esse horizonte constantemente sob a água.

O Mn nos solos da planície litorânea está presente, tanto associado à matéria orgânica quanto aos minerais constituintes da areia. Nos perfis analisados, apresentou comportamento idêntico ao Fe, em quase todos os horizontes, com uma razão Fe/Mn entre 15 e 18.

O Al total, em relação aos demais elementos, apresentou altas concentrações. Esse elemento, da mesma forma que Fe e Mn, é lixiviado dos horizontes superficiais para o horizonte B.

O Zn e o Cu totais apresentaram baixas concentrações nos perfis analisados, pois ambos originam-se de minerais primários, podendo formar complexos quelados com a matéria orgânica (Malavolta, 1980).

## CONCLUSÕES

1) Os solos das duas áreas estudadas são semelhantes em termos de fertilidade. Os valores de soma e saturação por bases trocáveis são bastante próximos, ocorrendo, também, a presença de dois compartimentos distintos de nutrientes, um no horizonte A1 e outro no horizonte B iluvial.

2) As diferenças de profundidade do horizonte B dos perfis estudados podem estar relacionadas com a amplitude de oscilação do lençol freático.

3) Dois fatores são importantes para entender as características dos solos que influenciaram o desenvolvimento das duas tipologias florestais: a profundidade do horizonte B e a do lençol freático. Nos dois casos, esses estão mais próximos da superfície do solo na floresta mais desenvolvida (floresta alta), permitindo a maior disponibilidade de nutrientes e água.

## LITERATURA CITADA

- ANGULO, R.J. Geologia da planície costeira do Estado do Paraná. São Paulo, Universidade de São Paulo, 1992 334p. (Tese de Doutorado)
- ANGULO, R.J.; GIANNINI, P.C.F.; KOGUT, J.; PRAZERES FILHO, H.J. & SOUZA, M.C. Variation of sedimentological parameters with deposition age across a succession of beachridges in the Holocene of Mel Island, Paraná, Brazil. In: INTERNATIONAL SEDIMENTOLOGICAL CONGRESS (1994: Recife). Anais. Recife, 1994. (No prelo).
- BRITZ, R.M. Ciclagem de nutrientes minerais em duas florestas da planície litorânea da Ilha do Mel, Paranaguá. Curitiba, Universidade Federal do Paraná, 1994. 240p. (Tese de Mestrado)
- DANA, J.D. Manual of mineralogy. New York, John Wiley, 1965. 282p.
- DELITTI, W.B.C. Aspectos comparativos da ciclagem de nutrientes minerais na mata ciliar, no campo cerrado e na floresta implantada de *Pinus elliottii* Engelm. var. *elliottii* (Mogi-guaçu, SP). São Paulo, Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, 1984. 305p. (Tese de Doutorado)
- EDWARDS, P.J. & GRUBB. Studies of mineral cycling in a montane rain forest in New Guinea. IV. Soil characteristics and the division of mineral elements between the vegetation and soil. J. Ecol., Oxford, 70:649-666, 1982.
- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento de Conservação de Solos. Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro, 1979. n.p.
- EMBRAPA. Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Paraná. SNLCS/SUDESUL/IAPAR, Londrina, 1984. 791p. (Boletim, 57)
- EMBRAPA. Critérios para distinção de classes de solos e de fases de unidades de mapeamento - Normas em uso pelo SNLCS. Rio de Janeiro, 1988. 67p. (Documentos SNLCS, 11)
- FIGUEIREDO, J.C. Contribuição à geografia da Ilha do Mel (litoral do Estado do Paraná). Curitiba, Universidade Federal do Paraná. 1954. 81p. (Tese de Mestrado)
- GOLLEY, F.B.; MCGINNIS, J.T.; CLEMENTS, R.G.; CHILD, G.I. & DUEVER, M.J. Ciclagem de minerais em um ecossistema de floresta tropical úmida. São Paulo, EDUSP, 1978. 256p.
- HAY, J.D. & LACERDA, L.D. Alterações nas características do solo após fixação de *Neoregelia cruenta* (R. Grah.) L.Smith (Bromeliaceae), em um ecossistema de restinga. Ci. Cult., São Paulo, 32:863-867, 1980.
- HAY, J.D.; LACERDA, L.D. & TAN, A.L. Soil-cation increase in a tropical sand dune ecosystem due to a terrestrial bromeliad. Ecology, Durham, 62:1392-1395, 1981.
- HILDEBRAND, C. Manual de análises químicas de solo e plantas. Curitiba, UFPR, 1977. 225p. (Mimeo.)
- LEMONS, R.C. & SANTOS, R.D. Manual de descrição e coleta de solos no campo. 2. ed. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1984. 46p.
- MALAVOLTA, E. Elementos de nutrição mineral das plantas. São Paulo, Ceres, 1980. 251p.
- MENGEL, K. & KIRKBY, E.A. Principles of plant nutrition. Berna, International Potash Institute, 1987. 687p.
- REICHARDT, K. A água em sistemas agrícolas. São Paulo, Manole, 1987. 188p.
- ROCHA, H.O.; SANTOS FILHO, A. & REISSMANN, C.B. Condições edáficas para o desenvolvimento do palmito no litoral paranaense. In: PALMITO, ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISADORES, 1, Curitiba, 1987. Anais. Curitiba, EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Florestas, 1987. p.105-118.
- SANTOS, V.D. Ciclagem de nutrientes minerais em mata tropical subcaducifolia dos planaltos do Paraná (Parque estadual Vila Rica do Espírito Santo - Fênix/Pr). São Carlos, Universidade de São Carlos. 1989. 385p. (Tese de Doutorado)
- SANTOS FILHO, A. & TOURINHO, L.C.N. Podzol hidromórfico da faixa litorânea paranaense. R. Set. de Ci. Agrár., Curitiba, 5:95-97, 1983.

- SILVA, S.M. Composição florística e fitossociologia de um trecho de floresta de restinga na ilha do Mel, município de Paranaguá, PR. Campinas, Universidade Estadual de Campinas. 1990. 146p. (Tese de Mestrado)
- SUGUIO, K. & MARTIN, L. Geomorfologia das restingas. In: SIMPÓSIO SOBRE ECOSSISTEMAS DA COSTA SUL E SUDESTE BRASILEIRA: SÍNTESE DOS CONHECIMENTOS, 2, Águas de Lindóia, 1990. Anais. São Paulo, ACIESP, 1990, p.185-206.
- TANNER, E.V.J. Four montane rain forests of Jamaica: quantitative characterization of floristics, the soils and the foliar mineral levels, and a discussion of the interrelations. *J. Ecol.*, Oxford, 65:883-918, 1977.
- VETTORI, L. & PIERANTONI, H. Análise granulométrica, novo método para determinação da fração argila. Equipe de pedologia e fertilidade do solo, Rio de Janeiro, 1968. 8p. (Boletim técnico 3)
- VIEIRA, L.S. Manual da ciência do solo: com ênfase aos solos tropicais. 2. ed. São Paulo, Ceres, 1988. 464p.