

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ**

**FERNANDA SEREDA**

**CARACTERIZAÇÃO NUTRICIONAL E GRAU DE ESCLEROFILIA FOLIAR DE  
GUANANDI EM FLORESTA OMBRÓFILA DENSA  
NO LITORAL DO PARANÁ**

**CURITIBA**

**2008**

**FERNANDA SEREDA**

**CARACTERIZAÇÃO NUTRICIONAL E GRAU DE ESCLEROFILIA FOLIAR DE  
GUANANDI EM FLORESTA OMBRÓFILA DENSE  
NO LITORAL DO PARANÁ**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Ciência do Solo, Área de Concentração em Química e Biologia do Solo e Nutrição de Plantas, Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ciência do Solo.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Bruno Reissmann

Co-orientadores: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Maria Regina Torres  
Boeger  
Prof. Dr. Renato Marques

**CURITIBA  
2008**

Sereda, Fernanda

Caracterização nutricional e grau de esclerofilia foliar de  
guanandi em floresta ombrófila densa no litoral do Paraná / Fernanda  
Sereda. – Curitiba, 2008.

80 f.

Orientador: Carlos Bruno Reissmann.

Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo) – Setor de  
Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

1. Plantas – Nutrição – Paraná. 2. Análise foliar – Paraná. 3.  
Plantas e solo – Paraná. 4. Guanandi – Nutrição – Paraná. I.  
Título.

CDU 631.452(816.2)

CDD 631.422

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus pais pelo apoio, amizade e incentivo em sempre estudar.

Agradeço ao meu orientador, professor Carlos Bruno Reissmann, pela orientação, confiança e sua enorme paciência em meus freqüentes momentos de ansiedade.

À professora Maria Regina Boeger, por todo apoio, pelas valiosas sugestões e correções.

Ao professor Renato Marques pela oportunidade da realização desse trabalho junto ao projeto Solobioma.

Aos amigos Fabiula Melissa Stella, Agenor Maccari Junior, Edílson Batista de Oliveira, Daniel Resende Corrêa, Ricardo Miranda de Brites, a todos os colegas e professores que de alguma maneira me ajudaram nessa pesquisa, me apoiaram e me incentivaram a superar as dificuldades encontradas durante o curso.

Aos membros da banca examinadora, Edinelson Neves e Renato Marques, pelas sugestões e conhecimento compartilhado que enriqueceram este trabalho.

Ao curso de Pós-graduação em Ciência do Solo pela oportunidade de realização desse trabalho, a CAPES, pelo auxílio financeiro e as bibliotecárias Simone e Vera pelo auxílio na pesquisa, correções e formatação da dissertação.

Aos técnicos do departamento de solos pela orientação durante as análises químicas.

Ao pessoal da Sociedade de Pesquisa em Vida Selvagem e Educação Ambiental (SPVS) e do Instituto Ambiental do Paraná (IAP) pela concessão de uso das áreas de estudo, pela ajuda no campo e sua valorosa colaboração.

## RESUMO

Este estudo fez parte do Projeto Solobioma e foi conduzido no litoral paranaense, nas áreas da Reserva Natural Serra do Itaqui, Município de Guaraqueçaba e na Floresta Estadual do Palmito, Município de Paranaguá, cujo objetivo geral foi avaliar comparativamente os teores de nutrientes foliares em guanandi (*Callophylum brasiliense* Camb.), em quatro sítios sob diferentes condições edáficas de sua ocorrência natural. Para isso, caracterizou-se a fertilidade dos solos dos sítios estudados, denominados de Boa Vista, Rio Velho, Poço e Palmito, e os teores de nutrientes foliares da espécie em questão, correlacionando-os em seguida. Investigou-se a eficiência de utilização dos nutrientes e a ocorrência de esclerofília nos indivíduos dos diferentes sítios. Em cada local seis indivíduos foram selecionados. Amostras de solo foram coletadas na projeção da copa para análises químicas e físicas. Folhas do terço inferior de três indivíduos de cada sítio foram coletadas para a análise das seguintes variáveis: C, N total, P, K, Ca, Mg, Na, Fe, Mn, Zn, Cu, Al, área foliar, peso foliar, área específica foliar, diâmetro à altura do peito e estimativa da altura total e comercial dos indivíduos em questão. As variáveis foram submetidas a análises uni e multivariada. Apesar de serem diferentes na fertilidade do solo, somente os teores foliares de K, Ca, Zn e Al apresentaram diferenças significativas entre os locais estudados. Os dados sugerem que, possivelmente, a espécie utiliza-se de diferentes estratégias na manutenção dos níveis foliares, mesmo sob diferentes condições de fertilidade, impedindo uma toxidez mais severa de alguns elementos e melhorando a eficiência de outros para o seu desenvolvimento. Os teores encontrados no solo não se correlacionaram com os teores foliares indicando que possivelmente o método analítico utilizado para a extração não é compatível com a capacidade de extração do guanandi. Os indivíduos amostrados utilizam eficientemente os nutrientes P e Cu indiferentemente do sítio. A eficiência na utilização do P é dada pelos baixos teores encontrados no solo. Em relação ao Cu, possivelmente a sua facilidade em formar complexos organo-metálicos estáveis com a matéria orgânica requer que os indivíduos sejam mais eficientes no seu uso. Outra hipótese seria a sua facilidade de ficar imobilizado nas raízes, contribuindo para os baixos valores encontrados nas folhas. Folhas de guanandi são esclerófilas e semelhantes entre os locais estudados, apresentando-se com baixos teores médios de N e P foliares. A esclerofilia nesse estudo possivelmente seja o resultado da expressão de um metabolismo com baixo requerimento e uso eficiente do P devido a sua carência a nível edáfico.

Palavra-chave: *Callophylum brasiliense*. Floresta Atlântica. Análise Foliar. Análise de solo. Índice de esclerofília.

## ABSTRACT

The study was a part of the Solo-Bioma Project and was developed at the coastal area of Paraná State, in the Itaquí Range Natural Reserve, Municipality of Guaraqueçaba and in the Palmito State Park, Municipality of Paranaguá. The purpose of the study was to compare and evaluate the nutrient contents in leaves of guanandi (*Callophylum brasiliense* Camb.), in four sites with different soil conditions in its natural range area. To achieve this, the fertility of the soils of the sites named Boa Vista, Rio Velho, Poço and Palmito were determined; as well, as the contents of nutrients in the leaves, additionally, corresponding correlations were performed. The nutrient use efficiency and the occurrence of the sclerophylly in accordance with the different soils conditions of each local were also investigated. In each area, six individuals were selected. Soil samples were collected in the drip line area of the crown, for chemical and physical analysis. The leaves were collected from the lower part of the crown and analyzed for C, Ntotal, P, K, Ca, Mg, Na, Fe, Mn, Cu, Zn, Al, leaf area, leaf weight, specific leaf area, diameter at breast height, total and commercial height. The variables were submitted to simple and multivariate analysis. Despite being different in fertility, the sites showed significant differences only for foliar levels of K, Ca, Zn and Al. The data suggests that possibly the species makes use of different strategies in maintaining stable foliar levels, even under different fertility conditions, inhibiting more severe toxicities of some elements, and also improving the efficiency use for some other elements. The element contents determined in the soil did not correlate with the foliar contents, indicating possibly, that the analytical extraction method utilized for the soil do not fit the extraction capacity of the guanandi. The sampled individual trees utilize efficiently P and Cu irrespectively of the site. The efficiency in P utilization is due to the low levels found in the soil. In relation to Cu, possibly due to its facility in forming stable organo-mineral complexes and, in this sense, requiring from the trees a more higher use efficiency. Another hypothesis, would be the facility by which Cu remains concentrated in the roots contributing to the low levels determined in the leaves. Guanandi leaves are sclerophyllous and similar among the locals studied, with low average of N and P contents. The sclerophylly in this study possibly is the result of a low metabolic requirement due to the low levels in the soil.

Key words: *Callophylum brasiliense*. Atlantic forest. Leaf analysis. Soil analysis. Index of sclerophylly.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 - LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA DOS SÍTIOS DE ESTUDO NO LITORAL DO ESTADO DO PARANÁ. ....	28
FIGURA 2 - VISTA GERAL DO SÍTIO BOA VISTA NA RESERVA NATURAL SERRA DO ITAQUI.....	29
FIGURA 3 - VISTA GERAL DO SÍTIO RIO VELHO NA RESERVA NATURAL SERRA DO ITAQUI.....	30
FIGURA 4 - VISTA GERAL DO SÍTIO POÇO NA RESERVA NATURAL SERRA DO ITAQUI.....	31
FIGURA 5 - VISTA GERAL DA TIPOLOGIA MÉDIA NA FLORESTA ESTADUAL DO PALMITO.....	31
FIGURA 6 - AMOSTRAGEM DE FOLHA DE GUANANDI NA FACE NORTE TERÇO INFERIOR, EM AGOSTO DE 2007.....	35
FIGURA 7 - ANÁLISE DE CLUSTER PARA AGRUPAMENTO DOS SÍTIOS ESTUDADOS NAS PROFUNDIDADES DE 0-5 CM. (A) E 0-20 CM. (B) .....	43
FIGURA 8 – VALORES DA ALTURA TOTAL DOS INDIVÍDUOS DE GUANANDI REPRESENTADOS EM PORCENTAGEM NOS SÍTIOS ESTUDADOS. ....	45
FIGURA 9 – CORRELAÇÕES ENTRE OS TEORES MÉDIOS DE N (A) E P (B) NO SOLO COM OS TEORES FOLIARES MÉDIOS EM GUANANDI NOS SÍTIOS ESTUDADOS.....	53
FIGURA 10 – CORRELAÇÕES ENTRE OS TEORES MÉDIOS DE K (A) E CA (B) NO SOLO COM OS TEORES FOLIARES MÉDIOS EM GUANANDI NOS SÍTIOS ESTUDADOS.....	53
FIGURA 11 – CORRELAÇÕES ENTRE OS TEORES MÉDIOS DE Mg (A) E Na (B) NO SOLO COM OS TEORES FOLIARES MÉDIOS EM GUANANDI NOS SÍTIOS ESTUDADOS.....	54
FIGURA 12 – CORRELAÇÕES ENTRE OS TEORES MÉDIOS DE Fe (A) E Mn (B) NO SOLO COM OS TEORES FOLIARES MÉDIOS EM GUANANDI NOS SÍTIOS ESTUDADOS.....	54

FIGURA 13 – CORRELAÇÕES ENTRE OS TEORES MÉDIOS DE ZN (A) E CU (B) NO SOLO COM OS TEORES FOLIARES MÉDIOS EM GUANANDI NOS SÍTIOS ESTUDADOS.....	54
FIGURA 14 – CORRELAÇÕES ENTRE OS TEORES MÉDIOS DE AL NO SOLO COM OS TEORES FOLIARES MÉDIOS EM GUANANDI NOS SÍTIOS ESTUDADOS.....	55
FIGURA 15 – ANÁLISE DE CLUSTER PARA AGRUPAMENTO DOS SÍTIOS ESTUDADOS EM FOLHAS DE GUANANDI.....	55



## LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – CONCENTRAÇÃO MÉDIA DOS ELEMENTOS MINERAIS (G.KG <sup>-1</sup> DE MASSA SECA) NO SOLO E NA FITOMASSA DE PLANTAS DE AMBIENTE TERRESTRE. ....	20
QUADRO 2 – VALORES MÉDIOS DO ÍNDICE DE ESCLEROFILIA PROPOSTO POR RIZZINI (1997) PARA AS PRINCIPAIS FORMAÇÕES VEGETAIS BRASILEIRAS. ....	26
QUADRO 3 – INTERPRETAÇÃO DA ÁCIDEZ ATIVA, DOS TEORES DOS MACRO E MICRONUTRIENTES, CONDUTIVIDADE ELÉTRICA E TEXTURA DOS SOLOS ESTUDADOS.. ....	43
QUADRO 4 – COMPARAÇÃO DOS TEORES MÉDIOS (G.KG <sup>-1</sup> ) DE MACRONUTRIENTES E SÓDIO FOLIARES DE ESPÉCIES AMOSTRADAS EM FLORESTAS TROPICAIS.....	47
QUADRO 5 – COMPARAÇÃO DOS TEORES MÉDIOS (MG.KG <sup>-1</sup> ) DE MICRONUTRIENTES E ALUMÍNIO FOLIARES DE ESPÉCIES AMOSTRADAS EM FLORESTAS TROPICAIS.....	51

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - VALORES MÉDIOS DOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DA CAMADA DE 0-20 CM NOS DIFERENTES SÍTIOS DE ESTUDO.....	38
TABELA 2 – VALORES MÉDIOS DAS CARACTERÍSTICAS GRANULOMÉTRICAS DA CAMADA DE 0-20 CM NOS DIFERENTES SÍTIOS DE ESTUDO..	41
TABELA 3 – VALORES MÉDIOS DO DIÂMETRO À ALTURA DO PEITO, ALTURA TOTAL E ALTURA COMERCIAL EM GUANANDI NOS DIFERENTES SÍTIOS DE ESTUDO.....	44
TABELA 4 – VALORES MÉDIOS DOS TEORES FOLIARES DE MACRONUTRIENTES, SÓDIO EM GUANANDI NOS DIFERENTES SÍTIOS DE ESTUDO.....	46
TABELA 5 – VALORES MÉDIOS DA RELAÇÃO N:P FOLIAR NOS SÍTIOS DE ESTUDO.....	47
TABELA 6 – VALORES MÉDIOS DOS TEORES FOLIARES DE MICRONUTRIENTES E ALUMÍNIO EM GUANANDI NOS DIFERENTES SÍTIOS DE ESTUDO..	50
TABELA 7 – VALORES MÉDIOS RELATIVOS DA FICIÊNCIA DE UTILIZAÇÃO DE MACRONUTRIENTES, SÓDIO E PESO DE 100 FOLHAS EM GUANANDI NOS DIFERENTES SÍTIOS DE ESTUDO.....	56
TABELA 8 – VALORES MÉDIOS RELATIVOS DA EFICIÊNCIA DE UTILIZAÇÃO DE MICRONUTRIENTES, ALUMÍNIO E PESO DE 100 FOLHAS EM GUANANDI NOS DIFERENTES SÍTIOS DE ESTUDO.....	58
TABELA 9 – VALORES MÉDIOS DAS VARIÁVEIS MORFOLÓGICAS ANALISADAS. .....	59
TABELA 10 – MATRIZ DE CORRELAÇÃO DAS VARIÁVEIS EDÁFICAS E FOLIARES. ....	60

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>12</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>14</b>
2.1	FORMAÇÕES VEGETAIS NA PLANÍCIE LITORÂNEA DO ESTADO DO PARANÁ.....	14
2.1.1	Formações Pioneiras.....	14
2.1.2	Floresta Ombrófila Densa.....	15
2.2	ESPÉCIE ESTUDADA .....	17
2.3	RELAÇÕES ENTRE NUTRIENTES NOS SOLOS E NAS PLANTAS .....	19
2.4	NUTRIÇÃO FLORESTAL E ESCLEROFILIA .....	24
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>28</b>
3.1	CARACTERIZAÇÃO DOS LOCAIS DE ESTUDO .....	28
3.1.1	Boa Vista .....	29
3.1.2	Rio Velho .....	30
3.1.3	Poço .....	30
3.1.4	Floresta Estadual do Palmito – tipologia média.....	31
3.2	VARIÁVEIS ESTUDADAS .....	32
3.2.1	Solo .....	32
3.2.1.1	Amostragem de solo .....	32
3.2.1.2	Análises químicas e físicas .....	32
3.2.2	Diâmetro à altura do peito e Altura Total e Comercial .....	34
3.2.3	Folhas.....	34
3.2.3.1	Amostragem de folhas .....	34
3.2.3.2	Análises químicas dos teores de nutrientes foliares.....	35
3.2.3.3	Eficiência de utilização dos nutrientes.....	36
3.2.3.4	Área foliar e Índice de esclerofilia.....	36
3.2.4	Análise Estatística .....	37
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>38</b>
4.1	CARACTERIZAÇÃO DOS SOLOS DOS SÍTIOS ESTUDADOS .....	38
4.2	DIÂMETRO À ALTURA DO PEITO E ALTURA TOTAL E COMERCIAL .....	44
4.3	FOLHAS.....	45
4.3.1	Teores de nutrientes.....	45
4.3.1.1	Macronutrientes e Sódio .....	45
4.3.1.2	Micronutrientes e Alumínio .....	50
4.3.1.3	Correlações: Solo e Folha.....	53
4.3.2	Eficiência de Utilização de Nutrientes .....	56
4.3.2.1	Macronutrientes e Sódio .....	56
4.3.2.2	Micronutrientes e Alumínio .....	57
4.3.3	Área foliar e Índice de esclerofilia.....	58
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES</b> .....	<b>62</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>63</b>
	<b>ANEXOS</b> .....	<b>73</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O Estado do Paraná originalmente era coberto em 83% por florestas, o restante ocupado por campos e cerrado, restingas, mangues, várzeas e campos de altitude e vegetação rupestre. Atualmente restam menos de 9% de sua cobertura original, resultante do processo de exploração de caráter eminentemente econômico, sendo que 2% desses, de vegetação resguardada em áreas protegidas (RODERJAN et al., 2002, p.75-76).

As Florestas Tropicais possuem particularidades que as diferenciam de outras formações vegetais. Sua heterogeneidade, tanto em relação a sua formação quanto em biodiversidade, tornam-nas únicas. Porém, as pesquisas nesses locais sob os diversos aspectos de seu funcionamento são mais lentas do que a sua exploração.

Conhecer esses ambientes, as espécies ocorrentes, suas exigências nutricionais e potencialidades torna-se necessário para que se possa conservar as áreas remanescentes e, dar suporte a planos de manejo em áreas degradadas. Nesse particular o *Callophylum brasiliense* Camb. ocupa uma posição expressiva. De ampla ocorrência geográfica, porém limitado a determinados ambientes. Soma-se a isso sua importância ecológica e o elevado potencial para a economia madeireira.

Este estudo, parte do projeto Solobioma, e teve como objetivo geral, avaliar o efeito das condições edáficas sobre o estado nutricional de *Callophylum brasiliense* Camb. e sobre o grau de esclerofilia foliar, e como objetivos específicos:

- a) Caracterizar os níveis de fertilidade dos solos e comparar os valores médios dos caracteres entre os quatro diferentes sítios de estudo;
- b) Determinar o diâmetro à altura do peito e estimar a altura total e comercial;
- c) Determinar os teores foliares médios de macronutrientes (N, P, K, Ca e Mg), sódio, micronutrientes (Fe, Mn, Zn e Cu) e alumínio e comparar os valores médios entre os sítios de estudo;
- d) Correlacionar os teores de nutrientes do solo com as respectivas concentrações foliares;
- e) Caracterizar a eficiência de utilização de macronutrientes, sódio, micronutrientes e alumínio dos indivíduos amostrados e;

- f) Verificar a existência de esclerofilia e identificar possíveis razões de sua ocorrência.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 FORMAÇÕES VEGETAIS NA PLANÍCIE LITORÂNEA DO ESTADO DO PARANÁ

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (1992, p. 16-31) encontram-se na planície litorânea Paranaense as seguintes formações vegetais:

Formações pioneiras:

- Vegetação com Influência Marinha (restingas);
- Vegetação com Influência Fluviomarinha (manguezal e campo salino) e
- Vegetação com Influência Fluvial (comunidades aluviais).

Floresta Ombrófila Densa:

- Floresta Ombrófila Densa Aluvial;
- Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas e
- Floresta Ombrófila Densa Submontana.

#### 2.1.1 Formações Pioneiras

Constituem os ambientes revestidos por vegetação de primeira ocupação de caráter edáfico, tomando terrenos rejuvenescidos pelas seguidas deposições sedimentadas ao longo do litoral (IBGE, 1992, p. 30; RODERJAN et al., 2002, p.87). Essas formações pioneiras são consideradas como pertencendo ao complexo “vegetacional edáfico de primeira ocupação” e a origem das deposições determina a sua influência (INSTITUTO PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL (IPARDES), 1989, p. 113; IBGE, 1992, p.30):

- a) Influência Marinha (restinga): são comunidades que recebem influência direta das águas do mar (praias, dunas e restingas). As comunidades vegetais são dominadas por vegetação do tipo escandente e estolonífera nas áreas de praias e dunas e, nanofanerófitos de caráter lenhoso nas áreas de restingas (IBGE, 1992, p. 31; RODERJAN et al., 2002, p. 88). As formações nas restingas foram em grande parte devastadas para fins de

loteamento e agricultura de subsistência, sendo o último abandonado por ser inapto ao cultivo (ZILLER, 1996, p. 7).

- b) Influência Fluviomarinha (manguezal e campo salino): correspondem à vegetação de ocorrência restrita à orla das baías e margens dos rios onde há refluxo das marés. Nesses locais encontram-se associações arbóreas (manguezais) e herbáceas (campos salinos) que tem em comum a salinidade e o tiomorfismo nas diferentes unidades pedológicas em que ocorrem (RODERJAN et al., 2002, p. 89). Em terrenos antecedendo os manguezais, ocorrem densas e extensas populações de *Spartina alterniflora* (RODERJAN et al., 2002, p. 89). É freqüente observar espécies como: *Rhizophora mangle*, *Avicennia schaueriana* e *Laguncularia racemosa* (IPARDES, 1989, p.114; IBGE, 1992, p. 31; ZILLER, 1996, p. 7).
- c) Influência Fluvial (comunidades aluviais): também chamadas de Formações Pioneiras com influência Flúvio-lacustre (RODERJAN et al., 2002, p. 90). Correspondem às formações herbáceas dos abaciados úmidos, sobre Organossolos e Gleissolos influenciados pelo regime hídrico dos rios. Nestes terrenos aluvionares, conforme a drenagem, as comunidades vegetais variam desde criptofítica até os terófitos, geófitos e caméfitos (RODERJAN et al., 2002, p. 90). No Paraná são exemplos os caxetais e os guanandizais, formações de *Tabebuia cassinoides* e *Callophylum brasiliense* respectivamente (IBGE, 1992, p. 31; ZILLER, 1996, p. 7).

### 2.1.2 Floresta Ombrófila Densa

De acordo com Elleberg e Muller-Dombois (1965/6, citado por IBGE, 1992, p. 16), o termo Ombrófila de origem grega, significa “amigo das chuvas”. A área da Floresta Ombrófila Densa do Sul do Brasil, se estende ao longo da costa atlântica, ocupando as planícies quaternárias do litoral, as encostas da Serra do Mar e da Serra Geral. Constituída de diversas formas biológicas, onde ocorrem muitas formações e inúmeras associações, algumas endêmicas, de acordo com as condições ambientais e microclimáticas locais (KLEIN et al., 1990, p. 262). A estrutura da Floresta Ombrófila Densa é caracterizada por fanerófitas nas subformas

macro e mesofanerófitas, lianas lenhosas e epífitas em abundância, diferenciando das outras classes de formações. Predominam nesses ambientes os Latossolos e os Argissolos (podzólicos), ambos distróficos, originados de diversos tipos de rocha como, os granitos, gnaisses e os arenitos procedentes de derramamentos vulcânicos (IBGE, 1992, p. 16-17; RODERJAN et al., 2002, p. 78).

A Floresta Ombrófila Densa pode ser subdivida em cinco formações ordenadas segundo hierarquia topográfica, que refletem fisionomias diferentes, conforme as estruturas florestais e a composição florística: Formação aluvial, Formação das terras baixas, Formação submontana, Formação montana e Formação alto-montana (IBGE, 1992, p. 17). Referente a planície litorânea paranaense encontram-se:

- a) Formação aluvial: é a formação arbórea ribeirinha ou “floresta ciliar”. Ocorre ao longo dos cursos de água ocupando os terraços antigos das planícies quaternárias, sujeitas ou não a inundações periódicas e a um determinado grau de hidromorfia dos solos Neossolos Flúvicos e Gleissolos (RODERJAN et al., 2002, p. 81). É constituída por macro, meso e microfanerófitos de rápido crescimento, nanofanerófitas e caméfitos nas submatas, muitas lianas lenhosas e herbáceas e um grande número de epífitas (IBGE, 1992, p. 17-18). São espécies típicas o guanandi (*Callophyllum brasiliense*) e o Palmito (*Euterpe edulis*), porém, dependendo do ambiente em que estiver inserida, podem ocorrer variações de composição florística, é o caso da caxeta (*Tabebuia cassinoides*) e a cupiúva (*Tapiria guianensis*) (ZILLER, 1996, p. 7).
- b) Formação das terras baixas: está situada entre o nível do mar e aproximadamente 20 metros de altitude. São formações florestais distribuídas sobre sedimentos quaternários de origem marinha, onde a planície litorânea é a principal unidade tipológica (RODERJAN et al., 2002, p. 78-79). Encontra-se na formação das terras baixas solos de drenagem deficiente como Organossolos, Espodossolos e Neossolos Quartzarênico. Destaca-se nesses ambientes hidromórficos o guanandi (*Callophyllum brasiliense*), geralmente acompanhado por *Tabebuia umbellata*. Quando não hidromórficos (Neossolos Quartzarênico e Espodossolos), sua florística é diferenciada onde o guanandi é praticamente ausente (RODERJAN et al., 2002, p. 78-79).



- c) Formação submontana: situada entre aproximadamente 20 e 600 metros de altitude. São formações que ocupam o início das encostas da Serra do Mar e a planície litorânea com sedimentos quaternários continentais (depósitos coluviais) (RODERJAN et al., 2002, p. 79-80). Comparando com as outras formações da Floresta Ombrófila Densa, é a que apresenta maior diversidade vegetal, dado as condições edáficas (Argissolos, Latossolos e Cambissolos) em conjunto com o regime climático. É ocupada por fanerófitas de alto porte, o subosque é integrado por plântulas de regeneração natural, poucos nanofanerófitos e caméfitos, além da presença de palmeiras de pequeno porte e lianas herbáceas (IBGE, 1992, p. 18; RODERJAN et al., 2002, 79-80).

## 2.2 ESPÉCIE ESTUDADA

A espécie *Calophyllum brasiliense* Camb., pertencente a família da Clusiaceae, antiga Guttiferae, é uma árvore nativa, vulgarmente conhecida como guanandi, jacareúba, cedro-mangue, olandi, pau de azeite, pau-sândalo, entre outras denominações.

É uma árvore perenifólia, atingindo até 35 m de altura e 60 cm de diâmetro (CORRÊA, 1984, p. 534). Possui folhas coriáceas, glabras, com muitas nervuras secundárias paralelas e muito próximas (REITZ; KLEIN; REIS, 1978, p. 219). O guanandi apresenta floração variável, em virtude de sua ampla área de ocorrência. No estado do Paraná floresce durante os meses de janeiro a março, ocorrendo a maturação dos frutos durante os meses de abril a junho (LORENZI, 2002, p. 132; CARVALHO, 2003, p. 488). Seus frutos são do tipo drupáceo globoso, com 1,5 a 2 cm de diâmetro, sendo dispersos principalmente de forma hidrocórica e zoocórica, servindo também de alimento para o papagaio da cara-roxa (*Amazona brasiliensis*) (SPVS, 1992; MARQUES, 1994).

Segundo Reitz, Klein e Reis (1978, p. 219), apresenta tronco geralmente reto e cilíndrico encimado por abundante e vigorosa ramificação formando copa larga e densa folhagem verde escura. A casca externa apresenta coloração marrom-escura finamente fissurada, a casca interna é rósea, com aroma de mel, amargosa e

ácida, exudando abundante e espessa gomo-resina de cor amarelo-esverdeada (CORRÊA, 1984, p. 535; CARVALHO, 2003, p. 488). Pode ser confundida com a maçaranduba, com a qual está associada, onde essa apresenta casca mais grossa, fendida e ao corte exsuda látex amarelo (INOUE; RODERJAN; KUNIYOSH, 1984, p. 113).

De ampla dispersão neotropical, ocorrendo desde o México e Guiana até o Rio Grande do Sul, Bolívia e Paraguai (POTT; POTT, 1994, p. 125). Segundo Reitz, Klein e Reis (1978, p. 219) e Pott e Pott (1994, p. 125), ocorre na Floresta Atlântica, no cerrado, na restinga e nas matas do Brasil Central. Sendo encontrada quase exclusivamente nas planícies do quaternário do litoral em solos hidromórficos, sendo muitas vezes dominantes constituindo os denominados olandizais ou guanandizais (REITZ; KLEIN; REIS, 1978, p. 219).

No Paraná, restringe-se às superfícies pleistocênicas e holocênicas onde predominam os Organossolos e Espodossolos hidromórficos (CARVALHO, 2003, p. 490). Espécie heliófita secundária/ intermediária tardia ou clímax, podendo ocorrer de forma pioneira nas formações de influência fluvial no litoral paranaense, com grande agressividade sobre a vegetação brejosa mais esparsa (REITZ; KLEIN; REIS, 1978, p. 219; CARVALHO, 2003, p. 490).

A madeira do guanandi é pesada e dura, servindo para taboado em geral, vigas, dormentes, carpintaria, caixilhos, remos, moirões, postes, estacas, barris para vinhos e persianas (REITZ; KLEIN; REIS, 1978, p. 224). Tem emprego nas construções civis e navais, carrocerias de caminhão e é considerada imputrescível dentro d'água. Madeira ainda pouco utilizada no Brasil, em contraste com outros países da América do Sul e do caribe, podendo substituir o mogno (*Swietenia* spp.) e o cedro (*Cedrella* spp.) esteticamente (CARVALHO, 2003, p. 493).

De acordo com Corrêa (1984, p. 535) e Carvalho (2003, p. 493), outros produtos são extraídos desta espécie como a resina exsudada pela casca, com aplicações veterinárias; o óleo industrial extraído a partir do fruto; a saponina das folhas e substâncias tanantes retiradas de folhas e casca.

O guanandi é considerado importante para a atividade de reflorestamento devido à sua vitalidade, apresentando um incremento bastante satisfatório em altura e diâmetro (SCHMIDT; VOLPATO, 1972, p. 103-106). É também indicada para plantios em áreas onde o solo é permanentemente encharcado e na arborização de

praças públicas (TOLEDO FILHO; PARENTE, 1988, p. 23; TORRES et al., 1992, p. 15).

### 2.3 RELAÇÕES ENTRE NUTRIENTES NOS SOLOS E NAS PLANTAS

As florestas tropicais são ecossistemas frágeis apresentando uma grande biodiversidade. Essas florestas, em termos estruturais, são caracterizadas pelo grande número de indivíduos, distribuídos espacialmente conforme as características do sítio em que ocorrem. Normalmente localizam-se sob condições variáveis de precipitação, temperatura, relevo e solo, esse, de maneira geral, o principal modificador de sua estrutura (HAAG, 1985; SANCHEZ, 1989; JORDAN, 1991; KNOPS; KOENIG, 1997).

Os solos nesses ecossistemas, na sua maioria, são de baixa fertilidade e fortemente lixiviados (AERTS; CHAPIN III, 2000). Na planície litorânea paranaense predominam os Gleissolos, Organossolos, Espodossolos, Neossolos Flúvicos, Neossolos Quartzarênicos, Argissolos, Latossolos e Cambissolos (RODERJAN et al. 2002), determinando o crescimento das espécies das comunidades vegetais que os ocupam dado às condições edáficas locais (AERTS; CHAPIN III, 2000).

A presença da floresta provoca modificações nas propriedades físicas, químicas e biológicas desses solos pela deposição da matéria orgânica nas camadas superficiais (HAAG, 1985). Em conjunto, solo e vegetação constituem um sistema, no qual elementos orgânicos ou inorgânicos afetam e são afetados uns pelos outros (HAAG, 1985). A ciclagem dos nutrientes através do fluxo e o acúmulo entre os compartimentos do ecossistema, constituem um papel vital na manutenção da sua produtividade, permitindo que os mesmos recursos nutricionais sejam utilizados em sucessivos períodos de fixação de energia (DELITTI, 1995).

Essa grande relação entre o solo e a vegetação foi estudada por Golley et al. (1978) numa floresta no Panamá onde verificaram alta correlação entre as concentrações de Ca, Mg e Mn do solo com os correspondentes na vegetação, concluindo que, a concentração desses nutrientes na vegetação depende de sua concentração no solo.

Assim, a caracterização de espécies vegetais com relação à nutrição mineral e as suas interações com os atributos do solo podem ser feitas através da análise foliar, sendo possível determinar a relação entre o acúmulo de nutrientes e o ambiente (MALAVOLTA, 1997, p. 135-136; LARCHER, 2004, p. 194).

Diferentes fatores influenciam os teores de nutrientes nas folhas: tipo e idade da folha, disponibilidade dos nutrientes no solo, condições climáticas e edáficas. Folhas são órgãos altamente sensíveis a fatores ambientais, bem como a ciclos fenológicos e a ritmos de crescimento (BUSSOTTI et al., 2000). Geralmente os nutrientes N, P e K apresentam altas concentrações em folhas novas e, com a idade mostram um decréscimo nestes teores, devido à retranslocação dos mesmos na planta, para a formação de novos tecidos. Por outro lado, os teores de Ca, Mg, Mn e B frequentemente aumentam nos tecidos foliares mais velhos (MONTES; MEDINA, 1977; MENGEL; KIRKBY, 1987; MARSCHNER, 1995; LAMBER; CHAPIN III; PONS, 1998).

Efeitos antagônicos e de sinergismo também influenciam os teores foliares, ambos com efeitos positivos e negativos sobre o desenvolvimento das plantas. O sinergismo descreve o oposto do antagonismo, quando a absorção de um nutriente é estimulada pelo outro (MENGEL; KIRKBY, 1987).

Adicionalmente, a análise química de solo e de planta é complexa, com limitações nas diversas fases do processo, desde a amostragem, o preparo das amostras, as técnicas analíticas utilizadas, podendo influir nos resultados obtidos e, por conseqüência, na interpretação (BATAGLIA, 1991, p. 289-290).

QUADRO 1 – CONCENTRAÇÃO MÉDIA DOS ELEMENTOS MINERAIS ( $\text{g.kg}^{-1}$  DE MASSA SECA) NO SOLO E NA FITOMASSA DE PLANTAS DE AMBIENTE TERRESTRE.

Elemento	Valor médio no solo	Limites de valores na planta	Necessidades
Al	70	0,04 – 0,5	
Fe	40	0,002 – 0,70	Aprox. 0,1
Ca	15	0,4 – 1,5	3 – 15
K	14	1 – 70	5 – 20
Mg	5	0,7 – 9	1 – 3
Na*	5	0,02 – 1,5	0,5 - 30
N	2	12 – 75	15 – 25
Mn	1	0,003 – 1	0,03 – 0,05
P	0,8	0,1 – 1,0	1,5 – 3
Zn	0,09	0,001 – 0,4	0,01 – 0,05
Cu	0,03	0,004 – 0,02	0,005 – 0,01

FONTE: \* FINCK (1969, p. 112) E LARCHER (2004, p. 193)

Com relação às exigências nutricionais, as espécies vegetais diferem muito em relação às suas necessidades e na concentração encontrada em seus tecidos (LARCHER, 2004). QUADRO 1.

Segundo Lambers, Chapin III e Pons, (1998), no caso de plantas cultivadas, essas foram detalhadamente pesquisadas, porém com plantas selvagens existem poucas pesquisas sobre as suas necessidades nutricionais. Isso se justifica devido a complexidade desses ambientes pela dificuldade em controlar a interação dos diversos fatores.

Em ambientes de baixa fertilidade do solo, ocorrem formas de vida especializadas como: líquens, musgos, espécies graminóides, herbáceas dicotiledôneas perenes, arbustos anões e plantas esclerófilas (LARCHER, 2004, p. 222-223). Jordan (1991) e Aerts e Chapin III (2000) explicam que estas espécies apresentam mecanismos de adaptação em solos de baixa fertilidade, minimizando as perdas e maximizando a utilização de determinados nutrientes limitantes, principalmente N e P.

Plantas que sofrem estresse nutricional apresentam estratégias eficientes e, apesar dessa situação de baixa oferta de nutrientes, alcançam a necessária atividade metabólica para manter a capacidade competitiva (LAMBERS; CHAPIN III; PONS, 1998; AERTS; CHAPIN III, 2000). As plantas podem:

- Modificar a morfologia de seu sistema radicular: raízes em “cluster”, associações simbióticas, modificações na rizosfera, exudação radicular (CHAPIN III, 1980; JORDAN, 1991, p. 161; PEARSON; RENGEL, 1997; LAMBERS; CHAPIN III; PONS, 1998, p. 254);
- Criar mecanismos de resistência à toxidez de metais como o Al e o Mn: tolerando, por mecanismos que permitam a sua sobrevivência na presença do íon metal e, evitando pela prevenção na absorção do íon, excluindo-o e complexando-o na rizosfera (PESSARAKLI, 1993; MARSCHNER, 1995; RENGEL, 1997);
- Criar mecanismos de resistência à salinidade. Os meios salinos impõem duas maneiras de estresse nas plantas, o estresse osmótico e a toxicidade salina (PESSARAKLY, 1993; GLENN; BROWN; KHAN, 1997). Normalmente nesses locais, as plantas diminuem a sua capacidade de absorção de água pelas raízes, ficando submetidas a um estresse osmótico, conduzindo à toxicidade iônica. Como conseqüência, ocorre a

desnaturação de enzimas do citoplasma, vitais para a síntese de proteínas e para a fotossíntese. Essas duas formas de estresse acarretam em diversos tipos de danos como, por exemplo, alteração nos processos metabólicos e redução da turgidez celular. Caso isto não seja regulado, o crescimento fica inibido (PESSARAKLY, 1993; MARSCHNER, 1995; LARCHER, 2004; TAIZ; ZEIGER, 2006). Quando o estresse é ocasionado pelo Na e esse seja absorvido e translocado pelo floema, o excesso poderá ser excluído pela parte aérea através de estruturas secretoras ou pela abscisão de partes concentradas de sal (MARSCHNER, 1995; GLENN; BROWN; KHAN, 1997).

- Alterar a sua morfogênese: o desenvolvimento se divide em duas fases o crescimento e a diferenciação. O primeiro é caracterizado por processos de divisão e ampliação das células, resultando no aumento das dimensões e em peso. O segundo refere-se a modificações irreversíveis e semi-reversíveis, gerando mudanças no organismo vegetal durante a sua formação e desenvolvimento. Crescimento e diferenciação correlacionam-se negativamente, pois ambos dependem de produtos da fotossíntese. Sob condições favoráveis, o crescimento prevalece. Caso esse seja paralisado por condições sub-ótimas, os açúcares, antes usados no crescimento, acumulam-se e tornam-se matéria prima para uma diferenciação mais intensa (JORDAN, 1991, p. 160-162; PEARSON; RENGEL, 1997; RIZZINI, 1997, p. 210-215);
- Sintetizar compostos secundários para repelir ou inibir outras plantas ou herbívoros: esclerofilia e alelopatia (JORDAN, 1991, p. 162; RIZZINI, 1997, p. 210-215; LAMBERS; CHAPIN III; PONS, 1998, p. 413-433; HANLEY et al., 2007);
- Usar eficientemente o nutriente: em termos nutricionais, uma espécie é considerada superior quando, mesmo sob condições desfavoráveis de fertilidade do solo é capaz de se desenvolver pela sua habilidade de absorver os nutrientes necessários, em menor quantidade e/ou, distribuí-los de maneira mais eficiente nos diversos componentes da planta, sem comprometer a sua produtividade (JORDAN, 1991, p. 163; MARSCHNER, 1995; PEARSON; RENGEL, 1997; RENGEL, 1997; LAMBERS; CHAPIN III; PONS, 1998, p. 291-292; AERTS; CHAPIN III, 2000, p. 28-29). Assim,

as variações do EUN são conseqüências do conteúdo dos nutrientes e da biomassa produzida pela espécie. Segundo Drumond et al. (1997), de maneira geral, espécies em condições de mata natural tendem a apresentar menor eficiência na utilização dos nutrientes, pois consomem mais nutrientes devido a sua maior disponibilidade no solo, decorrente de uma ciclagem e liberação mais uniforme. Além disso, a maior ou menor eficiência pode ser reflexo de uma adaptação às perdas anuais e ao aumento da reutilização dos mesmos. A eficiência de utilização de nutrientes varia em função da espécie, do sítio, dos estágios sucessionais, da idade fisiológica das folhas, posição na copa, estação do ano e pelo déficit hídrico, onde, sob condições de melhor suprimento hídrico há uma rápida taxa de crescimento proporcionada pelos processos de transporte no solo (MORAIS et al., 1990; CALDEIRA; RONDON NETO; SCHUMACHER, 2004; WINCKLER, et al., 2006) e;

- Aumentar a concentração de sílica, ligando-se ao Fe ou ao Al permitindo que o P fique na forma solúvel (JORDAN, 1991, p. 163).

Essas estratégias têm como objetivo o melhor ajuste às condições predominantes no ambiente com a finalidade da melhor relação entre ganhos e riscos (MARSCHNER, 1995; PEARSON; RENGEL, 1997; AERTS; CHAPIN III, 2000; LARCHER, 2004; TAIZ; ZEIGER, 2006).

No Brasil, são poucos os estudos, a campo, relacionados ao entendimento dos diversos processos ligados a espécies nativas encontradas na Mata Atlântica, dentre eles os aspectos nutricionais. Em grande parte, esses trabalhos são realizados no cerrado em espécies acumuladoras de Al, os mais recentes sendo Haridasan (2000), Alvim, Korndorf e Fernandes (2006) e Ferreira et al. (2007). Pesquisas relacionadas ao comportamento de espécies adultas nativas quanto à nutrição mineral no Brasil foram realizadas por Golley et al. (1978), Sobrado e Medina (1980), Klinge et. al (1983), Thompson et al. (1992), Britez (1994), Boeger (2000), Boeger, Wisniewski e Reissmann (2005) e Haridasan e Araújo (2005), e dessas citadas somente, Britez (1994), Boeger (2000), Boeger, Wisniewski e Reissmann (2005) estão relacionadas com o comportamento nutricional do guanandi. Devido as dificuldades encontradas no campo, esses estudos restringem-se a indivíduos jovens e normalmente em ambientes controlados e com mudas, podendo citar de Resende et al. (1999) e de Resende et al. (2000).

## 2.4 NUTRIÇÃO FLORESTAL E ESCLEROFILIA

O termo esclerofilia foi introduzido pelo trabalho pioneiro de Schimper (1903, citado por Seddon, 1974, p. 78), para distinguir plantas com folhas coriáceas daquelas que exibem folhas suculentas ou ausentes.

O conceito de escleromorfismo foliar inicialmente estava associado ao xeromorfismo, como uma forma de resistência ao déficit hídrico pelo aumento na quantidade de tecidos de sustentação, característico da vegetação do Mediterrâneo onde o clima é caracterizado pelo inverno chuvoso e o verão seco (SEDDON, 1974).

Folhas esclerófilas são mais tolerantes ao estresse hídrico, porém não estão necessariamente envolvidas com regiões áridas. Essa hipótese foi confirmada no trabalho de Beadle (1966), em estudo de vegetação da Austrália, onde foi observada a distribuição de espécies esclerófilas associadas aos baixos níveis de fosfato encontrado no solo. Beadle (1966) concluiu que a disponibilidade de fósforo no solo determina a seleção de tipos esclerófilos e mesófilos. Solos pobres em P são ocupados por vegetação esclerófila independente do regime pluvial. Fato confirmado também no trabalho de Medina, Garcia e Cuevas (1990), onde, a esclerofilia não estaria necessariamente ligada a adaptações envolvendo a carência de água, mas devido à seleção a ambientes pobres em nutrientes, predominantemente em solos carentes de P.

Loveless (1961) estendeu a hipótese que relaciona a nutrição com a esclerofilia, caracterizando as folhas esclerófilas por apresentarem uma alta razão entre fibra bruta e proteína bruta devido aos baixos teores de P por peso seco foliar. Esse evento gerou o índice conhecido como índice de esclerofilia de Loveless, sendo o resultado da razão entre essas duas variáveis. A alta correlação encontrada entre proteína e teor de P nas folhas, sugere uma habilidade da vegetação esclerófila em tolerar os baixos níveis de P no solo utilizando-o com extrema eficiência.

De acordo ainda com Loveless (1961), a deficiência de P normalmente não ocorre isolada, estando, por exemplo, muitas vezes associado ao N, pois esse é regulado pela disponibilidade de P. Ambos nutrientes são essenciais para a síntese de proteínas, em caso de deficiência ocorre o decréscimo na síntese protéica e, por conseguinte o acúmulo de açúcar, o que resulta em altos valores osmóticos em folhas esclerófilas. Segundo Montes e Medina (1977, p. 304), fatores genéticos



regulam a utilização dos nutrientes do solo, diferindo nos teores de N e P nas folhas. Assim, folhas esclerófilas podem utilizar pouco P independente da disponibilidade no solo.

As plantas são constituídas em grande parte por carboidratos produzidos pela assimilação do CO<sub>2</sub>. O desbalanço nutricional provoca uma diminuição no rendimento da produção de matéria seca pelo desbalanço de carbono, refletindo no inadequado crescimento da área foliar (LAMBERS; CHAPIN III; PONS, 1998). O custo para o crescimento e diferenciação não se limita apenas na massa seca incorporada aos tecidos estruturais. A esse custo acrescenta-se o consumo ou uso dos carboidratos em muitos outros processos metabólicos. Folhas esclerófilas são mais “caras”, pois apresentam valores mais altos de massa seca por unidade de superfície em relação às folhas não-esclerófilas, além da presença de compostos bioquímicos mais energeticamente dispendiosos (LARCHER, 2004; TAIZ; ZEIGER, 2006).

Entre o aumento de biomassa e o abastecimento de N, existe uma estreita relação. A energia e a estrutura molecular para a incorporação do N são supridas pelo metabolismo dos carboidratos, que por sua vez depende da fotossíntese. Assim, o crescimento em massa é limitado pela oferta de N e, sob baixo fornecimento de N, o carboidrato excedente é estocado na forma de amido e substâncias graxas ou desviado para a síntese de lignina através de metabolismo secundário (LAMBERS; CHAPIN III; PONS, 1998; LARCHER, 2004).

A formação de metabólitos secundários, em geral, não apresenta ação direta conhecida (TAIZ; ZEIGER, 2006, p. 311). Porém em plantas esclerófilas, esses metabólitos estão associados a mecanismos de defesa anti-herbivoria (EDWARDS; READ; SANSON, 2000; HANLEY et al., 2007). Folhas esclerófilas reduzem a sua palatabilidade e a digestibilidade, pois a digestão da celulose, muitas vezes associada com a lignina, hemicelulose e sílica, é pouco palatável para os herbívoros (HANLEY et al., 2007, p. 161).

De acordo com os autores anteriormente citados, a esclerofilia é discutida sob diferentes interpretações. Podendo ser divididas em quatro grupos: aqueles que acreditam na hipótese da conservação da água (TUNER 1994a, 1994b; SALLEO; NARDINI, 2000); na resistência devido à pressão negativa de turgor (AGAMI; LIPS; OERTLI, 1990; SALLEO; NARDINI, 2000); a nutricional (LOVELESS, 1961; MARIN; MEDINA, 1981; MEDINA; GARCIA; CUEVAS, 1990; TUNER 1994a, 1994b;

SALLEO; NARDINI, 2000) e a hipótese envolvendo questões de adaptação para proteção contra danos mecânicos (CHOONG et al., 1992; TUNER 1994a, 1994b; SALLEO; NARDINI, 2000; WRIGHT; CANNON, 2001; READ; SANSON, 2003).

Segundo Lambers, Chapin III e Pons (1998, p. 307), diversas investigações mostram que locais de baixa fertilidade do solo muitas vezes estão associados com folhas de baixa área foliar específica (AFE), representada pela relação área foliar ( $\text{cm}^2$ )/ massa seca da folha (g). Nessas folhas a variação na biomassa está em grande parte relacionada com a alteração na espessura da parede celular, no número de células esclerenquemáticas e na concentração de importantes compostos secundários para a planta.

Diversos autores (MONTES; MEDINA, 1977; SOBRADO; MEDINA, 1980; MARIN; MEDIANA, 1981; TUNER, 1994a; AERTS; CHAPIN III, 2000, BUSSOTI et al., 2000; EDWARDS; READ; SANSON, 2003, HANLEY et al., 2007) utilizaram o AFE como índice de esclerofilia, avaliando a alocação da massa seca por unidade de superfície em diferentes ambientes.

Groom e Lamont (1999) avaliaram qual índice de esclerofilia melhor reflete as diferenças na estrutura das folhas, considerando o índice de esclerofilia de Loveless e AFE. Concluíram que, a AFE é o melhor índice de esclerofilia, pois está ligado a atributos anatômicos e estruturais das folhas que contribuem diretamente para a dureza da folha.

No Brasil, Rizzini (1997, p. 154) definiu como índice de esclerofilia (IE) a relação de massa seca (g) pela superfície da folha ( $2 * \text{área foliar, dm}^2$ ), tendo como quociente mínimo de 0,6 para as espécies esclerófilas. O IE proposto por Rizzini (1997) para as principais formações vegetais brasileiras está apresentado no QUADRO 2.

QUADRO 2 – VALORES MÉDIOS DO ÍNDICE DE ESCLEROFILIA PROPOSTO POR RIZZINI (1997) PARA AS PRINCIPAIS FORMAÇÕES VEGETAIS BRASILEIRAS.

Formação	IE extremos	IE médio
Floresta pluvial	0,19 a 0,85	$0,50 \pm 0,01$
Restinga	0,62 a 1,21	$0,94 \pm 0,02$
Cerrado	0,57 a 1,36	$0,95 \pm 0,00$
Campo limpo	0,83 a 1,99	$1,13 \pm 0,04$
Campo altimontano	0,73 a 1,91	$1,11 \pm 0,05$

FONTE: RIZZINI (1997, p. 160)

Com relação à esclerofilia interagindo com os fatores edáficos, essa foi discutida por um tempo (LOVELESS, 1961; BEADLE, 1966; SOBRADO E MEDINA, 1980; MARIN E MEDINA, 1981; KAPELLE; LEAL, 1996) e dados sobre a Vegetação Atlântica Brasileira são escassos (SOBRADO; MEDINA, 1980; CAMERIK; WERGER, 1981; BOEGER, 2000; ALVIN; KORNDORF; FERNANDES, 2006). Atualmente, as pesquisas estão voltadas na sua maioria para as propriedades mecânicas e defesas anti-herbivoria que a esclerofilia oferece como benefício às plantas (COLEY, 1983; EDWARDS; READ; SANSON, 2000; WRIGHT; CANNON, 2001; READ; SANSON, 2003, ALVIN; KORNDORF; FERNANDES, 2006; HANLEY et al, 2007).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 CARACTERIZAÇÃO DOS LOCAIS DE ESTUDO

O presente estudo foi conduzido na área da Reserva Natural Serra do Itaqui, pertencente à Sociedade de Pesquisa em Vida Selvagem e Educação Ambiental (SPVS), município de Guaraqueçaba-PR e, Floresta Estadual do Palmito, Unidade de Conservação administrada pelo Instituto Ambiental do Paraná (IAP), município de Paranaguá-PR.

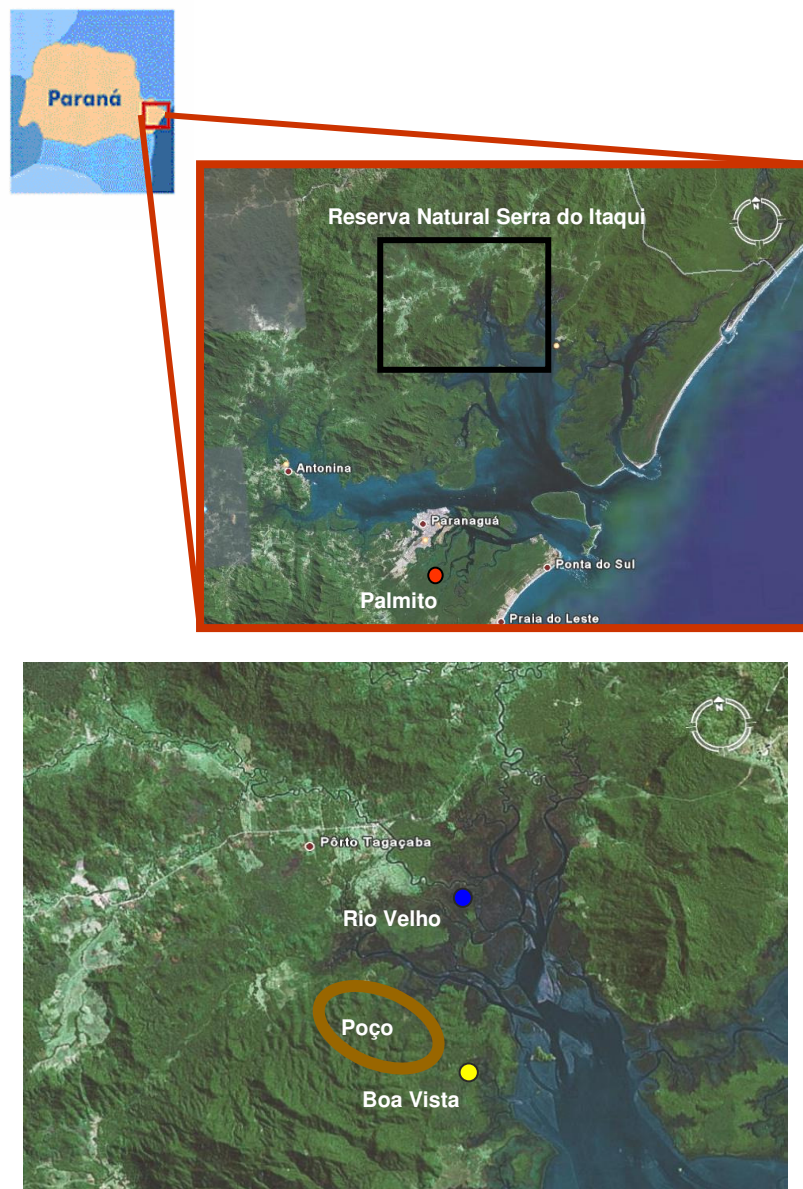


FIGURA 1 - LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA DOS SÍTIOS DE ESTUDO NO LITORAL DO ESTADO DO PARANÁ. FONTE: GOOGLE EARTH (2007)

Definiram-se na área da Reserva Natural Serra do Itaqui os seguintes sítios de coleta nomeados de: Boa Vista (25°18' S e 48°26' W Gr), Rio Velho (25°14' S e 48°26' W Gr) e Poço (25°16' S e 48°27' W Gr). Para a área da Floresta Estadual do Palmito o sítio de coleta correspondeu à tipologia florestal média, localizada nas coordenadas 25°35' S e 48°32' W Gr. FIGURA 1.

Segundo a classificação de Köppen o clima nas porções serranas é considerado do tipo Cfa, subtropical úmido mesotérmico, com temperaturas variando entre 18 e 22° C. As precipitações são regulares ao longo do ano sem apresentar estação seca definida. Na planície o clima é considerado do tipo Af(t), chuvoso tropical sempre úmido, conforme a classificação de Köppen. As temperaturas médias são de 21,1° C e as precipitações anuais variam de 2500 a 3000 mm (SPVS, 2002).

### 3.1.1 Boa Vista

No sítio Boa Vista o solo é classificado como Gleissolo Melânico Distrófico/Alumínio típico, podendo ocorrer variações e inclusões de Cambissolos. São formados a partir do produto do intemperismo de rochas de natureza diversa, com predomínio de Sedimentos Recentes, associados a Gnaisses-migmatitos nas áreas mais elevadas da paisagem.



FIGURA 2 - VISTA GERAL DO SÍTIO BOA VISTA NA RESERVA NATURAL SERRA DO ITAQUI. FOTO: CARLOS BRUNO REISSMANN (2006).

A vegetação original desta área é representada por Vegetação secundária em Estágio Médio/Avançado seguida por Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas ou Aluvial, sob influência do tipo climático Cfa. (SPVS, 2002, p. 105-106). FIGURA 2.

### 3.1.2 Rio Velho

No sítio Rio Velho o solo formado sobre mangues é classificado como Neossolo Flúvico Sódico salino, podendo ocorrer inclusões de Gleissolos Melânicos. A vegetação desta área é basicamente representada pela Formação Pioneira de Influência Flúvio Marinha arbórea sob influência do tipo climático Af(t) (SPVS, 2002, p. 89-90). FIGURA 3.



FIGURA 3 - VISTA GERAL DO SÍTIO RIO VELHO NA RESERVA NATURAL SERRA DO ITAQUI. FOTO: CARLOS BRUNO REISSMANN (2006)

### 3.1.3 Poço

No sítio Poço o solo é classificado como Gleissolo Melânico Distrófico/Alumínio típico, podendo ocorrer variações e inclusões de Cambissolos. São formados a partir do produto do intemperismo de rochas de natureza diversa de Sedimentos Recentes, que ocupam as porções mais baixas, e Gnaisses-migmatitos. A vegetação desta área apresenta feições particulares devido as condições locais sendo representada por Vegetação secundária em Estágio Médio/Avançado, em menor proporção por Floresta Ombrófila Densa Submontana e por outras formas



secundárias em menor proporção, sob influência do tipo climático Cfa. (SPVS, 2002, p.105-106, p.113-114). FIGURA 4.



FIGURA 4 - VISTA GERAL DO SÍTIO POÇO NA RESERVA NATURAL SERRA DO ITAQUI. FOTO: O AUTOR (2006).

#### 3.1.4 Floresta Estadual do Palmito – tipologia média

No sítio Palmito o solo é classificado como Espodossolo Cárbico órtico (EMBRAPA, 1999).



FIGURA 5 - VISTA GERAL DA TIPOLOGIA MÉDIA NA FLORESTA ESTADUAL DO PALMITO. FOTO: O AUTOR (2007).

Área originalmente coberta por Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas, hoje, caracterizada por áreas distintas em fase de sucessão secundária com diferentes idades e estrutura fitossociológica denominadas de tipologias florestais a saber, inicial, média e avançada (PROTIL, 2006, p. 27). No local de coleta, a vegetação é classificada como tipologia florestal média. Segundo a classificação de Köeppen o clima é classificado como Af, tropical chuvoso, sem estação seca e isento de geadas, com temperaturas médias de 21,1<sup>o</sup> C. As precipitações são uniformes ao longo do ano com médias de 1976,4 mm (MAACK, 1981). FIGURA 5.

## 3.2 VARIÁVEIS ESTUDADAS

### 3.2.1 Solo

#### 3.2.1.1 Amostragem de solo

Para cada sitio foram selecionadas 6 árvores matrizes, onde realizou-se uma amostragem estratificada do solo na projeção da copa de cada árvore selecionada, com a finalidade de caracterização do nível de fertilidade por árvore matriz. As profundidades das amostragens foram: 0-5 cm; 5-10 cm; 10-20 cm; 20-40 cm e 40-60 cm. Utilizou-se para os primeiros 20 cm uma pá cortadeira, separando as primeiras profundidades com o auxílio de uma faca. Para as outras o trado holandês foi empregado. Neste estudo, utilizou-se a camada de 0-20 cm de profundidade para a interpretação dos níveis da fertilidade dos solos dos sítios estudados, pois nessa, segundo Lima (2006, p. 82), os teores de nutrientes são mais relacionados com o crescimento das árvores. Embora também tenha sido amostrado de 0-5 cm de profundidade, sem no entanto, apresentar correlação significativa com os dados químico-foliares (ANEXO 14) optando-se em manter o procedimento tradicional de amostragem de solos. Os teores obtidos das camadas de 0-20 cm foram obtidos através da média das três primeiras profundidades amostradas.

#### 3.2.1.2 Análises químicas e físicas

As análises químicas foram realizadas no Laboratório de Fertilidade do Solo e Laboratório de Biogeoquímica e Nutrição Mineral de Plantas (LABINP). As análises



físicas foram realizadas no Laboratório de Física do Solo, todos localizados no Departamento de Solos e Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Paraná (UFPR).

O solo foi seco ao ar e peneirado em malha 2 mm e encaminhado para as seguintes análises: pH em  $\text{CaCl}_2$   $0,01 \text{ mol.L}^{-1}$ , acidez potencial ( $\text{H}^{+1} + \text{Al}^{+3}$ ) com a solução SMP, alumínio (Al), cálcio (Ca), magnésio (Mg), fósforo (P), potássio (K), sódio (Na), carbono orgânico (C), nitrogênio total (N), ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn), cobre (Cu), condutividade elétrica (CE) e granulometria.

Para as análises de pH em  $\text{CaCl}_2$   $0,01 \text{ mol.L}^{-1}$  e Acidez potencial ( $\text{H}^{+1} + \text{Al}^{+3}$ ) com a solução tampão SMP utilizou-se a metodologia descrita por PAVAN (1992). Segundo o mesmo autor, Al, Ca e Mg trocáveis foram extraídos com solução KCl  $1 \text{ mol.L}^{-1}$  e determinados por titulação. Para P, K e Na disponíveis no solo, utilizou o extrator Mehlich 1. As determinações desses elementos foram respectivamente através de: colorimetria com azul de molibdênio e fotometria de chama para K e Na (PAVAN, 1992).

O C orgânico foi extraído através da oxidação da matéria orgânica pelo dicromato de potássio em meio ácido e determinado por colorimetria em comprimento de onda de 630nm (PAVAN, 1992).

N-total foi determinado pelo processo micro Kjeldahl, conforme descrito por Hildebrand, Hildebrand e Reissmann (1977). O preparo e a digestão das amostras foi por via úmida com  $\text{H}_2\text{SO}_4$  concentrado, com posterior destilação com NaOH 32%, e titulação do  $\text{H}_2\text{SO}_4$  residual (BREMNER, 1996).

Os micronutrientes Fe, Mn, Zn e Cu foram extraídos em solução HCl  $0,1 \text{ mol.L}^{-1}$ , segundo da Silva (1999) e determinados por absorção atômica.

Conforme Raij, Gheyi e Bataglia (2001), a CE foi determinada a partir do extrato aquoso 1:2, as leituras observadas foram transformadas para temperaturas de  $25^\circ\text{C}$  utilizando a seguinte fórmula:

$$\text{CE}_{25^\circ\text{C}} = \text{CE}_{\text{obs}} * \text{fc}_t$$

Onde:  $\text{CE}_{\text{obs}}$  é a condutividade observada e  $\text{fc}_t$  é o fator de correção de temperatura para  $25^\circ\text{C}$ , em que para cada grau de variação para mais ou para menos em relação

a 25°C, aumente ou diminua a CE em 2%. Desta maneira o  $f_{c_t}$  é dado por  $1 + 0,02 \cdot (25 - \text{Leitura a } T \text{ } ^\circ\text{C})$ .

As análises granulométricas das amostras foram realizadas utilizando dispersão total, pelo método da pipeta descrito em Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) (1997).

A descrição e interpretação dos resultados analíticos encontrados deram-se conforme os padrões do sistema brasileiro de fertilidade (TOMÉ JÚNIOR, 1997; EMBRAPA, 1999; SBCS, 2004; MEURER, 2006). Referente às demais profundidades amostradas e valores médios resultantes de cálculos complementares seguem no anexo (ANEXOS 8, 9 e 10).

### 3.2.2 Diâmetro à altura do peito e Altura Total e Comercial

Utilizando uma fita métrica, determinou-se circunferência à altura do peito (CAP) e, através da divisão do valor encontrado por  $\pi$  encontrou-se o diâmetro à altura do peito (DAP). Em seguida, com um hipsômetro modelo Blume-Leiss, estimou-se as alturas totais (distância entre o solo e o final da copa da árvore) e as alturas comerciais (distância da parte inferior do fuste a primeira bifurcação no fuste da árvore).

### 3.2.3 Folhas

#### 3.2.3.1 Amostragem de folhas

Devido à dificuldade em escalar e alcançar os ramos expostos ao sol (FIGURA 6), as folhas de guanandi foram coletadas de apenas 3 indivíduos das 6 árvores matrizes identificadas, na face norte terço inferior no período de agosto de 2007. As folhas localizadas a partir do terceiro nó, no sentido ápice-base de cada indivíduo, foram separadas para análise morfológica e análise química.



FIGURA 6 - AMOSTRAGEM DE FOLHA DE GUANANDI NA FACE NORTE TERÇO INFERIOR, EM AGOSTO DE 2007. FOTO: O AUTOR (2007)

### 3.2.3.2 Análises químicas dos teores de nutrientes foliares

As análises químicas foram realizadas no LABINP do Departamento de Solos e Engenharia Agrícola da UFPR.

As amostras foram lavadas com água desionizada e levadas para estufa à 60°C com ventilação forçada para a secagem do material. Após peso constante e seco, o material foi moído, homogeneizado e acondicionado em frascos previamente limpos e secos.

Foram analisados: carbono (C), nitrogênio total (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), sódio (Na), ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn), cobre (Cu) e alumínio (Al).

Para a determinação dos teores de C e N aproximadamente 15 mg de amostra foi pesada e empacotada em cápsula de estanho sendo a determinação feita por combustão, em analisador elementar CNHS marca Elementar Modelo Vario-EI.

Para os demais elementos o processo de extração foi por digestão via seca em mufla a 500°C e solubilização em HCl 3 mol.L<sup>-1</sup> seguido de determinação conforme Martins e Reissmann (2007). As determinações dos nutrientes foram conforme segue: P por colorimetria com vanadato molibdato de amônio; K e Na utilizando fotometria de chama; Ca e Mg através de absorção atômica. Para os

micronutrientes Fe, Mn, Cu, Zn e Al as determinações foram realizadas através de absorção atômica.

### 3.2.3.3 Eficiência de utilização dos nutrientes

A Eficiência de utilização dos nutrientes (EUN) foi estimada utilizando a fórmula adaptada proposta por Barros et al. (1986) em que,  $EUN = \text{biomassa seca do tronco} / \text{conteúdo do nutriente acumulado no tronco}$ . Sendo que o compartimento tronco foi substituído pelo peso de uma amostra de 100 folhas/indivíduo/sítio e o conteúdo dos nutrientes foi representado pela quantidade contida nestas 100 folhas.

São valores relativos que, quando comparados entre os locais, indicam onde a espécie é mais eficiente na produção de biomassa utilizando o mínimo dos teores dos nutrientes obtidos do solo. Porém, a metodologia não discrimina a forma bioativa utilizada do nutriente pela planta, se fazendo necessárias considerações mais aprofundadas devido a complexidade do tema.

### 3.2.3.4 Área foliar e Índice de esclerofilia

A área foliar e o índice de esclerofilia foram estimados para uma amostra de 10 folhas por indivíduo/sítio.

As folhas previamente coletadas foram secas em estufa a 60°C, entre jornal, e pesadas em balança de precisão modelo Celta FA2104N. Nessas mesmas folhas, a área foliar foi estimada a partir da imagem digitalizada em “scanner” de mesa com o programa SIGMASCAN-PRO 5. A área foliar específica foi calculada a partir da relação  $AFE \text{ (cm}^2\text{/g)} = \text{Área Foliar (cm}^2\text{)} / \text{Peso Foliar (g)}$  (WITKOWSKI; LAMONT, 1991). Com os mesmos valores, determinou-se também o índice de esclerofilia (IE) proposto por Rizzini (1997, p. 154), de acordo com a seguinte relação:  $IE \text{ (índice de esclerofilia)} = \text{massa seca (g)} / 2 * \text{área foliar (dm}^2\text{)}$ . Folhas com  $IE \geq 0,6$  são consideradas esclerófilas.

A espessura total da folha foi medida com paquímetro digital com resolução de 0,01 mm na região do terço médio de duas folhas por indivíduo, previamente fixadas em álcool 70%.

### 3.2.4 Análise Estatística

Os métodos estatísticos utilizados para os estudos dos tratamentos envolveram análise uni e multivariada e, análise de correlação. Para cada variável edáfica foi aplicada a análise de variância (ANEXO 13) e o teste de médias por Duncan ( $p < 0,05$ ) para comparação dos sítios envolvidos no estudo, utilizando os seis indivíduos amostrados/sítio. Adicionalmente utilizou-se a análise de Cluster para agrupamento dos quatro sítios envolvendo unicamente dados do solo. Em relação à análise foliar os procedimentos estatísticos foram os mesmos do solo, diferindo apenas no número de repetições, sendo constituído de 3 indivíduos amostrados/sítio, devido as dificuldades encontradas durante a amostragem foliar. Nas correlações para visualizar o comportamento das variáveis nos quatro sítios, foram realizadas com as folhas coletadas das três árvores matrizes, com os respectivos solos amostrados. As variáveis foram analisadas como um delineamento inteiramente casualizado utilizando o programa STATISTIC.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 CARACTERIZAÇÃO DOS SOLOS DOS SÍTIOS ESTUDADOS

Os resultados das análises químicas dos solos estudados para os diferentes sítios, encontram-se na TABELA 1. Nos ANEXOS 8, 9 e 10 são apresentados os resultados obtidos com as análises químicas e físicas do solo e, também, com os cálculos feitos para Soma de bases (SB), Capacidade de troca de cátions (CTC efetiva e CTC pH 7,0), Saturação por bases (V%), Saturação por alumínio (m%) e saturação por sódio trocável (PST), nos diferentes sítios estudados.

TABELA 1 - VALORES MÉDIOS DOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DA CAMADA DE 0-20 CM NOS DIFERENTES SÍTIOS DE ESTUDO. VALORES ENTRE PARÊNTESES REPRESENTAM O DESVIO PADRÃO. (n=6).

Característica 0-20 cm	Sítio			
	Boa Vista	Rio Velho	Poço	Palmito
pH CaCl <sub>2</sub>	3,89 (± 0,05) b	5,22 (± 0,27) a	3,36 (± 0,22) c	3,14 (± 0,09) c
pH SMP	4,67 (± 0,24) b	5,89 (± 0,35) a	4,24 (± 0,31) c	5,73 (± 0,23) b
Al <sup>+3</sup> (cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> )	2,94 (± 0,87) b	0,07 (± 0,10) c	5,69 (± 2,10) a	0,81 (± 0,16) c
H <sup>+</sup> + Al <sup>+3</sup> (cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> )	13,61 (± 2,30) b	5,63 (± 1,46) c	18,88 (± 4,44) a	6,51 (± 1,15) c
Ca <sup>+2</sup> (cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> )	0,33 (± 0,11) b	3,70 (± 0,84) a	0,34 (± 0,43) b	0,03 (± 0,04) b
Mg <sup>+2</sup> (cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> )	1,11 (± 0,32) b	7,44 (± 1,93) a	0,40 (± 0,12) b	0,13 (± 0,03) b
K <sup>+</sup> (cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> )	0,16 (± 0,03) b	0,93 (± 0,29) a	0,12 (± 0,04) b	0,03 (± 0,01) b
P (mg.dm <sup>-3</sup> )	6,09 (± 1,58) bc	9,07 (± 2,17) a	8,58 (± 3,61) ab	4,06 (± 0,67) c
C (g.dm <sup>-3</sup> )	35,93 (± 8,52) b	47,37 (± 7,82) a	29,24 (± 10,31) bc	20,57 (± 2,90) c
N (g.kg <sup>-1</sup> )	2,85 (± 0,83) b	5,67 (± 0,93) a	2,34 (± 0,60) b	0,46 (± 0,14) c
C/N	14,56 (± 4,85) b	8,75 (± 0,49) b	12,04 (± 2,08) b	58,73 (± 18,30) a
Fe (mg.kg <sup>-1</sup> )	130,00 (± 41,13) a	67,20 (± 45,18) b	81,64 (± 67,94) ab	2,88 (± 0,91) c
Mn (mg.kg <sup>-1</sup> )	1,83 (± 0,94) b	58,71 (± 26,17) a	2,43 (± 0,74) b	0,04 (± 0,03) b
Zn (mg.kg <sup>-1</sup> )	0,73 (± 0,15) a	0,93 (± 0,10) a	0,72 (± 0,30) a	0,29 (± 0,06) b
Cu (mg.kg <sup>-1</sup> )	0,25 (± 0,08) c	0,63 (± 0,12) a	0,50 (± 0,06) b	0,21 (± 0,10) c

TABELA 1 (Continuação) - VALORES MÉDIOS DOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DA CAMADA DE 0-20 CM NOS DIFERENTES SÍTIOS DE ESTUDO. VALORES ENTRE PARÊNTESES REPRESENTAM O DESVIO PADRÃO. (n=6).

Característica 0-20 cm	Sítio			
	Boa Vista	Rio Velho	Poço	Palmito
Na (cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> )	0,19 (± 0,09) b	12,90 (± 3,87) a	0,08 (± 0,01) b	0,04 (± 0,01) b
CE( mS.cm <sup>-1</sup> )	0,23 (± 0,03) b	9,95 (± 2,30) a	0,25 (± 0,08) b	0,05 (± 0,01) b
Salinidade	0,00 (± 0,00) b	5,65 (± 1,44) a	0,00 (± 0,00) b	0,00 (± 0,00) b
SB (cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> )	1,79 (± 0,52) b	24,97 (± 6,82) a	0,93 (± 0,55) b	0,22 (± 0,03) c
CTC efetiva (cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> )	4,73 (± 1,28) b	25,05 (± 6,75) a	6,62 (± 1,83) b	1,03 (± 0,17) c
V%	11,63 (± 1,84) b	81,60 (± 7,54) a	4,69 (± 1,99) c	3,26 (± 0,68) c

NOTA: Valores em linha seguidos pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Duncan (p < 0,05).

Utilizando o teste de médias para diferenciar os sítios de estudo (TABELA 1), observou-se que os solos com menor pH CaCl<sub>2</sub> estão nos solos dos sítios Poço e Palmito e o menos ácido foi o solo do sítio Rio Velho. Os menores valores de H<sup>+</sup> + Al<sup>3+</sup> estão nos solos dos sítios Rio Velho e Palmito, enquanto o solo do sítio Poço é estatisticamente superior, o mesmo foi observado para o Al<sup>3+</sup>. Os valores de Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>, Na, CE e salinidade foram superiores no solo do sítio Rio Velho, nos demais sítios não houve diferenças estatísticas entre si. Com relação ao P, os solos dos sítios Rio Velho e Poço são superiores e não diferiram entre si, o oposto é observado para os solos dos sítios Palmito e Boa Vista, esse semelhante ao solo do sítio Poço. Os teores de C e N foram superiores no solo do sítio Rio Velho, porém a maior relação C/N ficou no solo do sítio Palmito devido aos menores valores encontrados para N.

Referente aos micronutrientes, os maiores teores de Fe se encontraram nos solos dos sítios Boa Vista e Poço, o solo do sítio Palmito foi estatisticamente inferior aos demais. O Mn apresentou os maiores teores no solo do sítio Rio velho, os demais locais não apresentaram diferenças pelo teste de médias. Já Zn apresentou os menores teores no solo do sítio Palmito e, nos demais locais não demonstraram diferenças estatísticas. O Cu apresentou os maiores teores no solo do sítio Rio Velho e, os solos dos sítios Boa Vista e Palmito com os menores teores desse nutriente.

Mediante os valores da SB, CTC efetiva e V%, o solo do sítio Rio velho é estatisticamente superior aos demais, caracterizando uma maior fertilidade em relação aos demais sítios estudados.

Os valores médios referentes ao pH  $\text{CaCl}_2$ , acidez ativa, variaram de 3,14 à 5,22 respectivamente (TABELA 1). Os sítios de estudo são extremamente ácidos, com exceção do solo do sítio Rio Velho, esse classificado como muito ácido segundo Meurer (2006, p. 169). ANEXO 1.

A acidez potencial ( $\text{H}^+ + \text{Al}^{+3}$ ) estimada pelo índice SMP variou de 5,63 à 18,88. Normalmente a acidez potencial se deve principalmente ao  $\text{Al}^{+3}$  e à matéria orgânica (MEURER, 2006). Tomando por base o  $\text{Al}^{+3}$ , que ficou entre 0,07 e 5,69  $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$ , é possível verificar a contribuição desse elemento nos solos dos sítios Poço (5,69  $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$ ) e Boa Vista (2,94  $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$ ), fato confirmado pelos valores da porcentagem de saturação da CTC pelo alumínio (m%), onde no solo do sítio Poço equivale a 85,08 % e para o solo do sítio Boa Vista 63,45 % (ANEXO 9).

No que concerne o solo do sítio Rio Velho, o pH SMP (5,89) foi superior aos demais, significando um solo com menor poder tampão, correspondendo aos menores valores referentes à acidez potencial (5,63  $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$ ) e ao teor de  $\text{Al}^{+3}$  (0,07  $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$ ). Esse fato é explicado pela condição de alagamento desse local, desencadeando diversas transformações nas características eletroquímicas e químicas (MEURER, 2006).

Referente aos teores de  $\text{Ca}^{+2}$ , esses variaram de 0,03 à 3,70  $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$ , onde para o solo do sítio Rio Velho (3,70  $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$ ) foi superior e classificado como médio. Os valores para os demais locais, segundo SBCS (2004), foram interpretados como baixos (ANEXO 2), resultado esperado devido aos baixos valores de pH em  $\text{CaCl}_2$ .

Com relação ao  $\text{Mg}^{+2}$ , os teores ficaram entre 0,13 e 7,44  $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$ . O solo do sítio Rio Velho obteve os maiores teores de  $\text{Mg}^{+2}$  (7,44  $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$ ), sendo classificado como alto, da mesma maneira que o solo do sítio Boa Vista (1,11  $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$ ). Os solos dos sítios Palmito (0,13  $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$ ) e Poço (0,40  $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$ ), segundo SBCS (2006), foram classificados como baixos (ANEXO 2).

Utilizando os valores da  $\text{CTC}_{\text{pH } 7,0}$  (ANEXO 9), a interpretação para  $\text{K}^+$  foi feita considerando os teores desse elemento que variaram entre 0,03 e 0,93  $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$ . O solo do sítio Rio Velho apresentou teores muito altos (0,93  $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$ ), seguido do solo no sítio Boa Vista, com valores médios (0,16  $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$ ), o solo



do sítio Poço com teores baixos ( $0,12 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$ ) e o solo do sítio Palmito classificado como muito baixo ( $0,03 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$ ) conforme SBCS (2006). ANEXO 3.

Mediante os teores de argila encontrados nos solos (TABELA 2) obteve-se a interpretação do fósforo extraível. Os teores de fósforo variaram de 4,06 a 9,07  $\text{mg}.\text{dm}^{-3}$  (TABELA 1). Segundo SBCS (2004), o solo do sítio Rio Velho ( $9,07 \text{ mg}.\text{dm}^{-3}$ ) apresenta altos teores de P, já o solo do sítio Poço ( $8,58 \text{ mg}.\text{dm}^{-3}$ ) os teores encontrados são considerados baixos e os solos dos sítios Palmito ( $4,06 \text{ mg}.\text{dm}^{-3}$ ) e Boa Vista ( $6,09 \text{ mg}.\text{dm}^{-3}$ ), são considerados muito baixos (ANEXO 4).

TABELA 2 – VALORES MÉDIOS DAS CARACTERÍSTICAS GRANULOMÉTRICAS DA CAMADA DE 0-20 CM NOS DIFERENTES SÍTIOS DE ESTUDO. VALORES ENTRE PARÊNTESES REPRESENTAM O DESVIO PADRÃO. (n=6).

Sítio	Areia	Argila		Silte
		%		
Boa vista	34,80 ( $\pm 10,93$ )	0,97 ( $\pm 0,21$ )	64,24 ( $\pm 10,74$ )	
Rio Velho	15,05 ( $\pm 6,55$ )	1,01 ( $\pm 0,11$ )	83,94 ( $\pm 6,63$ )	
Poço	13,07 ( $\pm 5,28$ )	1,03 ( $\pm 0,36$ )	85,90 ( $\pm 4,93$ )	
Palmito	92,57 ( $\pm 1,84$ )	0,10 ( $\pm 0,03$ )	7,32 ( $\pm 1,82$ )	

Os valores de carbono variaram entre 20,57 e 47,37  $\text{g}.\text{dm}^{-3}$ . Utilizando esses dados obteve-se a interpretação da matéria orgânica, em que os teores foram altos para todos os sítios, exceto o solo do sítio Palmito classificado como médio (SBCS, 2006). ANEXO 5.

Com relação aos micronutrientes (TABELA 1), observa-se uma dificuldade na classificação dos teores de Fe, uma vez que, a sua absorção é metabolicamente controlada pela planta que pode absorvê-lo como  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$  ou como Fe-quelato (KABATA-PENDIAS, 2001).

Os teores de Fe variaram entre 2,88 e 139,00  $\text{mg}.\text{kg}^{-1}$  (TABELA 1) e, conforme SBCS (2006) são considerados altos para os solos dos sítios Boa Vista, Rio Velho e Poço. O solo do sítio Palmito não é classificado por essa bibliografia, pois há somente uma faixa de interpretação, onde teores acima de 5  $\text{g}.\text{dm}^{-3}$  são considerados altos (ANEXO 5).

Os teores de Mn variaram entre 0,04 e 58,71  $\text{mg}.\text{kg}^{-1}$  onde o solo do sítio Rio Velho é considerado alto (58,71  $\text{mg}.\text{kg}^{-1}$ ) e para os demais sítios, baixo. Para Zn os teores estão entre 0,29 e 0,93  $\text{mg}.\text{kg}^{-1}$ , com exceção do solo no sítio Palmito (0,29  $\text{mg}.\text{kg}^{-1}$ ) com teor médio, enquanto que nos outros sítios apresentaram teores

altos. Com relação ao Cu os teores variaram entre 0,12 e 0,63 mg.kg<sup>-1</sup>, onde nos solos dos sítios Palmito (0,21 mg.kg<sup>-1</sup>) e Boa Vista (0,25 mg.kg<sup>-1</sup>) os teores são classificados de médios e, nos solos dos sítios Poço (0,50 mg.kg<sup>-1</sup>) e Rio Velho (0,63 mg.kg<sup>-1</sup>), classificados como altos.

Os teores de Na variaram entre 0,04 e 12,90 cmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup> (TABELA 1), sendo o solo do sítio Rio Velho o de maior valor. Segundo Tomé Júnior (1997, p.125), informações mais importantes para a interpretação do Na são fornecidas pela condutividade elétrica (CE). ANEXO 6. Assim, para os solos dos sítios Boa Vista (0,23 mS.cm<sup>-1</sup>), Poço (0,25 mS.cm<sup>-1</sup>) e Palmito (0,05 mS.cm<sup>-1</sup>) os efeitos da salinidade são considerados negligenciáveis, ou seja, a salinidade não está afetando o crescimento do guanandi nesses sítios. Já em relação ao solo do sítio Rio Velho (9,95 mS.cm<sup>-1</sup>), somente espécies tolerantes à salinidade conseguem se desenvolver sob essa condição (TOMÉ JÚNIOR, 1997, p. 159). Devido à diferença da CE desse sítio em relação aos demais, calculou-se o valor da porcentagem de saturação de sódio trocável na CTC (PST). ANEXO 9. Juntamente com o pH e a CE (ANEXO 8 e 10), classificou-se o solo do sítio Rio Velho como sendo salino-sódico conforme Meurer (2006, p. 179). ANEXO 7.

Referente à textura, o solo do sítio Boa Vista apresenta textura média, enquanto os solos dos sítios Rio Velho e Poço são classificados, conforme Embrapa (1997), como sendo de textura siltosa e do solo do sítio Palmito como textura arenosa.

A interpretação dos resultados obtidos referentes à acidez ativa, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>, P, MO, Fe, Mn, Zn, Cu, CE e textura preconizada pelo sistema brasileiro de fertilidade está mencionada no QUADRO 3.

Com relação à fertilidade dos solos dos sítios estudados, considerando os valores da SB, CTC efetiva e V%, o solo do sítio Rio Velho é considerado o de maior fertilidade (TABELA 1). Porém as condições particulares desse solo, como oxidação e salinidade, contribuem para falsas avaliações. A condição de redução proporciona o aumento no pH do meio, conseqüentemente elementos potencialmente tóxicos como o Al<sup>3+</sup> estão abaixo dos teores considerados tóxicos. A solubilização de outros cátions é favorecida, assim o Na, ocupa elevadas proporções dos sítios de troca (CTC efetiva), uma vez que esse solo sofre influência fluviomarinha.

QUADRO 3 – INTERPRETAÇÃO DA ACIDEZ ATIVA, DOS TEORES DOS MACRO E MICRONUTRIENTES, CONDUTIVIDADE ELÉTRICA E TEXTURA DOS SOLOS ESTUDADOS SEGUNDO EMBRAPA (1997), SBCS (2004) E MEURER (2006).

Característica 0-20 cm	Sítio			
	Boa Vista	Rio Velho	Poço	Palmito
pH CaCl <sub>2</sub>	Extremamente ácido	Muito ácido	Extremamente ácido	Extremamente ácido
Ca <sup>+2</sup> (cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> )	Baixo	Médio	Baixo	Baixo
Mg <sup>+2</sup> (cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> )	Alto	Alto	Baixo	Baixo
K <sup>+</sup> (cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> )	Médio	Muito alto	Baixo	Muito baixo
P (mg.dm <sup>-3</sup> )	Muito baixo	Alto	Baixo	Baixo
MO (g.dm <sup>-3</sup> )	Alto	Alto	Alto	Médio
Fe (mg.kg <sup>-1</sup> )	Alto	Alto	Alto	-
Mn (mg.kg <sup>-1</sup> )	Baixo	Alto	Baixo	Baixo
Zn (mg.kg <sup>-1</sup> )	Alto	Alto	Alto	Médio
Cu (mg.kg <sup>-1</sup> )	Médio	Alto	Alto	Médio
CE (mS.cm <sup>-1</sup> )	Negligenciável	Culturas tolerantes à salinidade produzem satisfatoriamente	Negligenciável	Negligenciável
Textura	Média	Siltosa	Siltosa	Arenosa

Utilizando a análise multivariada para agrupamento dos sítios estudados (FIGURAS 7 A e B), verifica-se que os solos dos sítios Boa Vista e Poço são semelhantes entre si para as profundidades de 0-5 e 0-20 cm para as variáveis químicas analisadas. Esse resultado é explicado devido ambos os solos serem classificados como Gleissolo Melânico Distrófico/Alumínio típico.

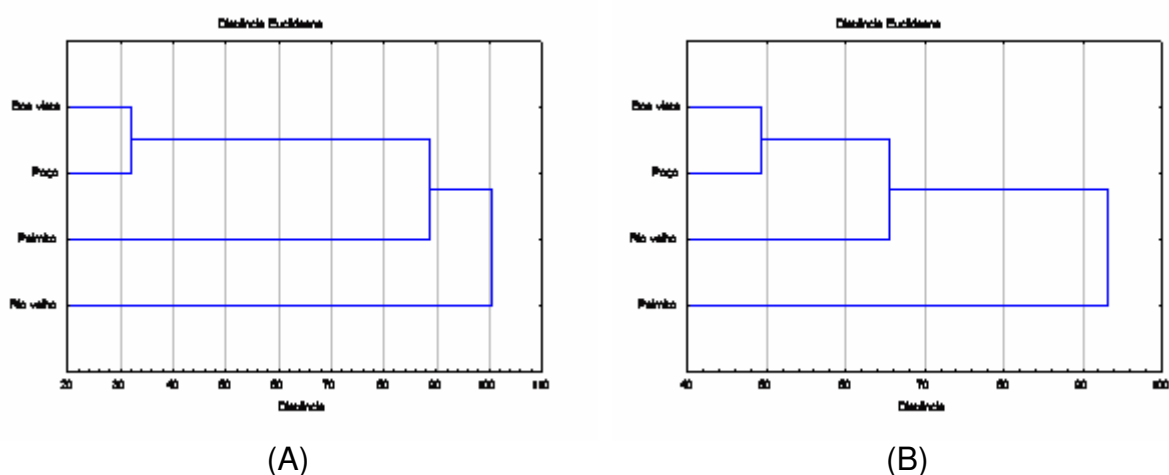


FIGURA 7 - ANÁLISE DE CLUSTER PARA AGRUPAMENTO DOS SÍTIOS ESTUDADOS NAS PROFUNDIDADES DE 0-5 CM. (A) E 0-20 CM. (B)

Em profundidades menores, 0-5 cm, o solo do sítio Rio Velho separa-se dos demais, formando um grupo isolado devido ao caráter salino-sódico. À medida que

aumenta a profundidade amostrada, 0-20 cm, ocorre uma inversão dos solos nos sítios Rio Velho e Palmito. O solo do sítio Rio Velho torna-se próximo aos solos dos sítios Boa Vista e Poço, e, o solo do sítio Palmito separa-se dos demais devido a sua baixa fertilidade em profundidade, uma vez que, a sua fertilidade está na dependência da matéria orgânica acumulada na superfície.

#### 4.2 DIÂMETRO À ALTURA DO PEITO E ALTURA TOTAL E COMERCIAL

Na TABELA 3 são apresentados os valores médios referentes às variáveis dendrométricas medidas. Utilizaram-se os valores médios da altura total (H total) para representar a qualidade dos sítios estudados, onde esses variaram de 11,50 a 22,67m.

TABELA 3 – VALORES MÉDIOS DO DIÂMETRO À ALTURA DO PEITO, ALTURA TOTAL E ALTURA COMERCIAL EM GUANANDI NOS DIFERENTES SÍTIOS DE ESTUDO. VALORES ENTRE PARÊNTESES REPRESENTAM O DESVIO PADRÃO. (n=3).

Variáveis	Sítio			
	Boa Vista	Rio Velho	Poço	Palmito
DAP (m)	0,51 ( $\pm$ 0,12)	0,34 ( $\pm$ 0,06)	0,55 ( $\pm$ 0,12)	0,09 ( $\pm$ 0,02)
H total (m)	21,42 ( $\pm$ 2,24)	15,67 ( $\pm$ 1,76)	22,67 ( $\pm$ 1,89)	11,50 ( $\pm$ 2,00)
H comercial (m)	8,33 ( $\pm$ 2,02)	8,33 ( $\pm$ 2,02)	11,83 ( $\pm$ 4,01)	6,83 ( $\pm$ 1,44)

NOTA: DAP = Diâmetro à altura do peito; H total = Altura total e H comercial = Altura comercial.

Os valores médios referentes ao DAP (0,55 m) e a H total (22,67 m) foram maiores nos indivíduos do sítio Poço (TABELA 3). Conforme discutido anteriormente, sub-ítem 4.1, esse resultado não deve gerar contradições, uma vez que, a H total representa a qualidade dos sítios estudados, e o solo do sítio Rio Velho foi considerado o de maior fertilidade, mas com as limitações pertinentes à oxi-redução. Dessa maneira, apesar desse sítio apresentar os maiores valores de CTC efetiva, os elevados teores de Na encontrados no solo do sítio Rio Velho não contribuíram para o melhor crescimento e desenvolvimento do guanandi. Já os menores valores de DAP (0,09 m) e a H total (11,50 m) foram encontrados nos indivíduos do sítio Palmito, possivelmente pela menor idade desses indivíduos. Porém, essa hipótese só pode ser confirmada com a medição dos anéis de crescimento, sendo que infelizmente essa não foi medida por questões operacionais.

Considerando os valores médios da H total em porcentagem (FIGURA 8), os indivíduos dos sítios Boa Vista, Rio Velho e Palmito representam em H total 94,49%, 69,12% e 50,73%, respectivamente, em relação à H total dos indivíduos do sítio Poço, considerado 100%. Além disso, os valores da H total correlacionaram-se positivamente com os valores em diâmetro à altura do peito (DAP). TABELA 3

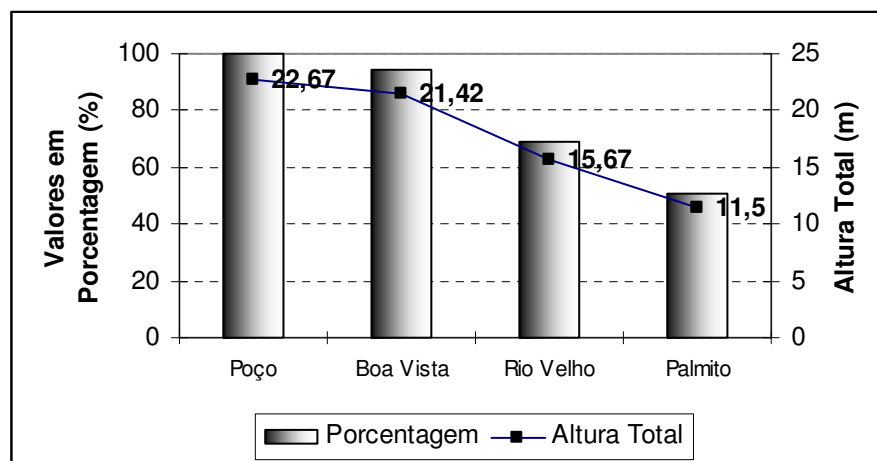


FIGURA 8 – VALORES DA ALTURA TOTAL DOS INDIVÍDUOS DE GUANANDI REPRESENTADOS EM PORCENTAGEM NOS SÍTIOS ESTUDADOS.

## 4.3 FOLHAS

### 4.3.1 Teores de nutrientes

#### 4.3.1.1 Macronutrientes e Sódio

Os teores foliares médios dos macronutrientes e Na são apresentados na TABELA 4. Comparando-se os teores foliares médios determinados nesse trabalho com os de Boeger (2000), que coletou folhas verdes no terço superior e expostas ao sol no estágio intermediário da floresta do Palmito, observa-se haver semelhança entre os teores foliares, indicando que as folhas estavam fisiologicamente ativas. Esta comparação é importante tendo em vista que, os dados do presente estudo, foram obtidos a partir de folhas situadas na parte inferior da copa, onde se suspeitou que pudessem já estar em vias de senescência. Diante deste comparativo

aparentemente isto não aconteceu embora em alguns indivíduos já se notava a presença de brotações.

O teste de médias mostra que a grande maioria dos macronutrientes analisados não diferiu estatisticamente entre os sítios estudados. Somente os teores foliares médios de K ( $4,17 \text{ g.kg}^{-1}$ ) e Ca ( $2,67$  e  $4,25 \text{ g.kg}^{-1}$ ) apresentaram diferença estatística pelo teste de Duncan (TABELA 4), sendo que, para os teores foliares médios de Ca nos indivíduos do sítio Palmito ( $2,67 \text{ g.kg}^{-1}$ ) e do sítio Poço ( $4,25 \text{ g.kg}^{-1}$ ) foram inferiores aos demais sítios e não diferiram estatisticamente entre si. Os teores foliares médios de K no sítio Palmito encontram-se inferiores àqueles observados nos demais sítios estudados.

TABELA 4 – VALORES MÉDIOS DOS TEORES FOLIARES DE MACRONUTRIENTES, SÓDIO EM GUANANDI NOS DIFERENTES SÍTIOS DE ESTUDO. VALORES ENTRE PARÊNTESES REPRESENTAM O DESVIO PADRÃO. (n=3).

Macronutrientes ( $\text{g.kg}^{-1}$ )	Sítios			
	Boa Vista	Rio Velho	Poço	Palmito
C %	47,60 ( $\pm 0,23$ ) a	46,42 ( $\pm 1,71$ ) a	47,51 ( $\pm 0,13$ ) a	47,46 ( $\pm 0,45$ ) a
N	12,07 ( $\pm 2,55$ ) a	10,70 ( $\pm 1,19$ ) a	11,44 ( $\pm 1,20$ ) a	12,28 ( $\pm 0,67$ ) a
C/N	40,71 ( $\pm 9,25$ ) a	43,61 ( $\pm 3,30$ ) a	41,88 ( $\pm 4,77$ ) a	38,74 ( $\pm 2,46$ ) a
P	0,73 ( $\pm 0,07$ ) a	0,82 ( $\pm 0,03$ ) a	0,78 ( $\pm 0,07$ ) a	0,81 ( $\pm 0,07$ ) a
K	6,78 ( $\pm 0,40$ ) a	6,28 ( $\pm 0,54$ ) a	5,97 ( $\pm 1,08$ ) a	4,17 ( $\pm 0,63$ ) b
Ca	4,89 ( $\pm 0,32$ ) a	5,23 ( $\pm 0,95$ ) a	4,25 ( $\pm 1,24$ ) ab	2,67 ( $\pm 0,52$ ) b
Mg	1,91 ( $\pm 0,42$ ) a	1,98 ( $\pm 0,36$ ) a	2,01 ( $\pm 0,90$ ) a	2,74 ( $\pm 0,45$ ) a
Na	0,50 ( $\pm 0,11$ ) a	0,56 ( $\pm 0,15$ ) a	0,46 ( $\pm 0,12$ ) a	0,63 ( $\pm 0,32$ ) a

NOTA: Valores em linha seguidos pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Duncan ( $p < 0,05$ ).

Com relação aos teores foliares médios dos macronutrientes e Na a ordem decrescente encontrada nos sítios estudados foi:

Boa Vista, Rio Velho e Poço: N > K > Ca > Mg > P > Na

Palmito: N > K > Mg > Ca > P > Na

Os teores foliares médios de N e P apresentaram-se abaixo dos níveis considerados necessários para espécies de ambiente terrestre proposto por Larcher (2004). QUADRO 1.

Os teores foliares médios de N são semelhantes aos teores médios encontrados por Brites (1994) e Boeger, Wisniewski e Reissmann (2005). Já os teores foliares médios de P são semelhantes aos teores médios encontrados por Prottil (2006) em Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas, tipologia inicial. QUADRO 4.

QUADRO 4 – COMPARAÇÃO DOS TEORES FOLIARES MÉDIOS (g. kg<sup>-1</sup>) DE MACRONUTRIENTES E SÓDIO EM ESPÉCIES AMOSTRADAS EM FLORESTAS TROPICAIS.

Floresta	Local	N	P	K	Ca	Mg	Na
<sup>1</sup> Restinga baixa (seca)	Paraná	10,7	0,3	4,7	6,5	2,8	-
<sup>1</sup> Restinga alta (úmido)	Paraná	14,2	0,4	4,6	5,8	3,1	-
<sup>2</sup> Ombrófila Densa das Terras Baixas: estágio inicial	Paraná	11,8	0,2	3,2	8,5	4,5	0,2
<sup>2</sup> Ombrófila Densa das Terras Baixas: estágio intermediário	Paraná	12,0	0,2	4,3	6,1	3,5	0,2
<sup>2</sup> Ombrófila Densa das Terras Baixas: estágio avançado	Paraná	14,0	0,2	5,2	7,4	2,8	0,1
<sup>3</sup> Ombrófila Densa das Terras Baixas: tipologia inicial (folhas lavadas)	Paraná	16,3	0,8	2,6	6,7	2,4	9,7
<sup>3</sup> Ombrófila Densa das Terras Baixas: tipologia média (folhas lavadas)	Paraná	18,8	0,9	3,3	4,2	2,2	2,9
<sup>3</sup> Ombrófila Densa das Terras Baixas: tipologia avançada (folhas lavadas)	Paraná	20,4	0,9	4,2	9,3	2,2	1,1

FONTE: <sup>1</sup> BRITZ, 1994; <sup>2</sup> BOEGER; WISNIEWSKI; REISSMANN, 2005; <sup>3</sup> PROTIL, 2006.

Analisando em especial N e P, Aerts e Chapin III (2000) observaram que o crescimento das plantas é frequentemente limitado por esses elementos. O tipo de limitação é determinado pelas diferenças na biogeoquímica entre N e P no ecossistema. Normalmente P diminui ao longo do tempo devido a fenômenos de adsorção e N acumula na superfície do solo. As relações N:P obtidas para os sítios estudados são apresentados na TABELA 5.

TABELA 5 – VALORES MÉDIOS DA RELAÇÃO N:P FOLIAR NOS SÍTIOS DE ESTUDO.

Sítio	Relação N:P foliar
Boa Vista	16,53
Rio Velho	13,05
Poço	14,67
Palmito	15,16

Segundo Aerts e Chapin III (2000, p. 2), a relação N:P foliar é um bom indicador do tipo de limitação, onde razões de N:P maiores que 16, o P é o fator limitante; N:P entre 16 e 14, ambos são limitantes e N:P menores que 14, N é o fator limitante. Assim, o comportamento dos indivíduos nos sítios estudados diferencia-se em relação a sua limitação edáfica, onde, para os indivíduos do sítio Boa Vista o P é limitante, para os indivíduos do sítio Rio Velho o N é limitante e, para os indivíduos dos sítios Poço e do Palmito, em ambos, N e P limitam o crescimento das espécies estudadas. Estes resultados concordam com a disponibilidade dos mesmos elementos no solo (TABELA 1).

Os baixos teores encontrados para N e P foliares possivelmente estão associados aos baixos teores disponíveis nos solos dos sítios estudados. Além disso, no sítio Rio Velho pode ter ocorrido perdas pela volatilização de N, provavelmente pela redução do  $\text{NO}_3^-$  em formas instáveis como  $\text{N}_2\text{O}$  e  $\text{N}_2$ .

Os teores foliares médios de K apresentaram-se no limite inferior dos níveis considerados necessários para espécies de ambiente terrestre proposto por Larcher (2004), com exceção dos teores foliares médios no sítio Palmito, esses considerados abaixo dos níveis considerados necessários. Os menores teores foliares de K nos indivíduos do sítio Palmito são semelhantes aos encontrados por Britez (1994) e Boeger, Wisniewski e Reissmann (2005), no mesmo local amostrado.

Devido a sua alta mobilidade no sistema, fatores como a alta pluviosidade podem favorecer na lixiviação desse elemento pelo sistema (GOLLEY, 1978; PROTIL, 2006). Esse acontecimento foi observado nos perfis amostrados dos sítios estudados (ANEXO 8), onde houve o decréscimo dos teores médios de K em profundidade. Ademais, devido à alta translocação desse elemento na planta, a coleta realizada no terço inferior da copa pode justificar, em parte, os baixos valores desse elemento encontrados nas folhas de guanandi, preferencialmente nos indivíduos localizados no sítio Palmito onde se verificam teores muito baixos do elemento (TABELA 1; QUADRO 3).

Os teores foliares médios de Ca nos indivíduos do sítio Palmito apresentaram-se abaixo dos níveis considerados necessários para espécies de ambiente terrestre proposto por Larcher (2004). Para os demais locais, apresentaram-se no limite inferior dos níveis considerados adequados por este autor, e semelhantes aos teores médios encontrados por Britez (1994) e Prottil (2006) em Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas, tipologia média.



Considerando o teste de Duncan, os baixos teores foliares de Ca, nos indivíduos dos sítios Poço e do Palmito, podem ser justificáveis pela elevada acidez desses locais e, pelos baixos teores disponíveis no solo (TABELA 1). No entanto, processos de extração seqüencial podem dar indícios de outras fontes de Ca, assim como para outros elementos, explicando os teores foliares encontrados no sítio Boa Vista.

Os teores foliares médios de Mg apresentaram-se dentro dos níveis considerados necessários para espécies de ambiente terrestre proposto por Larcher (2004) e, de maneira geral, abaixo dos teores médios encontrados por Britez (1994) e Boeger, Wisniewski e Reissmann (2005).

Sabe-se sobre a interação entre os íons K, Ca e Mg, onde a planta tende a manter o equilíbrio iônico e a eletroneutralidade resultante da competição entre sítios de absorção, podendo provocar deficiência induzida num desses elementos (MALAVOLTA, 1997; ROSELEM, 2005). Utilizando a relação  $(Ca + Mg)/K$  proposta por Mascarenhas et al. (1987, citado por Rosolem, 2005, p. 254), em espécies agrícolas desenvolvidas abaixo da faixa adequada de K no solo, valores acima de 3,2 nas folhas indicam desbalanço nutricional. Considerando o índice obtido, o balanço nutricional poderia ser considerado adequado, no entanto, este não é o caso uma vez que, os três cátions não apresentam teores adequados em todos os sítios estudados.

Os teores foliares médios de Na não demonstraram diferenças entre os indivíduos estudados, mesmo aqueles sob o solo no sítio Rio Velho, esse classificado como salino-sódico. Segundo Finck (1969, p. 112), os teores foliares médios de Na variam de 0,5 à 30 g.kg<sup>-1</sup>. Considerando esses valores, os teores foliares médios de Na estão dentro do limite mínimo considerado adequado.

Em relação ao Na, são raros os resultados com os teores deste elemento em espécies de florestas naturais. Os teores foliares médios de Na estão acima dos valores médios encontrados por Boeger, Wisniewski e Reissmann (2005) e abaixo dos de Protil (2006).

Plantas sob estresse salino criam estratégias para superar essa condição, ajustando a turgidez, através da produção de solutos orgânicos neutros, e/ou contornando a toxidez do sal, acumulando Na nas raízes ou por exclusão e compartimentalização citoplasmática (PESSARAKLY, 1993; LARCHER, 2004).

No caso dos indivíduos do sítio Rio Velho, o guanandi pode ter desenvolvido estratégias morfológicas, anatômicas e fisiológicas para superar as dificuldades causadas pelo Na no interior da célula.

Analisando os teores foliares médios de Na de guanandi para o sítio Rio Velho (TABELA 4), verifica-se que possivelmente esta espécie exclui o excesso de Na. Boeger (2000) estudando a anatomia foliar do guanandi observou a presença de estruturas secretoras nessa espécie, desta maneira, sob condições de estresse salino o guanandi possivelmente se utiliza de estratégias para a sua sobrevivência eliminando o Na excedente, concordando com os dados analisados da CE, que classificam o guanandi como uma cultura tolerante à salinidade (QUADRO 3).

#### 4.3.1.2 Micronutrientes e Alumínio

Os teores foliares médios encontrados para os micronutrientes e Al são apresentados na TABELA 6.

TABELA 6 – VALORES MÉDIOS DOS TEORES FOLIARES DE MICRONUTRIENTES E ALUMÍNIO EM GUANANDI NOS DIFERENTES SÍTIOS DE ESTUDO. VALORES ENTRE PARÊNTESES REPRESENTAM O DESVIO PADRÃO. (n=3).

Micronutrientes (mg.kg <sup>-1</sup> )	Sítios			
	Boa Vista	Rio Velho	Poço	Palmito
Fe	33,34 (± 9,68) a	34,14 (± 13,27) a	31,63 (± 7,37) a	48,98 (± 14,73) a
Mn	20,54 (± 7,99) a	13,40 (± 4,03) a	14,80 (± 2,60) a	13,59 (± 2,30) a
Zn	14,85 (± 3,89) b	13,09 (± 0,87) b	25,75 (± 3,82) a	13,00 (± 0,77) b
Cu	3,60 (± 1,94) a	2,96 (± 1,50) a	6,87 (± 1,12) a	6,12 (± 3,77) a
Al	419,81 (± 6,96) a	127,04 (± 24,85) c	239,66 (± 15,29) b	159,64 (± 20,65) c

NOTA: Valores em linha seguidos pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Duncan ( $p < 0,05$ ).

Da mesma forma que os macronutrientes, os micronutrientes na sua grande maioria não demonstraram diferenças estatísticas pelo teste de Duncan. Somente os teores foliares médios de Zn e Al apresentaram diferenças estatísticas entre os indivíduos amostrados. Sendo que os teores foliares médios de Zn foram estatisticamente superiores nos indivíduos do sítio Poço (25,75 mg.kg<sup>-1</sup>) e, os teores foliares médios de Al foram superiores para os indivíduos do Boa Vista (419, 82

mg.kg<sup>-1</sup>) e, inferiores, além de semelhantes, nos indivíduos dos sítios Rio Velho (127, 04 mg.kg<sup>-1</sup>) e Palmito (159, 64 mg.kg<sup>-1</sup>).

Com relação aos teores foliares médios dos micronutrientes e Al encontrado, a ordem decrescente encontrada nos sítios estudados foi:

Boa Vista, Rio Velho e Palmito: Al > Fe > Mn > Zn > Cu

Poço: Al > Fe > Zn > Mn > Cu

Os teores foliares médios de Fe e Mn apresentaram-se abaixo dos níveis considerados necessários para espécies de ambiente terrestre proposto por Larcher (2004), e também abaixo dos teores médios encontrados por Brites (1994) e Boeger, Wisniewski e Reissmann (2005). QUADRO 5.

QUADRO 5 – COMPARAÇÃO DOS TEORES FOLIARES MÉDIOS (mg.kg<sup>-1</sup>) DE MICRONUTRIENTES E ALUMÍNIO EM ESPÉCIES AMOSTRADAS EM FLORESTAS TROPICAIS.

Floresta	Local	Fe	Mn	Zn	Cu	Al
<sup>1</sup> Restinga baixa (seco)	Paraná	49,1	168,5	17,4	7,2	197
<sup>1</sup> Restinga alta (úmido)	Paraná	58,2	84,0	12,4	6,7	170
<sup>2</sup> Ombrófila Densa das Terras Baixas: estágio inicial	Paraná	47,5	200,2	9,7	5,94	-
<sup>2</sup> Ombrófila Densa das Terras Baixas: estágio intermediário	Paraná	59,1	285,7	14,5	7,21	-
<sup>2</sup> Ombrófila Densa das Terras Baixas: estágio avançado	Paraná	62,5	216,8	11,4	8,07	-
<sup>3</sup> Ombrófila Densa das Terras Baixas: tipologia inicial (folhas lavadas)	Paraná	-	-	-	-	370
<sup>3</sup> Ombrófila Densa das Terras Baixas: tipologia média (folhas lavadas)	Paraná	-	-	-	-	296
<sup>3</sup> Ombrófila Densa das Terras Baixas: tipologia avançada (folhas lavadas)	Paraná	-	-	-	-	246

FONTE: <sup>1</sup>BRITES, 1994; <sup>2</sup>BOEGER; WISNIEWSKI; REISSMANN, 2005; <sup>3</sup>PROTIL, 2006.

Os teores foliares médios de Fe não apresentaram relação direta com os teores encontrados no solo, ou seja, os menores teores de Fe no solo no sítio Palmito, não resultaram em menores teores foliares nos indivíduos deste sítio (TABELA 1). Isto parece confirmar que a absorção desse elemento é metabolicamente controlada pela planta, pela sua habilidade em resistir e/ou evitar o estresse nutricional (PEARSON; RENGEL, 1997; KABATA-PENDIAS, 2001). Outra hipótese seria a ineficiência do extrator usado em representar a disponibilidade de Fe para as plantas.

Os teores foliares médios de Fe e Mn foram inferiores aos encontrados na serapilheira de guanandi (ANEXO 12). Da mesma forma que Ca e Mg, houve um acúmulo nas folhas remanescentes pela sua baixa mobilidade (MENGEL; KIRKBY, 1987).

Comparando os teores médios de Mn no solo e na folha, é possível observar, da mesma maneira que no Ca, a importância do aporte da matéria orgânica na ciclagem desse elemento, principalmente no sítio Palmito onde os teores de Mn no solo são praticamente ausentes. Como visto anteriormente, a fertilidade desse local está muito na dependência da matéria orgânica acumulada na superfície (FIGURA 7). Fato confirmado pelo valor médio de Mn encontrado nos horizontes orgânicos desse local que corresponde a  $288,67 \text{ mg.kg}^{-1}$  (CORREA, 2007).

Os teores foliares médios de Zn apresentaram-se dentro dos níveis considerados mínimos necessários para espécies terrestres proposto por Larcher (2004). Os teores foliares médios de Zn são semelhantes aos teores médios encontrados por Britez (1994) e Boeger, Wisniewski e Reissmann (2005), nos estágios intermediário e avançado (QUADRO 5).

Os teores foliares médios de Cu apresentaram-se dentro dos níveis considerados mínimos necessários para espécies de ambiente terrestre proposto por Larcher (2004) nos indivíduos dos sítios Poço e do Palmito. Com relação aos teores foliares médios de Cu nos indivíduos dos sítios Boa Vista e do Rio Velho, esses apresentaram-se abaixo dos níveis considerados necessários pelo mesmo autor. Os teores foliares médios de Cu, nos indivíduos do Poço e do Palmito, são semelhantes aos teores médios encontrados por Britez (1994). Os demais locais apresentaram teores inferiores em relação ao QUADRO 5.

Em relação ao Al, são raros os resultados com os teores deste elemento em indivíduos adultos em florestas naturais (BRITZ, 1994; PROTIL, 2006) (QUADRO 5). Kabata-Pendias (2001, p. 180) considera esse elemento como um constituinte comum de todas as plantas, sendo que os teores variam dependendo do solo e da planta, pois algumas espécies acumulam Al e seus teores chegam a ser superiores a  $10 \text{ g.kg}^{-1}$ .

Os teores foliares médios de Al variam de acordo com os locais estudados. Nos indivíduos dos sítios Rio Velho e do Palmito, os valores foram considerados inferiores pelo teste de Duncan e também inferiores aos teores médios encontrados

por Protil (2006) e Britez (1994). Nos indivíduos do sítio Poço os valores foram semelhantes aos encontrados por Protil (2006) em Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas, tipologia avançada.

Nos indivíduos do sítio Boa Vista, os teores foliares médios de Al foram superiores. De acordo com o resultado da análise de solo desse local (QUADRO 3), a elevada acidez pode ter favorecido os elevados teores foliares. Em solos muito ácidos o Al é um fator limitante, e em muitas espécies, as plantas adquirem mecanismos de resistência a sua toxidez tolerando e/ou evitando, de maneira a prevenir o seu excesso (PESSARAKLI, 1993; RENGEL, 1997).

#### 4.3.1.3 Correlações: Solo e Folha

Utilizando os teores no solo e das folhas para macronutrientes, micronutrientes, sódio e alumínio fizeram-se as correlações apresentadas nas FIGURAS 9 a 14. Para essas correlações utilizaram-se os teores do solo com os respectivos indivíduos amostrados.

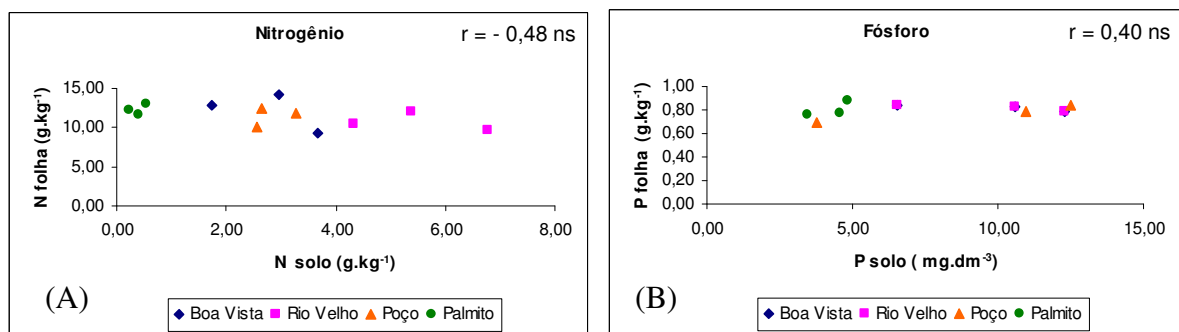


FIGURA 9 – CORRELAÇÕES ENTRE OS TEORES MÉDIOS DE N (A) E P (B) NO SOLO COM OS TEORES FOLIARES MÉDIOS EM GUANANDI NOS SÍTIOS ESTUDADOS.

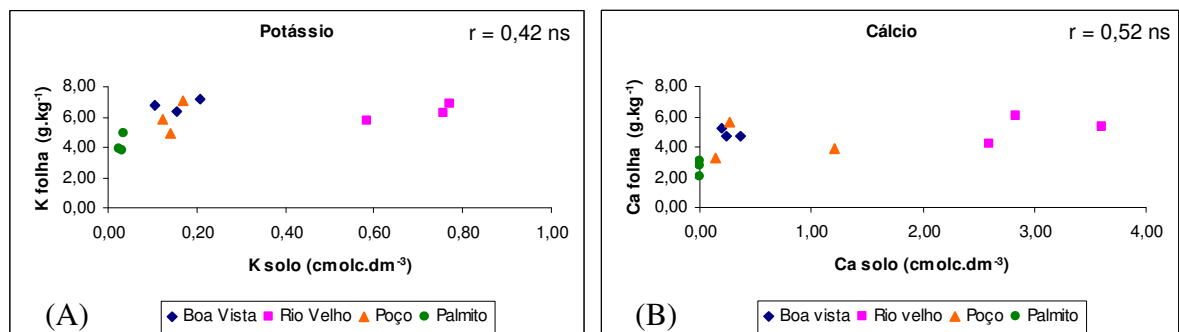


FIGURA 10 – CORRELAÇÕES ENTRE OS TEORES MÉDIOS DE K (A) E Ca (B) NO SOLO COM OS TEORES FOLIARES MÉDIOS EM GUANANDI NOS SÍTIOS ESTUDADOS.

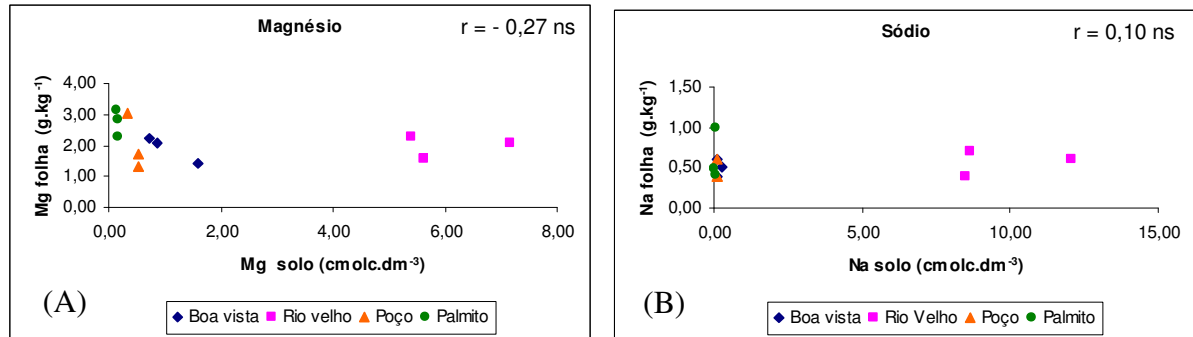


FIGURA 11 – CORRELAÇÕES ENTRE OS TEORES MÉDIOS DE Mg (A) E Na (B) NO SOLO COM OS TEORES FOLIARES MÉDIOS EM GUANANDI NOS SÍTIOS ESTUDADOS.

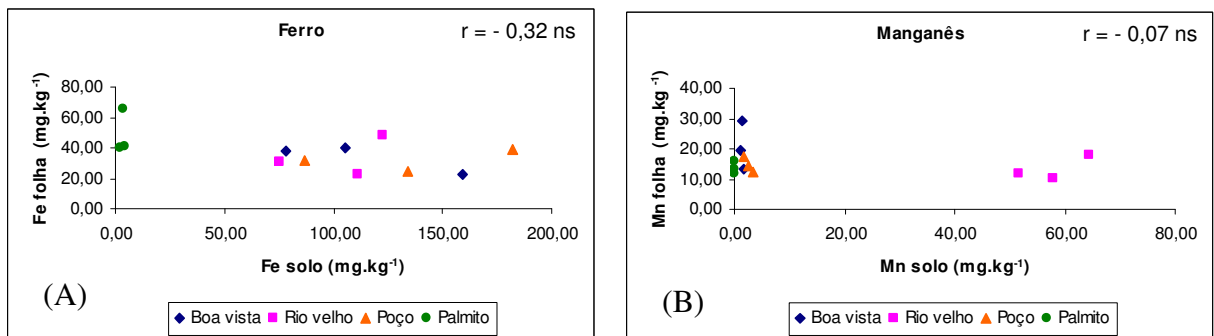


FIGURA 12 – CORRELAÇÕES ENTRE OS TEORES MÉDIOS DE Fe (A) E Mn (B) NO SOLO COM OS TEORES FOLIARES MÉDIOS EM GUANANDI NOS SÍTIOS ESTUDADOS.

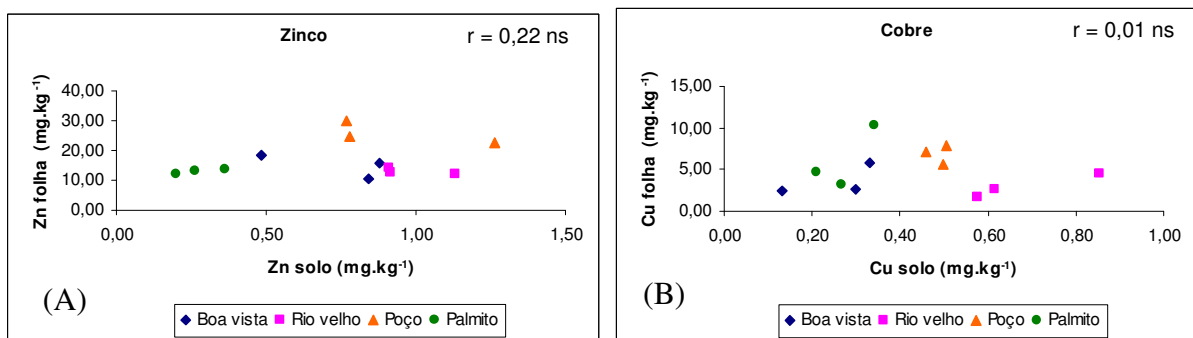


FIGURA 13 – CORRELAÇÕES ENTRE OS TEORES MÉDIOS DE Zn (A) E Cu (B) NO SOLO COM OS TEORES FOLIARES MÉDIOS EM GUANANDI NOS SÍTIOS ESTUDADOS.

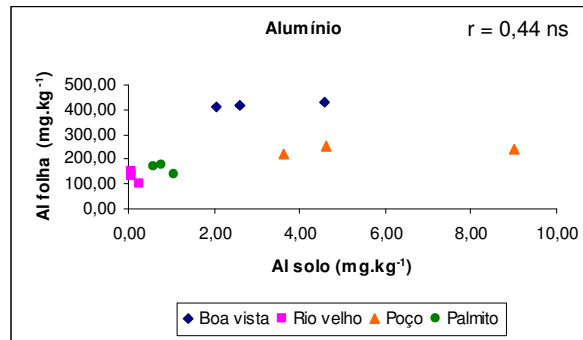


FIGURA 14 – CORRELAÇÕES ENTRE OS TEORES MÉDIOS DE Al NO SOLO COM OS TEORES FOLIARES MÉDIOS EM GUANANDI NOS SÍTIOS ESTUDADOS.

Observa-se nas FIGURAS 9 a 14 que não houve correlações significativas. É possível que o baixo número de repetições e a posição de amostragem tenham proporcionado tal resultado ou que, não exista compatibilidade entre o método químico do solo e a espécie estudada. Ou seja, o extrator apesar de simular a disponibilização de nutrientes não correspondeu aos teores encontrados nas folhas dessa espécie.

Da mesma forma, a análise para agrupamento dos teores foliares, não se relacionou com aquela encontrada no solo (FIGURA 15). Utilizando a análise de cluster para os teores foliares observa-se que os sítios Rio Velho e Palmito formam um grupo com correlações em comum, seguido do sítio Poço e isoladamente está o sítio Boa Vista.

Esse fato reforça o comportamento das correlações apresentadas acima (FIGURA 9 a 14), ou seja, o método utilizado para a extração dos nutrientes do solo não se relacionou com a capacidade de extração do guanandi nesses sítios.

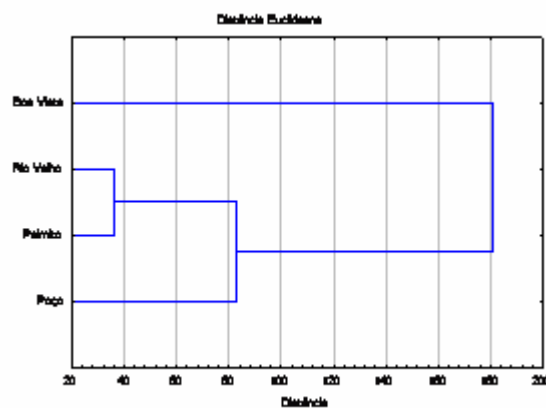


FIGURA 15 – ANÁLISE DE CLUSTER PARA AGRUPAMENTO DOS SÍTIOS ESTUDADOS EM FOLHAS DE GUANANDI.

### 4.3.2 Eficiência de Utilização de Nutrientes

#### 4.3.2.1 Macronutrientes e Sódio

A quantidade de biomassa produzida por conteúdo de nutriente, também denominado de eficiência de utilização de macronutrientes e Na (EUN) em folhas de guanandi nos diferentes sítios de estudo é apresentada na TABELA 7. Cabendo lembrar que se tratam de valores relativos, não existindo um valor padronizado. Um importante aspecto a ser observado nas variáveis estudadas é que, devido ao baixo número de repetições (n=3) os valores encontrados para o desvio padrão da média e, por consequência da variância, não mostraram diferença significativa no nível de significância utilizado ( $p < 0,05$ ). Os indivíduos amostrados de maneira geral utilizaram eficientemente os macronutrientes e Na para a formação de biomassa na seguinte ordem:

Sítios Boa vista, Rio Velho e Poço: Na > P > Mg > Ca > K > N

Sítio Palmito: Na > P > Ca > Mg > K > N

Na seqüência acima consta a participação do Na, apesar de não ser do atual conhecimento se o mesmo é essencial para o guanandi. A sua inserção se justifica a partir dos elevados teores encontrados no solo no sítio Rio Velho, bem como, pelo fato de integrar as bases trocáveis do solo (TABELA 1).

TABELA 7 – VALORES MÉDIOS RELATIVOS DA FICIÊNCIA DE UTILIZAÇÃO DE MACRONUTRIENTES, SÓDIO E PESO DE 100 FOLHAS EM GUANANDI NOS DIFERENTES SÍTIOS DE ESTUDO. VALORES ENTRE PARÊNTESES REPRESENTAM O DESVIO PADRÃO. (n=3).

Nutriente	Boa Vista	Rio Velho	Poço	Palmito
	g de Biomassa Produzida/ Conteúdo do nutriente (g)			
N	86 ( $\pm 16,23$ )	94 ( $\pm 8,28$ )	88 ( $\pm 7,89$ )	82 ( $\pm 3,63$ )
P	1.381 ( $\pm 99,50$ )	1.225 ( $\pm 37,66$ )	1.297 ( $\pm 101,54$ )	1.248 ( $\pm 82,06$ )
K	148 ( $\pm 7,16$ )	160 ( $\pm 11,10$ )	172 ( $\pm 25,03$ )	243 ( $\pm 27,40$ )
Na	2.086 ( $\pm 378,6$ )	1.880 ( $\pm 458,18$ )	2.257 ( $\pm 421,95$ )	1.845 ( $\pm 623,97$ )
Ca	205 ( $\pm 10,45$ )	196 ( $\pm 30,62$ )	248 ( $\pm 53,95$ )	386 ( $\pm 66,96$ )
Mg	542 ( $\pm 110,49$ )	517 ( $\pm 81,63$ )	561 ( $\pm 178,62$ )	371 ( $\pm 52,15$ )
P100F (g)	53,34 ( $\pm 9,13$ )	30,70 ( $\pm 7,52$ )	43,39 ( $\pm 15,33$ )	52,54 ( $\pm 16,38$ )

NOTA: P100F = Peso de 100 folhas (g)



Para os indivíduos dos sítios Boa Vista, Rio Velho e Poço a ordem foi semelhante a encontrada por Caldeira, Rondon Neto e Schumacher (2002) e Winckler (2006).

Apesar de todos os resultados terem importância, a discussão será restrita ao N e P devido ao foco colocado inicialmente relacionando os resultados com a esclerofilia.

O EUN do N foi maior nos indivíduos do sítio Rio Velho e menor nos indivíduos do sítio Palmito. O N possui EUN relativamente menor em relação aos demais nutrientes, sendo fortemente determinado pela variação nas concentrações da folha (AERTS; CHAPIN III, 2000), que apesar da sua alta redistribuição interna ainda mantém altos teores foliares.

O EUN do P foi maior nos indivíduos do sítio Boa Vista e menor nos indivíduos do sítio Rio velho. O P é o único elemento, em florestas tropicais, que possui elevado IEU em solos onde ele se encontra com baixos teores (CALDEIRA; RONDON NETO; SCHUMACHER; 2002; WINCKLER, 2006), como é o presente caso.

De acordo com os valores médios da relação N:P foliar citados na TABELA 5, observou-se que a limitação desses nutrientes possivelmente varia de acordo com as condições edáficas de cada sítio estudado. Onde N e P são limitantes nos sítios Rio Velho e Boa Vista, respectivamente. Desta maneira esses resultados explicam porque os indivíduos dos sítios Rio Velho e do Boa Vista utilizam eficientemente esses nutrientes na produção de biomassa.

#### 4.3.2.2 Micronutrientes e Alumínio

Os índices de eficiência de utilização de micronutrientes e Al (EUN) em folhas de guanandi nos diferentes sítios de estudo são apresentados na TABELA 8. Os indivíduos amostrados de maneira geral utilizaram eficientemente os micronutrientes e Al na produção de biomassa na seguinte ordem:

Sítios Boa Vista e Palmito: Cu > Zn > Mn > Fe > Al

Sítios Rio Velho e Poço: Cu > Mn > Zn > Fe > Al

Para os indivíduos dos sítios Rio Velho e do Poço a ordem foi parecida com a encontrada por Caldeira, Rondon Neto e Schumacher (2004) em florestas plantadas.

TABELA 8 – VALORES MÉDIOS RELATIVOS DA EFICIÊNCIA DE UTILIZAÇÃO DE MICRONUTRIENTES, ALUMÍNIO E PESO DE 100 FOLHAS EM GUANANDI NOS DIFERENTES SÍTIOS DE ESTUDO. VALORES ENTRE PARÊNTESES REPRESENTAM O DESVIO PADRÃO. (n=3).

Nutriente	Boa Vista	Rio Velho	Poço	Palmito
	g de Biomassa Produzida/ Conteúdo do nutriente (g)			
Fe	32.151 (± 9104,90)	32.306 (± 9706,46)	32.811 (± 6368,17)	21.526 (± 4518,69)
Mn	53.898 (± 16820,36)	78.905 (± 17452,10)	68.958 (± 9743,50)	74.706 (± 9075,55)
Zn	70.923 (± 16844,90)	76.621 (± 4051,74)	39.392 (± 4585,26)	77.134 (± 3865,40)
Cu	325.797 (± 109518,11)	403.414 (± 165769,81)	148.266 (± 20659,65)	205.259 (± 86891,38)
Al	2.382 (± 32,13)	8.087 (± 1357,85)	4.184 (± 218,45)	6.340 (± 717,63)
P100F (g)	53,34 (± 9,13)	30,70 (± 7,52)	43,39 (± 15,33)	52,54 (± 16,38)

NOTA: P100F = Peso de 100 folhas (g)

Para todos os indivíduos estudados, destaca-se a alta eficiência do Cu na produção de biomassa. Segundo Caldeira, Rondon Neto e Schumacher (2002 e 2004) e Winckler (2006) a sua eficiência pode ser explicada de forma semelhante a eficiência do P, devendo-se aos seus baixos teores encontrados no solo. Porém no caso do Cu, o EUN pode estar relacionado, possivelmente, não devido a pobreza desse elemento nesses locais, mas por fatores como a facilidade dele se associar com a matéria orgânica ficando fortemente complexado, se tornando disponível depois da mineralização desta (WILLIAMS et al., 1980; FERNANDES, 2006, p. 330; MEURER, 2006, p. 229). Esse fato encontra apoio em Pandey, Pandey e Misra (2000) que encontraram a seguinte ordem de estabilidade de complexos formados entre a matéria orgânica e íons metálicos Cu > Fe > Pb > Ni > Co > Ca > Cd > Zn > Mn > Mg. Outra hipótese seria a sua imobilização nas raízes, contribuindo para os baixos valores encontrados para o conteúdo das folhas (BAUMEISTER; ERNST, 1978, p. 148).

#### 4.3.3 Área foliar e Índice de esclerofilia

A TABELA 9 apresenta os valores médios das variáveis morfológicas analisadas. Somente a área foliar (AF) e o peso foliar (PF) apresentaram diferenças

estatísticas para os indivíduos entre os sítios estudados, variando em mais de 50% (TABELA 9).

Os valores médios da AF e da área foliar específica (AFE) apresentam-se abaixo dos valores encontrados para guanandi, no estágio intermediário do Palmito (Boeger, 2000). Já os valores médios da espessura total (ET) foram superiores em relação ao referido estudo.

Os maiores valores da AF não corresponderam aos maiores valores de espessura, mas sim peso foliar. O maior PF nos indivíduos do sítio Palmito (0,65 g) pode ser devido ao maior investimento estrutural principalmente nos tecidos com parede secundária, resultante dos baixos teores de N no solo, esses decorrentes da alta relação C/N encontrada no solo desse sítio (TABELA 1). Plantas submetidas a condições de carência de N tendem a utilizar o C excedente na formação das paredes celulares secundárias. Essa mudança anatômica apresenta um importante caráter ecológico, aumentando a produção de tecidos esclerenquimáticos e, por conseqüência, tornando as folhas mais esclerófilas e com maior proteção contra danos mecânicos (LAMBER; CHAPIN III; PONS, 1998).

TABELA 9 – VALORES MÉDIOS DAS VARIÁVEIS MORFOLÓGICAS ANALISADAS. VALORES ENTRE PARÊNTESES REPRESENTAM O DESVIO PADRÃO. (N=3)

Variáveis	Sítio			
	Boa Vista	Rio Velho	Poço	Palmito
AF (cm <sup>2</sup> )	33,32 (± 8,87) ab	18,86 (± 1,54) b	28,82 (± 9,91) ab	40,16 (± 10,38) a
PF (g)	0,61 (± 0,14) ab	0,34 (± 0,01) b	0,51 (± 0,25) ab	0,65 (± 0,09) ab
AFE (cm <sup>2</sup> .g <sup>-1</sup> )	55,03 (± 5,32) a	55,79 (± 3,00) a	59,46 (± 8,61) a	61,56 (± 8,04) a
IE (g.dm <sup>-2</sup> )	0,92 (± 0,09) a	0,90 (± 0,05) a	0,86 (± 0,13) a	0,83 (± 0,11) a
ET ((µm)	331,67 (± 22,55) a	348,33 (± 37,53) a	340,00 (± 26,46) a	330,00 (± 5,00) a

NOTA: Valores em linha seguidos pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Duncan ( $p < 0,05$ ). AF = Área foliar; PF = Peso foliar; AFE = Área foliar específica; IE = Índice de esclerofilia e ET = Espessura total.

A menor AF e PF nos indivíduos do sítio Rio Velho (TABELA 9) evidencia que, possivelmente, fatores edáficos nesse sítio prejudicaram a sua expansão foliar. Aspectos relacionados à salinidade podem provocar inibição no crescimento e perda do peso seco (PESSARAKLY, 1993; TAIZ; ZEIGER, 2006).

Utilizando a AFE como índice de esclerofilia, verifica-se que os valores médios encontrados em folhas de guanandi são menores que os encontrados por Boeger (2000). Comparando esses resultados aos de Boeger (2000) pode-se dizer que devido aos baixos valores da AFE encontrados existe uma tendência à esclerofilia para as folhas nos sítios estudados. Esse resultado é reforçado pelo IE proposto por Rizzini (1997) para florestas pluviais (QUADRO 2), em que folhas de guanandi são classificadas, por esse critério, como esclerófilas.

A TABELA 10 mostra que a ET se correlacionou negativamente com a AFE, ou seja, folhas esclerófilas são mais espessas e com menor AFE, mesmo resultado verificado por Sobrado e Medina (1980), Tuner (1994a) e Bussotti et al. (2000).

TABELA 10 – MATRIZ DE CORRELAÇÃO DAS VARIÁVEIS EDÁFICAS E FOLIARES.

<b>Matriz de Correlação</b>					
	PF	AFE	IE	ET	P100F
AF	<b>0,94*</b>	0,31	- 0,27	- 0,18	<b>0,87*</b>
PF		- 0,02	0,06	0,02	<b>0,84*</b>
AFE			<b>- 1,00*</b>	<b>- 0,63*</b>	0,22
IE				<b>0,66*</b>	- 0,19
ET					0,01

NOTA: \* Valores significativos ao nível de  $p < 0,05$ .

Folhas de guanandi de todos os sítios estudados foram classificadas como esclerófilas e não apresentaram diferenças significativas entre si (TABELA 9). Uma das possíveis razões para a esclerofilia são os baixos teores de N e P foliares, resultantes da baixa disponibilidade no solo. Loveless (1961) e Turner (1994a) demonstraram que o grau de esclerofilia pode ser indicado pelos teores foliares desses nutrientes, onde valores muito baixos de N e P foliares são um indicativo da condição de esclerofilia, como é o presente caso. TABELA 4.

Conforme apresentado na TABELA 4, os baixos teores de N e P foliares proporcionam um investimento estrutural do C, resultando numa alta relação C/N na folha. Segundo Jordan (1985), valores maiores que 25:1 para a relação C/N indicam baixas concentrações de N nas folhas, como observado na TABELA 4. Assim, o metabolismo do C, que é desviado para a formação de produtos como lignina e celulose, é representado nos valores de AFE.

Esses resultados concordam com uma das hipóteses de que a esclerofilia é uma adaptação aos locais com baixo fornecimento nos teores de N e P do solo.

Como visto anteriormente, o uso eficiente de P nesses locais faz com que espécies como o guanandi consigam sobreviver em locais pobres em P. A importância da ciclagem dos nutrientes no sistema e a sua recuperação através de estratégias utilizadas pela espécie em ambiente oligotrófico e de alta pluviosidade, ajuda a reduzir a sua perda no sistema.

## 5 CONCLUSÕES

- a) Os locais diferem na sua fertilidade. A análise multivariada mostrou semelhança entre os solos dos sítios Boa Vista e Poço, tanto em 0-5 cm como em 0-20 cm de profundidade.
- b) Os valores médios referentes ao diâmetro à altura do peito e a altura total destacam duas condições: sendo inferiores nos indivíduos do sítio Palmito e superiores no sítio Poço, intermediários nos demais.
- c) Apenas os teores foliares médios de K, Ca, Zn e Al apresentaram diferenças entre os sítios de estudo.
- d) Não houve correlações significativas entre os teores encontrados no solo com os da folha.
- e) A maior eficiência na utilização dos nutrientes analisados em guanandi foi para o P e o Cu.
- f) Folhas de guanandi foram classificadas como esclerófilas, sendo neste estudo devido ao baixo fornecimento de N e P do solo.

## REFERÊNCIAS

AERTS, R.; CHAPIN III, F. S. The nutrition of wild plants revisited: Re-evaluation of processes and patterns. **Advances in ecological research**. v. 30, p. 3-67, 2000.

AGAMI, M.; LIPS, S. H.; OERTLI, J. J. Strength of sclerophyllous cells to resist collapse due to negative turgor pressure. **Acta Oecologica**, Berlin, v. 11, n. 2, p. 281-289, 1990.

ALVIM, S. J. G.; KORNDORF, G.; FERNANDES, G. W. Sclerophylly in *Qualea parviflora* (Vochysiaceae): influence of herbivory, mineral nutrients, and water status. **Plant Ecology**, v. 187, p. 153-162, 2006.

de BARROS, N. F.; de NOVAIS, R. F.; do CARMO, D. N.; NEVES, J. C. L. Classificação nutricional de sítios florestais – Descrição de uma metodologia. **Revista Árvore**, v. 10, n. 1, p. 112-120, 1986.

BATAGLIA, O. C. Análise química de plantas. In: FERREIRA, M. E.; da CRUZ, M. C. P. **Micronutrientes na agricultura**. Piracicaba: POTAFOS/ CNPq. 1991. p. 289-308.

BAUMEISTER, W.; ERNST, W. **Mineralstoffe und Pflanzenwachstum**. Stuttgart: Gustav Fischer Verlag, 1978. p. 148.

BEADLE, N. C. W. Soil phosphate and its role in molding segment os the australian flora and vegetation, with special referenc to xeromorphy and slerophylly. **Ecology**, v. 47, n. 6, p. 992-1007, 1966.

BOEGER, M. R. T. **Morfologia foliar e aspectos nutricionais de espécies arbóreas em três estágios sucessionais, de Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas, Paranaguá, PR**. 150f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2000.

BOEGER, M. R. T.; WISNIEWSKI, C.; REISSMANN, C. B. Nutrientes foliares de espécies arbóreas de três estádios sucessionais de floresta ombrófila densa no sul do Brasil. **Acta bot. bras.**, v. 19, n. 1, p. 167-181, 2005.

BREMNER, J. M. Nitrogen-total. In: METHODS OF SOIL ANALYSIS: Chemical Methods Soil. Madison: Soil Science Society of America Science. 1996. Pt. 3, p.1085-1125.

BRITEZ, R. M. **Ciclagem de nutrientes em duas florestas da planície litorânea da Ilha do Mel, Paranaguá, PR.** 240f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1994.

BUSSOTTI, F.; BORGHINI, F.; CELESTI, C.; LEONZIO, C.; BRUSCHI, P. Leaf morphology and macronutrients in broadleaves trees in central Italy. **Trees**, v. 14, p. 361-368, 2000.

CALDEIRA, M. V. W. **Determinação de biomassa e nutrientes em uma floresta ombrófila mista montana em General Carneiro, Paraná.** 176 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2003.

CALDEIRA, M. V. W.; RONDON NETO, R. M.; SCHUMACHER, M. V. Avaliação da eficiência nutricional de três procedências australianas de acácia-negra (*Acácia mearnsii* De wild.) **Revista Árvore**, Viçosa, Mg, v. 26, n. 5, p. 615-620, 2002.

CALDEIRA, M. V. W.; RONDON NETO, R. M.; SCHUMACHER, M. V. Eficiência do uso de micronutrientes e sódio em três procedências de acácia-negra (*Acácia mearnsii* De wild.) **Revista Árvore**, Viçosa, Mg, v. 28, n. 1, p. 39-47, 2004.

CAMERIK, A. M.; WERGER, M. J. A. Leaf characteristics of the flora of the high plateau of Itatiaia, Brasil. **Biotropica**, Lawrence, v. 13, n. 1, p. 39-48, 1981.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras.** Brasília. Embrapa Informações Tecnológica, 2003, v. 1, p. 487-494.

CHAPIN III, F. S. The mineral nutrition of wild plants. **Ann. Rev. Ecol. Syst**, v. 11, p. 233-240, 1980.

CHOONG, B. M. F.; LUCAS, P. W.; ONG, J. S. Y.; PEREIRA, B.; TAN, H. T. W.; TURNER, I. M. Leaf fracture toughness and esclerophylly: their correlations and ecological implication. **New Phytol**, v. 121, p. 597-610, 1992.

COLEY, P. D. Herbivory and defensive characteristics of tree species in a lowland tropical forest. **Ecological Monographs**, v. 53, n. 2, p. 209-233, June. 1983.

CORRÊA, M. P. **Dicionário das plantas úteis do Brasil e das exóticas cultivadas.** Rio de Janeiro: Serviço de Informação Agrícola, 1984, v. 3, p. 534-536.



CORREA, D. R. **Horizontes Orgânicos sob Floresta Ombrófila Densa no Litoral Paranaense**. 101f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

DELITTI, W. B. C. Estudos de ciclagem de nutrientes: instrumentos para a análise funcional de ecossistemas terrestres. **Oecologia brasiliensis**, v. 1, p. 469-486, 1995.

DRUMOND, M. A.; de BARROS, N. F.; de SOUZA, A. L.; da SILVA, A. F.; TEIXEIRA, J. L. Composição mineral e demanda nutricional de espécies florestais da mata atlântica. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 21, n. 1, p. 1-10, 1997.

EDWARDS, C.; READ, J.; SANSON, G. Characterising sclerophylly: some mechanical properties of leaves from heath and forest. **Oecologia**, Berlin, v. 123, p. 158-167, 2000.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. CNPS: Rio de Janeiro, 1997. p. 27-34.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**, Rio de Janeiro, 1999.

FERNANDES, M. S. **Nutrição de plantas**. Sociedade Brasileira de Ciências do Solo: Viçosa, MG, 2006.

FERREIRA, I. C. de M.; COELHO, R. M.; TORRES, R. B.; BERNACCI, L. C. Solos e vegetação nativa remanescente no Município de Campinas. **Pesq. Agropec. bras., Brasília**, v. 42, n. 9, p.1319-1327, 2007.

FINCK, A. **Pflanzen-ernährung in sticaworten**. Kiel: Verlag Ferdinand Hirt, 1969.

GLENN, E. P.; BROWN, J. J.; KHAN, M. J. Mechanisms of salt tolerance in higher plants. In: BASRA, A. S.; BASRA, R. K. **Mechanisms of environmental stress resistance in plants**. Amsterdam: Harwood academic publisher, 1997.

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: EPU/ EDUSP, 1978.

GROOM, P. K.; LAMONT, B. B. Which common indices of sclerophylly best reflect differences in leaf structure? **Ecoscience**, v. 6, n. 3, p. 471-474, 1999.

HAAG, P. H. **Ciclagem de nutrientes em florestas tropicais**. Campinas: Fundação Cargill, 1985.

HANLEY, M. E.; LAMONT, B. B.; FAIRBANKS, M. M. RAFFERTY, C. M. Plant structural traits and their role in anti-herbivore defence. **Perspectives in Plant ecology, evolution and systematics**, v. 8, p.157-178, 2007.

HARIDASAN, M. Nutrição mineral de plantas nativas do cerrado. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 12, p. 54-64, 2000.

HARIDASAN, M.; ARAÚJO, G. M. Perfil Nutricional de espécies lenhosas de duas florestas semidecíduas em Uberlândia, MG. **Revista Brasil. Bot.**, v. 28, n. 2, p. 295-303, Abr/Jun. 2005.

HILDEBRAND, C.; HILDEBRAND, E. E.; REISSMANN, C. B. **Manual de análise química do solo e planta**. Curitiba, Departamento de solos, Universidade Federal do Paraná, 1977.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual técnico da vegetação brasileira**: série manuais técnicos em geociências. Rio de Janeiro, n. 1, 1992.

INOUE, M. T.; RODERJAN, C. V.; KUNIYOSH, Y. S. **Projeto Madeira do Paraná**. Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná – Fupef: Curitiba, 1984, p. 111-116.

INSTITUTO PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL. **Zoneamento do litoral Paranaense**. Fundação Editora Edison Vieira: Curitiba, 1989, 175 p.

JORDAN, C. F. **Nutrient Cycling in tropical forest ecosystems**. Chichester: John Wiley & Sons, 1985.

JORDAN, C. F. Nutrient cycling processes and tropical forest management. In: GÓMEZ-POMPA, A. WHITMORE, T. C., HADLEY, M. **Rain forest regeneration and management**. The Biosphere series. Paris: UNESCO. 1991.

KABATA-PENDIAS, A. **Trace elements in soils and plants**. 3ed. Boca Raton: CRC Press. 2000.

KAPELLE, M.; LEAL, M. E. Changes in leaf morphology and foliar nutrient status along a successional gradient in a Costa Rican upper montane *Quercus* forest. **Biotropica**, Lawrence, v. 28, n.3, p. 331-344, 1996.

KLEIN, R. M. Estrutura, composição, florística, dinamismo e manejo da “Mata Atlântica” (Floresta ombrófila densa) do sul do Brasil. In: **SIMPÓSIO DE ECOSISTEMAS DA COSTA SUL E SUDESTE BRASILEIRA: ESTRUTURA, FUNÇÃO E MANEJO**, 2., 1990, Águas de Lindóia. Anais...São Paulo: Academia de Ciências do estado de São Paulo, 1990. v. 1, p. 259-286.

KLINGE, H.; FURCH, K.; HARMS, E.; REVILLA, J. Foliar nutrient levels of native tree species from Central Amazônia. I Inundation forests. **Amazoniana**, Plön, v. 8, n. 1, p. 19-45, September 1983.

KNOPS, J. M. H.; KOENIG, W. D. Site fertility and leaf nutrients of sympatric evergreen and deciduous species of *Quercus* in central costal California. **Plant Ecology**, Oxford, v. 130, p. 121-131, 1997.

LAMBERS, H.; CHAPIN III, F. S.; PONS, T. L. **Plant physiological ecology**. New York: Springer, 1998.

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. São Carlos: RiMa Artes e Textos, 2000.

LIMA, M. R. (Ed.). **Diagnóstico e Recomendações de manejo do solo**: aspectos teóricos e metodológicos. Curitiba: UFPR/ Setor de Ciências Agrárias, 2006.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas de Brasil. v. 1. 4. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2002, p. 132-132.

LOVELESS, A. R. A nutritional interpretation of sclerophylly base on differences in the chemical composition of sclerophyllous and mesophytic leaves. **Annals of botany**, v. 25, n. 98, p. 168-184, 1961.

MAACK, R. **Geografia física do estado do Paraná**. 2 ed. Rio de Janeiro: José Olympio, 1981.

MALAVOLTA, E. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic Press, 1995.

MARIN, D.; MEDINA, E. Duration foliar, contenido de nutrientes y esclerofilia em arboles de um bosque muy seco tropical. **Acta Cient. Venezolona**, Caracas, v. 32, p. 508-514, 1981.

MARQUES, M. C. M. **Estudos auto-ecológicos de guanandi (*Calophyllum brasiliense* Camb. Clusiaceae) em uma mata ciliar do município de Brotas, SP**. Campinas, 1994. 92 f. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) – Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas.

MARTINS, A. P. L.; REISSMANN, C.B. Material vegetal e as rotinas laboratoriais nos procedimentos químico-analíticos. **Scientia Agrária**, v.8, n. 1. p.73-89, 2007.

MEDINA, E.; GARCIA, V.; CUEVAS, E. Sclerophylly and oligotrophic environments: Relationships between leaf structure, mineral nutrient content, and drought resistance in tropical rain forests of the upper Rio Negro region. **Biotropica**, Lawrence, v. 22, n. 1, p. 51-64, 1990.

MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. **Principles of plant nutrition**. International. 4. ed. Bern:International Potash Institute, 1987, 687 p.

MEURER, E. J. **Fundamentos de química do solo**. 3. ed. Porto Alegre: Evangraf, 2006.

MONTES, R.; MEDINA, E. Seasonal Changes in nutrient content of leaves of savanna trees with different ecological behavior. **Geo-Eco-Trop**, v. 4, p.295-307, 1977.

MORAIS, E. J.; BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F.; BRANDI, R. M. Biomassa e eficiência nutricional de espécies de eucalipto em duas regiões bioclimáticas de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 14, p. 353-362, 1990.

PANDEY, A. K.; PANDEY, S. D.; MISRA, V. Stability Constants of Metal-Humic acids complexes and its role in environmental detoxification. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, n. 47, p. 195-200, 2000.

PAVAN, M. A.; BLOCH, M. de F.; ZEMPULSKI, H. da C.; MIYAZAWA, M., ZOCOLER, D. C. Manual de análise química de solo e controle de qualidade. **Circular IAPAR**, Londrina, n. 76, Nov. 1992.

PEARSON, J. N.; RENGEL, Z. Mechanisms of plant resistance to nutrient deficiency stress. In: BASRA, A. S.; BASRA, R. K. **Mechanisms of environmental stress resistance in plants**. Amsterdam: Harwood academic publisher, 1997.

PESSARAKLI, M. **Handbook of Plant and crop stress**. New York: Marcel Dekker, 1993.

POTT, A.; POTT, V. J. **Plantas do Pantanal**. Brasília: Embrapa CPAP/ SPI, 1994. p. 125-125.

PROTIL, C. Z. **Contribuição de quatro espécies arbóreas ao ciclo biogeoquímico em floresta atlântica na planície litorânea do Paraná**. 128 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal), Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

RAIJ, B. V.; GHEYI, H. R.; BATAGLIA, O. C. Determinação da condutividade elétrica e de cátions solúveis em extratos aquosos de solos. In: RAIJ, B. V.; de ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. **Análise química para Avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Instituto Agrônomo: Campinas, 2001, p. 277-281.

READ, J.; SANSON, G. D. Characterizing sclerophylly: the mechanical properties of a diverse range of leaf types. **New phytologist**, v. 160, p. 81-99, 2003.

REITZ, R.; KLEIN, R. M.; REIS, A. Projeto Madeira de Santa Catarina. **Sellowia**, Itajaí, n. 28-30, p. 218-224, Maio. 1978.

RENGEL, Z. Mechanisms of plant resistance to toxicity of aluminium and heavy metals. In: BASRA, A. S.; BASRA, R. K. **Mechanisms of environmental stress resistance in plants**. Amsterdam: Harwood academic publisher, 1997.

de RESENDE, A. V.; FURTINI NETO, A. E.; MUNIZ, J. A.; CURI, N.; FANQUIN, V. Crescimento inicial de espécies florestais de diferentes grupos sucessionais em

resposta a doses de fósforo. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v. 34, n. 11, p. 2071-2081, Nov. 1999.

de RESENDE, A. V.; FURTINI NETO, A. E.; CURI, N.; MUNIZ, J. A.; de FARIA, M. R. Acúmulo e eficiência nutricional de macronutrientes por espécies florestais de diferentes grupos sucessionais em resposta à fertilização fosfatada. **Ciênc. Agrotec.**, Lavras, v. 24, n. 1, p. 160-173, Jan/Mar. 2000.

RIZZINI, C. T. **Tratado de fitogeografia do Brasil: aspectos ecológicos, sociológicos e florísticos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Âmbito Cultural, 1997.

RODERJAN, C. V., GALVÃO, F., KUNIYOSHI, Y. S., HATSCHBACH, G. G., As unidades fitogeográficas do estado do Paraná. **Ciência & Ambiente**, n. 24, p. 75-92, Jan/Jun. 2002.

ROSOLEM, C. R. Interação do potássio com outros íons. In: YAMADA, T.; ROBERTS, T. L. **Potássio na agricultura brasileira**. Piracicaba: POTAFOS, 2005.

SANCHEZ, P. A. Soils. In: LIETH, H.; WERGER, M. J. A. (Ed.). **Tropical rain forest ecosystems: biogeographical and ecological studies**. Amsterdam: Elsevier, 1989. p. 73-88. (Ecosystems of the world, 14B)

SALLEO, S; NARDINI, A. Sclerophylly: Evolutionary advantage or mere epiphenomenon? **Plant Biosystems**, v. 134, n. 3, p. 247-259, 2000.

SCHMIDT, P. B.; VOLPATO, E. Aspectos silviculturais de algumas espécies nativas da Amazônia. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 2, n. 2, p. 99-122, 1972.

SEDDON, G. Xerophytes, xeromorphs and sclerophylls: the history of some concepts in ecology. **Biol. J. Linn. Soc.**, v. 6., p. 65-87, March. 1974.

da SILVA, F. C. **Manual de análises químicas de solo, plantas e fertilizantes**. Brasília: Embrapa comunicação para transferência de tecnologia, 1999, p. 207-212.

SOBRADO, M. A.; MEDINA, E. General morphology, anatomical structure, and nutrient content of sclerophyllous leaves of the 'Bana' vegetation of Amazonas. **Oecologia**, Berlim, v. 45, p. 341-345, 1980.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIAS DO SOLO. **Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 10 ed. Comissão de química e fertilidade do solo. Porto Alegre, 2004.

SOCIEDADE DE PESQUISA EM VIDA SELVAGEM E EDUCAÇÃO AMBIENTAL. Diretrizes de gerenciamento. In: \_\_\_\_\_. **Plano integrado de conservação para a região de Guaraqueçaba**. Curitiba, 1992. (Quadro 1.)

SOCIEDADE DE PESQUISA EM VIDA SELVAGEM E EDUCAÇÃO AMBIENTAL. **Levantamento de Solos: Reserva Natural Serra do Itaqui**. Curitiba, 2002. 157 p. Relatório técnico.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3 ed. Artmed: Porto Alegre, 2004.

THOMPSON, J.; PROCTOR, J.; VIANA, V.; MILLIKEN, W.; RATTER, J. A.; SCOTT, D. A. Ecological studies on a lowland evergreen rian forest on Maracá Island, Roraima, Brazil. I Physical environment, forest structure and leaf chemistry. **Journal of Ecology**, Oxford, v. 80, p. 689-703, 1992.

TOLEDO FILHO, D. V. de; PARENTE, P. R. Arborização urbana com essências nativas. **Boletim Técnico do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 42, p. 19-31, Maio. 1988.

TOMÉ JÚNIOR, J. B. **Manual para interpretação de análise de solo**. Guaíba: Agropecuária, 1997.

TORRES, R. B.; MATTHES, L. A. F.; RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. de F. Espécies florestais nativas para plantio em áreas de brejo. **O agrônomo**, Campinas, v. 44, n. 1-3, p. 13-16, Jan/Dez. 1992.

TUNNER, I. M. A quantitative analysis of leaf form in woody plants from the world's major broadleaved forest types. **Journal of biogeography**, v. 21, p. 413-419, 1994a.

TUNNER, I. M. Sclerophylly: primarily protective? **Functional Ecology**, v. 8, p. 669-675, 1994b.

WILLIAMS, D. E.; VLAMIS, J.; PUKETI, A. H.; COREY, J. E. Trace element accumulation, movement, and distribution in the soil profile from massive application of sewage sludge. **Soil Science**, v. 129, n. 2, p. 119-132, February. 1980.

WINCKLER, M. V.; MARQUES, R.; SOARES, R. V.; WATZLAWICK, L. F. Índice de eficiência de macronutrientes em espécies arbóreas – floresta ombrófila mista montana/ Paraná. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 27, n. 3, p. 321-332, Jul/Set. 2006.

WITKOWSKI, E. T. F.; LAMONT, B. B. Leaf specific mass confounds leaf density and thickness. **Oecologia**, Berlim, v. 88, p. 486-493, 1991.

WRIGHT, I. J.; CANNON, K. Relationships between leaf lifespan and structural defences in a low-nutrient, sclerophyll flora. **Funcional Ecology**, v. 15, p. 351-359, 2001.

ZILLER, S. R. **Índice de avaliação do potencial das áreas florestadas**. Curitiba: IAP, apostila, 1996, 21 p.



## ANEXOS

### ANEXO 1 – CLASSIFICAÇÃO DO SOLO EM FUNÇÃO DO pH.

pH	Classificação
< 5,0	Extremamente ácidos
5,0 – 5,5	Muito ácidos
5,6 – 6,0	Ácidos
6,1 – 6,5	Pouco ácidos
6,6 – 7,0	Aproximadamente neutros
7,1 – 7,5	Pouco alcalino (básico)
7,6 – 8,0	Alcalino (ou básico)
> 8,0	Muito alcalino (ou básico)

FONTE: adaptado de VOLKWEISS (1989, CITADO POR MEURER, 2006, p. 169).

### ANEXO 2 – INTERPRETAÇÃO DOS TEORES DE CÁLCIO E MAGNÉSIO TROCÁVEIS DO SOLO.

Interpretação	Cálcio		Magnésio	
	cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup>			
Baixo	≤ 2,0		≤ 0,5	
Médio	2,1 – 4,0		0,6 – 1,0	
Alto	> 4,0		> 1,0	

FONTE: SBSCS (2004, p. 52).

### ANEXO 3 – INTERPRETAÇÃO DO TEOR DE POTÁSSIO CONFORME AS CLASSES DE CTC DO SOLO A pH 7,0.

Interpretação	CTC <sub>pH 7,0</sub> (cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> )		
	> 15,0	15,0 – 5,1	≤ 0,5
mg de K.dm <sup>-3</sup>			
Muito baixo	≤ 30	≤ 20	≤ 15
Baixo	31 – 60	21 – 40	16 – 30
Médio	61 – 90	41 – 60	31 – 45
Alto	91 – 180	61 – 120	46 – 90

FONTE: SBSCS (2004, p. 52).

### ANEXO 4 – INTERPRETAÇÃO DO TEOR DE FÓSFORO NO SOLO EXTRAÍDO PELO MÉTODO MEHLICH-1, CONFORME O TEOR DE ARGILA E PARA SOLOS ALAGADOS.

Interpretação	Teor de argila (%)				Solos alagados
	> 60%	60 a 41 %	40 a 21 %	≤ 20 %	
mg.dm <sup>-3</sup>					
Muito baixo	≤ 2,0	≤ 3,0	≤ 4,0	≤ 7,0	-
Baixo	2,1 – 4,0	3,1 – 6,0	4,1 – 8,0	7,1 – 14,0	≤ 3,0
Médio	4,1 – 6,0	6,1 – 9,0	8,1 – 12,0	14,1 – 21,0	3,1 – 6,0
Alto	6,1 – 12,0	9,1 – 18,0	12,1 – 24,0	21,1 – 42,0	6,1 - 12

FONTE: adaptado de SBSCS (2004, p. 51).

## ANEXO 5 – INTERPRETAÇÃO DOS TEORES DE CARBONO E MICRONUTRIENTES NO SOLO.

Interpretação	Matéria Orgânica %	Cu	Zn mg.dm <sup>-3</sup>	Mn	Fe g.dm <sup>-3</sup>
Baixo	≤ 2,5	< 2,0	< 2,0	< 2,5	-
Médio	2,6 – 5,0	0,2 – 0,4	0,2 – 0,5	2,5 – 5,0	-
Alto	> 5,0	> 0,4	> 0,5	> 0,5	> 5,0

FONTE: SBCS (2004, p. 50 e 53).

## ANEXO 6 – RESPOSTA DAS PLANTAS EM DIFERENTES NÍVEIS DE CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DO EXTRATO DE SATURAÇÃO DOS SOLOS.

CE a 25°C (dS/m)	Resposta das plantas
0,0 a 2,0	Os efeitos da salinidade são geralmente negligenciáveis.
2,0 a 4,0	A produtividade de culturas muito sensíveis à salinidade pode ser reduzida.
4,0 a 8,0	A produtividade de culturas sensíveis à salinidade é reduzida.
8,0 a 16,0	Somente culturas tolerantes à salinidade produzem satisfatoriamente.
> 16,0	Somente poucas culturas muito tolerantes à salinidade produzem satisfatoriamente.

FONTE: LANDON (1984, citado por TOMÉ JÚNIOR, 1997, p. 159).

## ANEXO 7 – CLASSIFICAÇÃO DOS SOLOS AFETADOS POR SAIS.

Classificação	CE (dS.m <sup>-1</sup> )	pH	PST
Salino	> 4	< 8,5	< 15
Sódico	< 4	> 8,5	> 15
Salino - Sódico	> 4	< 8,5	> 15

FONTE: adaptado de SPARKS (1995, citado por MEURER, 2006, p. 179).

ANEXO 8 – VALORES MÉDIOS DOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DOS PERFIS AMOSTRADOS NOS SÍTIOS DE ESTUDO. VALORES ENTRE PARÊNTESES REPRESENTAM O DESVIO PADRÃO. (n=6).

Característica	Profundidade cm	Sítio			
		Boa Vista	Rio Velho	Poço	Palmito
pH Ca Cl <sub>2</sub>	0-20	3,89 (± 0,05)	5,22 (± 0,27)	3,36 (± 0,22)	3,14 (± 0,09)
	0-5	3,85 (± 0,05)	5,28 (± 0,29)	3,27 (± 0,23)	3,07 (± 0,08)
	5-10	3,88 (± 0,08)	5,28 (± 0,30)	3,33 (± 0,25)	3,13 (± 0,10)
	10-20	3,95 (± 0,05)	5,08 (± 0,29)	3,47 (± 0,20)	3,23 (± 0,10)
	20-40	3,92 (± 0,08)	5,00 (± 0,30)	3,62 (± 0,04)	3,50 (± 0,15)
	40-60	3,90 (± 0,06)	4,96 (± 0,25)	3,72 (± 0,04)	3,80 (± 0,15)
pH SMP	0-20	4,67 (± 0,24)	5,89 (± 0,35)	4,24 (± 0,31)	5,73 (± 0,23)
	0-5	4,62 (± 0,15)	6,05 (± 0,31)	4,12 (± 0,37)	5,27 (± 0,31)
	5-10	4,58 (± 0,23)	5,90 (± 0,38)	4,25 (± 0,34)	5,63 (± 0,27)
	10-20	4,82 (± 0,36)	5,72 (± 0,43)	4,37 (± 0,24)	6,28 (± 0,20)
	20-40	4,90 (± 0,40)	5,73 (± 0,40)	4,32 (± 0,29)	6,78 (± 0,17)
	40-60	5,03 (± 0,20)	5,88 (± 0,36)	4,30 (± 0,32)	7,15 (± 0,12)
Al <sup>+3</sup> *	0-20	2,94 (± 0,87)	0,07 (± 0,10)	5,69 (± 2,10)	0,81 (± 0,16)
	0-5	2,82 (± 0,69)	0,03 (± 0,05)	5,12 (± 1,81)	1,13 (± 0,27)
	5-10	3,15 (± 1,16)	0,05 (± 0,08)	5,57 (± 2,09)	0,80 (± 0,17)
	10-20	2,85 (± 0,83)	0,13 (± 0,20)	6,38 (± 2,47)	0,50 (± 0,09)
	20-40	2,93 (± 1,04)	0,20 (± 0,32)	8,57 (± 2,47)	0,30 (± 0,09)
	40-60	3,03 (± 0,34)	0,17 (± 0,27)	8,04 (± 3,37)	0,15 (± 0,05)
H <sup>+</sup> + Al <sup>+3</sup> *	0-20	13,61 (± 2,30)	5,63 (± 1,46)	18,88 (± 4,44)	6,51 (± 1,15)
	0-5	14,00 (± 1,43)	4,90 (± 1,09)	20,83 (± 5,77)	8,78 (± 1,90)
	5-10	14,47 (± 2,58)	5,57 (± 1,61)	18,80 (± 4,91)	6,65 (± 1,38)
	10-20	12,37 (± 3,21)	6,42 (± 2,05)	17,00 (± 3,14)	4,08 (± 0,61)
	20-40	11,70 (± 3,54)	6,30 (± 1,98)	17,72 (± 3,61)	2,78 (± 0,37)
	40-60	10,32 (± 1,39)	5,62 (± 1,56)	17,96 (± 3,89)	2,13 (± 0,20)
Ca *	0-20	0,33 (± 0,11)	3,70 (± 0,84)	0,34 (± 0,43)	0,03 (± 0,04)
	0-5	0,58 (± 0,25)	4,85 (± 1,35)	0,75 (± 1,11)	0,05 (± 0,05)
	5-10	0,23 (± 0,08)	3,83 (± 1,29)	0,18 (± 0,12)	0,02 (± 0,04)
	10-20	0,18 (± 0,12)	2,42 (± 0,69)	0,08 (± 0,08)	0,02 (± 0,04)
	20-40	0,17 (± 0,10)	1,62 (± 0,34)	0,10 (± 0,09)	0,00 (± 0,00)
	40-60	0,25 (± 0,12)	1,50 (± 0,29)	0,06 (± 0,05)	0,00 (± 0,00)
Mg *	0-20	1,11 (± 0,32)	7,44 (± 1,93)	0,40 (± 0,12)	0,13 (± 0,03)
	0-5	1,50 (± 0,28)	9,02 (± 2,93)	0,57 (± 0,26)	0,15 (± 0,05)
	5-10	1,20 (± 0,68)	8,10 (± 2,51)	0,35 (± 0,10)	0,13 (± 0,05)
	10-20	0,62 (± 0,20)	5,22 (± 0,77)	0,28 (± 0,12)	0,10 (± 0,00)
	20-40	0,70 (± 0,48)	3,82 (± 0,76)	0,30 (± 0,09)	0,10 (± 0,00)
	40-60	0,88 (± 0,50)	3,16 (± 0,79)	0,26 (± 0,09)	0,10 (± 0,06)
K *	0-20	0,16 (± 0,03)	0,93 (± 0,29)	0,12 (± 0,04)	0,03 (± 0,01)
	0-5	0,22 (± 0,04)	1,10 (± 0,39)	0,15 (± 0,04)	0,04 (± 0,01)
	5-10	0,17 (± 0,04)	1,05 (± 0,31)	0,12 (± 0,04)	0,03 (± 0,01)
	10-20	0,10 (± 0,03)	0,64 (± 0,21)	0,08 (± 0,03)	0,02 (± 0,01)
	20-40	0,06 (± 0,02)	0,54 (± 0,19)	0,05 (± 0,01)	0,02 (± 0,01)
	40-60	0,06 (± 0,01)	0,41 (± 0,07)	0,05 (± 0,01)	0,01 (± 0,01)
Na *	0-20	0,19 (± 0,09)	12,90 (± 3,87)	0,08 (± 0,01)	0,04 (± 0,01)
	0-5	0,20 (± 0,08)	15,47 (± 5,73)	0,10 (± 0,02)	0,05 (± 0,01)
	5-10	0,21 (± 0,11)	14,95 (± 5,71)	0,08 (± 0,01)	0,04 (± 0,01)
	10-20	0,16 (± 0,11)	8,28 (± 1,42)	0,05 (± 0,01)	0,02 (± 0,01)
	20-40	0,18 (± 0,14)	6,28 (± 0,91)	0,05 (± 0,02)	0,02 (± 0,01)
	40-60	0,23 (± 0,17)	5,86 (± 0,43)	0,04 (± 0,01)	0,01 (± 0,00)
P (mg.dm <sup>-3</sup> )	0-20	6,09 (± 1,58)	9,07 (± 2,17)	8,58 (± 3,61)	4,06 (± 0,67)
	0-5	7,90 (± 2,56)	12,27 (± 2,29)	11,13 (± 3,93)	4,58 (± 1,37)
	5-10	7,02 (± 1,58)	9,07 (± 4,23)	9,98 (± 4,42)	3,97 (± 0,61)
	10-20	3,37 (± 1,73)	5,87 (± 2,25)	4,62 (± 3,16)	3,62 (± 0,46)
	20-40	1,63 (± 1,70)	9,65 (± 5,99)	0,85 (± 0,85)	2,95 (± 0,27)
	40-60	0,33 (± 0,16)	14,40 (± 5,36)	0,52 (± 0,36)	2,70 (± 0,15)

\* Valores em cmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup>.

ANEXO 9 – VALORES MÉDIOS DOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DOS PERFIS AMOSTRADOS NOS SÍTIOS DE ESTUDO. VALORES ENTRE PARÊNTESES REPRESENTAM O DESVIO PADRÃO. (n=6).

Característica	Profundidade cm	Sítio			
		Boa Vista	Rio Velho	Poço	Palmito
C (g.dm <sup>-3</sup> )	0-20	35,93 (± 8,52)	47,37 (± 7,82)	29,24 (± 10,31)	20,57 (± 2,90)
	0-5	46,58 (± 5,84)	61,42 (± 11,70)	40,63 (± 12,56)	28,67 (± 6,43)
	5-10	34,73 (± 7,10)	46,38 (± 5,43)	31,50 (± 11,75)	21,63 (± 2,85)
	10-20	26,48 (± 14,43)	34,30 (± 9,27)	15,60 (± 8,74)	11,40 (± 1,77)
	20-40	10,67 (± 6,44)	20,25 (± 7,53)	4,70 (± 1,50)	6,92 (± 1,29)
	40-60	5,80 (± 1,95)	14,66 (± 4,62)	2,94 (± 2,64)	4,30 (± 0,98)
N (g.kg <sup>-1</sup> )	0-20	2,85 (± 0,83)	5,67 (± 0,93)	2,34 (± 0,60)	0,46 (± 0,14)
	0-5	3,72 (± 0,86)	7,58 (± 1,55)	3,12 (± 0,72)	0,78 (± 0,35)
	5-10	3,13 (± 0,82)	6,07 (± 1,27)	2,24 (± 0,51)	0,41 (± 0,14)
	10-20	1,71 (± 1,08)	3,36 (± 0,82)	1,66 (± 0,71)	0,18 (± 0,13)
	20-40	0,73 (± 0,53)	1,52 (± 0,52)	0,87 (± 0,44)	0,04 (± 0,06)
	40-60	0,34 (± 0,26)	1,15 (± 0,30)	0,76 (± 0,55)	0,02 (± 0,04)
C/N	0-20	14,56 (± 4,85)	8,75 (± 0,49)	12,04 (± 2,08)	58,73 (± 18,30)
	0-5	12,93 (± 2,34)	8,20 (± 1,02)	12,85 (± 1,47)	46,94 (± 30,60)
	5-10	11,27 (± 1,09)	7,79 (± 1,17)	13,83 (± 2,43)	57,22 (± 15,63)
	10-20	19,49 (± 16,02)	10,25 (± 1,41)	9,44 (± 3,80)	77,61 (± 66,89)
	20-40	14,75 (± 4,63)	13,33 (± 2,49)	6,24 (± 3,20)	77,69 (± 7,01)
	40-60	19,64 (± 8,51)	12,87 (± 2,76)	3,65 (± 1,24)	nd
SB *	0-20	1,79 (± 0,52)	24,97 (± 6,82)	0,93 (± 0,55)	0,22 (± 0,03)
	0-5	2,51 (± 0,58)	30,44 (± 9,95)	1,57 (± 1,31)	0,29 (± 0,02)
	5-10	1,81 (± 0,81)	27,93 (± 9,70)	0,73 (± 0,24)	0,22 (± 0,06)
	10-20	1,05 (± 0,43)	16,56 (± 2,56)	0,50 (± 0,15)	0,16 (± 0,04)
	20-40	1,10 (± 0,69)	12,25 (± 1,60)	0,49 (± 0,13)	0,13 (± 0,01)
	40-60	1,42 (± 0,74)	10,93 (± 1,41)	0,41 (± 0,04)	0,12 (± 0,07)
CTC efetiva *	0-20	4,73 (± 1,28)	25,05 (± 6,75)	6,62 (± 1,83)	1,03 (± 0,17)
	0-5	5,32 (± 0,98)	30,47 (± 9,90)	6,69 (± 1,54)	1,43 (± 0,29)
	5-10	4,96 (± 1,88)	27,98 (± 9,64)	6,29 (± 1,93)	1,02 (± 0,21)
	10-20	3,90 (± 1,09)	16,69 (± 2,47)	6,88 (± 2,36)	0,66 (± 0,12)
	20-40	4,03 (± 1,19)	12,45 (± 1,48)	9,06 (± 3,58)	0,43 (± 0,09)
	40-60	4,45 (± 0,77)	11,13 (± 1,29)	8,45 (± 3,38)	0,27 (± 0,09)
CTC pH 7,0 *	0-20	15,40 (± 2,76)	30,60 (± 5,80)	19,81 (± 4,63)	6,73 (± 1,16)
	0-5	16,51 (± 1,75)	35,34 (± 9,10)	22,41 (± 6,35)	9,08 (± 1,92)
	5-10	16,28 (± 3,32)	33,50 (± 8,92)	19,53 (± 4,99)	6,87 (± 1,40)
	10-20	13,42 (± 3,51)	22,97 (± 2,50)	17,50 (± 3,08)	4,25 (± 0,62)
	20-40	12,80 (± 3,64)	18,55 (± 2,07)	18,21 (± 3,70)	2,91 (± 0,36)
	40-60	11,74 (± 1,79)	16,55 (± 1,68)	18,37 (± 3,90)	2,26 (± 0,21)
V%	0-20	11,19 (± 1,84)	79,60 (± 7,54)	4,54 (± 1,99)	3,44 (± 0,68)
	0-5	15,11 (± 2,69)	84,63 (± 7,43)	6,80 (± 4,26)	3,31 (± 0,58)
	5-10	10,78 (± 2,70)	82,03 (± 8,42)	3,85 (± 1,22)	3,18 (± 0,96)
	10-20	7,69 (± 2,34)	72,13 (± 8,05)	2,97 (± 1,14)	3,84 (± 0,94)
	20-40	8,74 (± 5,59)	66,37 (± 8,09)	2,72 (± 0,49)	4,52 (± 0,60)
	40-60	11,77 (± 5,06)	66,26 (± 7,55)	2,31 (± 0,60)	5,43 (± 2,86)
m%	0-20	63,45 (± 5,41)	0,44 (± 0,60)	85,08 (± 9,19)	77,87 (± 2,97)
	0-5	52,88 (± 7,15)	0,18 (± 0,28)	76,50 (± 17,48)	79,03 (± 3,00)
	5-10	63,95 (± 6,40)	0,27 (± 0,46)	87,18 (± 6,22)	78,97 (± 3,54)
	10-20	73,52 (± 7,85)	0,87 (± 1,26)	91,57 (± 4,72)	75,62 (± 3,64)
	20-40	73,30 (± 14,06)	1,69 (± 2,77)	94,21 (± 1,47)	68,60 (± 7,32)
	40-60	69,53 (± 11,91)	1,89 (± 2,72)	94,15 (± 3,50)	55,87 (± 18,47)
PST	0-20	1,18 (± 0,48)	40,70 (± 5,15)	0,39 (± 0,09)	0,53 (± 0,09)
	0-5	1,20 (± 0,39)	42,58 (± 6,49)	0,48 (± 0,12)	0,55 (± 0,08)
	5-10	1,22 (± 0,52)	43,61 (± 6,80)	0,40 (± 0,11)	0,52 (± 0,13)
	10-20	1,11 (± 0,69)	35,92 (± 3,17)	0,30 (± 0,09)	0,52 (± 0,10)
	20-40	1,37 (± 1,13)	33,92 (± 3,91)	0,25 (± 0,10)	0,52 (± 0,19)
	40-60	1,85 (± 1,22)	35,65 (± 4,09)	0,24 (± 0,14)	0,45 (± 0,04)

\* Valores em cmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup>.

ANEXO 10 – VALORES MÉDIOS DOS ATRIBUTOS QUÍMICOS E FÍSICOS DOS PERFIS AMOSTRADOS NOS SÍTIOS DE ESTUDO. VALORES ENTRE PARÊNTESES REPRESENTAM O DESVIO PADRÃO. (n=6).

Característica	Profundidade cm	Sítio			
		Boa Vista	Rio Velho	Poço	Palmito
CE (mS.cm <sup>-1</sup> )	0-20	0,23 (± 0,03)	9,95 (± 2,30)	0,25 (± 0,08)	0,05 (± 0,01)
	0-5	0,29 (± 0,06)	10,14 (± 3,22)	0,33 (± 0,13)	0,06 (± 0,02)
	5-10	0,24 (± 0,08)	11,34 (± 3,71)	0,24 (± 0,07)	0,05 (± 0,01)
	10-20	0,16 (± 0,07)	8,36 (± 1,72)	0,18 (± 0,06)	0,04 (± 0,01)
	20-40	0,09 (± 0,04)	5,39 (± 0,80)	0,12 (± 0,02)	0,03 (± 0,00)
	40-60	0,08 (± 0,01)	3,67 (± 0,60)	0,13 (± 0,03)	0,03 (± 0,01)
Salinidade	0-20	0,00 (± 0,00)	5,65 (± 1,44)	0,00 (± 0,00)	0,00 (± 0,00)
	0-5	0,00 (± 0,00)	5,75 (± 2,01)	0,00 (± 0,00)	0,00 (± 0,00)
	5-10	0,00 (± 0,00)	6,53 (± 2,32)	0,00 (± 0,00)	0,00 (± 0,00)
	10-20	0,00 (± 0,00)	4,67 (± 1,07)	0,00 (± 0,00)	0,00 (± 0,00)
	20-40	0,00 (± 0,00)	2,88 (± 0,49)	0,00 (± 0,00)	0,00 (± 0,00)
Fe (mg.kg <sup>-1</sup> )	0-20	130,00 (± 41,13)	67,20 (± 45,18)	81,64 (± 67,94)	2,88 (± 0,91)
	0-5	113,13 (± 53,22)	27,37 (± 35,11)	82,90 (± 75,33)	3,43 (± 1,12)
	5-10	151,48 (± 49,14)	35,11 (± 32,17)	92,60 (± 75,51)	2,57 (± 0,90)
	10-20	125,38 (± 52,32)	139,11 (± 108,99)	69,42 (± 58,20)	2,63 (± 1,22)
	20-40	88,55 (± 64,35)	122,17 (± 99,47)	30,00 (± 20,01)	1,18 (± 0,63)
	40-60	58,54 (± 62,35)	81,28 (± 59,34)	20,99 (± 30,37)	0,57 (± 0,52)
Mn (mg.kg <sup>-1</sup> )	0-20	1,83 (± 0,94)	58,71 (± 26,17)	2,43 (± 0,74)	0,04 (± 0,03)
	0-5	2,33 (± 0,83)	79,99 (± 51,19)	2,77 (± 1,08)	0,09 (± 0,08)
	5-10	1,78 (± 1,23)	69,05 (± 54,26)	2,25 (± 0,57)	0,00 (± 0,00)
	10-20	1,38 (± 0,93)	27,09 (± 25,20)	2,27 (± 0,61)	0,02 (± 0,06)
	20-40	1,01 (± 0,82)	16,83 (± 15,18)	2,26 (± 0,34)	0,00 (± 0,00)
	40-60	0,81 (± 0,46)	9,65 (± 6,26)	2,56 (± 1,73)	0,00 (± 0,00)
Zn (mg.kg <sup>-1</sup> )	0-20	0,73 (± 0,15)	0,93 (± 0,10)	0,72 (± 0,30)	0,29 (± 0,06)
	0-5	0,96 (± 0,19)	1,16 (± 0,14)	0,92 (± 0,34)	0,36 (± 0,09)
	5-10	0,74 (± 0,18)	0,93 (± 0,16)	0,69 (± 0,34)	0,27 (± 0,07)
	10-20	0,49 (± 0,19)	0,71 (± 0,16)	0,55 (± 0,24)	0,23 (± 0,08)
	20-40	0,33 (± 0,16)	0,50 (± 0,15)	0,34 (± 0,05)	0,18 (± 0,05)
	40-60	0,46 (± 0,35)	0,53 (± 0,08)	0,40 (± 0,17)	0,16 (± 0,04)
Cu (mg.kg <sup>-1</sup> )	0-20	0,25 (± 0,08)	0,63 (± 0,12)	0,50 (± 0,06)	0,21 (± 0,10)
	0-5	0,25 (± 0,07)	0,45 (± 0,22)	0,53 (± 0,10)	0,19 (± 0,13)
	5-10	0,28 (± 0,11)	0,48 (± 0,18)	0,51 (± 0,04)	0,20 (± 0,09)
	10-20	0,23 (± 0,08)	0,96 (± 0,10)	0,46 (± 0,05)	0,26 (± 0,12)
	20-40	0,26 (± 0,10)	1,44 (± 0,25)	0,52 (± 0,09)	0,19 (± 0,12)
	40-60	0,33 (± 0,08)	1,53 (± 0,21)	0,63 (± 0,28)	0,20 (± 0,11)
Areia %	0-20	34,80 (± 10,93)	15,05 (± 6,55)	13,07 (± 5,28)	92,57 (± 1,84)
	0-5	31,52 (± 12,20)	8,76 (± 11,41)	10,36 (± 4,47)	89,40 (± 3,15)
	5-10	33,73 (± 11,31)	10,59 (± 7,21)	12,61 (± 4,74)	92,06 (± 2,51)
	10-20	39,13 (± 10,00)	25,81 (± 3,72)	16,24 (± 7,13)	96,26 (± 0,51)
	20-40	42,34 (± 7,09)	36,64 (± 4,48)	13,09 (± 7,04)	96,85 (± 0,53)
	40-60	37,49 (± 9,13)	37,97 (± 16,52)	11,54 (± 3,92)	97,06 (± 0,67)
Argila %	0-20	0,97 (± 0,21)	1,01 (± 0,11)	1,03 (± 0,36)	0,10 (± 0,03)
	0-5	0,98 (± 0,22)	1,02 (± 0,17)	1,09 (± 0,37)	0,15 (± 0,04)
	5-10	0,94 (± 0,17)	1,12 (± 0,17)	1,02 (± 0,34)	0,11 (± 0,03)
	10-20	0,98 (± 0,27)	0,89 (± 0,24)	1,00 (± 0,38)	0,05 (± 0,03)
	20-40	1,08 (± 0,25)	0,77 (± 0,20)	1,46 (± 0,52)	0,04 (± 0,01)
	40-60	0,95 (± 0,20)	0,74 (± 0,29)	1,75 (± 0,51)	0,02 (± 0,02)
Silte %	0-20	64,24 (± 10,74)	83,94 (± 6,63)	85,90 (± 4,93)	7,32 (± 1,82)
	0-5	67,49 (± 11,99)	90,22 (± 11,45)	88,56 (± 4,16)	10,46 (± 3,13)
	5-10	65,34 (± 11,14)	88,28 (± 7,18)	86,37 (± 4,45)	7,83 (± 2,48)
	10-20	59,88 (± 9,79)	73,30 (± 3,91)	82,76 (± 6,77)	3,69 (± 0,50)
	20-40	56,58 (± 6,85)	62,59 (± 4,38)	85,45 (± 6,55)	3,11 (± 0,53)
	40-60	61,56 (± 9,18)	61,29 (± 16,27)	86,71 (± 3,42)	2,93 (± 0,67)

ANEXO 11 – VALORES MÉDIOS DOS TEORES DE MACRONUTRIENTES, SÓDIO E RELAÇÃO C/N EM LITTER DE GUANANDI NOS DIFERENTES SÍTIOS DE ESTUDO. VALORES ENTRE PARÊNTESES REPRESENTAM O DESVIO PADRÃO. (n=3).

Macronutrientes (g.kg <sup>-1</sup> )	Sítio			
	Boa Vista	Rio Velho	Poço	Palmito
C *	48,16 (± 0,23)	47,89 (± 0,54)	48,59 (± 0,14)	47,47 (± 0,44)
N	10,49 (± 2,07)	7,83 (± 0,93)	9,86 (± 0,83)	11,06 (± 1,88)
P	0,66 (± 0,05)	0,82 (± 0,06)	0,50 (± 0,04)	0,62 (± 0,07)
K	1,80 (± 0,17)	3,52 (± 0,38)	2,86 (± 0,63)	1,86 (± 0,55)
Ca	7,29 (± 1,07)	7,43 (± 1,80)	3,25 (± 0,14)	4,81 (± 0,85)
Mg	1,78 (± 0,25)	2,36 (± 0,51)	2,32 (± 0,33)	2,67 (± 0,29)
Na	0,23 (± 0,06)	1,43 (± 0,21)	0,37 (± 0,06)	0,37 (± 0,11)
C/N	47,08 (± 9,03)	61,09 (± 6,40)	49,46 (± 4,08)	43,73 (± 7,14)

\* Valores em %.

ANEXO 12 – VALORES MÉDIOS DOS TEORES DE MICRONUTRIENTES E ALUMÍNIO EM LITTER DE GUANANDI NOS DIFERENTES SÍTIOS DE ESTUDO. VALORES ENTRE PARÊNTESES REPRESENTAM O DESVIO PADRÃO. (n=3).

Micronutrientes (mg.kg <sup>-1</sup> )	Sítio			
	Boa Vista	Rio Velho	Poço	Palmito
Fe	59,04 (± 7,25)	141,84 (± 22,29)	30,08 (± 6,25)	70,46 (± 16,39)
Mn	38,28 (± 10,93)	19,48 (± 5,04)	23,02 (± 5,79)	37,82 (± 9,53)
Zn	19,81 (± 2,55)	17,09 (± 2,41)	18,77 (± 6,58)	18,07 (± 2,03)
Cu	3,52 (± 1,74)	6,30 (± 1,71)	4,10 (± 1,77)	7,46 (± 1,50)
Al	339,02 (± 44,40)	470,76 (± 70,23)	136,50 (± 23,53)	250,27 (± 52,52)

ANEXO 13 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA

Variáveis do Solo (0-20cm)	Teste F	Variáveis da Planta	Teste F
N	19,8**	Área Foliar	3,83 ns
P	2,91 ns	Peso Foliar	2,47ns
K	78,30**	Área Específica Foliar	0,65ns
Na	67,23**	Índice de esclerofilia	0,47 ns
Ca	37,41**	Espessura Total	0,32 ns
Mg	80,33**	Peso de 100 folhas	2,13 ns
Al	7,75**	C	1,16 ns
C	3,88*	N	0,62 ns
C/N	18,58**	C/N	0,40 ns
Fe	7,28**	P	1,22 ns
Mn	7,24**	K	7,70 **
Zn	8,38**	Na	0,44 ns
Cu	12,42**	Ca	5,51 *
pHCaCl	41,49**	Mg	1,38 ns
SMP	17,47**	Fe	1,43 ns
H + Al	11,77**	Mn	1,49 ns
CE	2038,30**	Zn	14,45 **
		Cu	2,02 ns
		Al	155,33 **

NOTA: \*\* - significativo ao nível de p < 0,01, \* - significativo ao nível de p < 0,05, ns - não significativo

## ANEXO 14 – MATRIZ DE CORRELAÇÃO ENTRE OS ATRIBUTOS DO SOLO NA PROFUNDIDADE DE 0-5 CM E OS TEORES FOLIARES.

	N05	P05	K05	Na05	Ca05	Mg05	Al05	C05	CN05	Fe05	Mn05	Zn05	Cu05	CF	NF	CNF	PF	KF	NaF	CaF	MgF	FeF	MnF	ZnF	CuF	
P05	0,62																									
K05	0,73	0,34																								
Na05	0,75	0,25	0,92																							
Ca05	0,84	0,42	0,84	0,89																						
Mg05	0,84	0,30	0,88	0,98	0,91																					
Al05	-0,15	0,22	-0,44	-0,55	-0,47	-0,51																				
C05	0,91	0,76	0,46	0,48	0,67	0,61	0,04																			
CN05	-0,75	-0,49	-0,61	-0,48	-0,58	-0,56	-0,11	-0,59																		
Fe05	-0,02	-0,08	0,02	-0,20	-0,26	-0,17	0,43	-0,11	-0,38																	
Mn05	0,62	0,10	0,86	0,95	0,82	0,91	-0,46	0,35	-0,43	-0,17																
Zn05	0,82	0,60	0,60	0,48	0,71	0,55	0,22	0,79	-0,79	0,21	0,45															
Cu05	0,38	0,40	0,67	0,46	0,50	0,36	-0,02	0,29	-0,37	0,24	0,41	0,59														
CF	-0,57	-0,50	-0,23	-0,29	-0,39	-0,38	0,30	-0,59	0,18	0,20	0,00	-0,26	-0,08													
NF	-0,41	0,05	-0,33	-0,25	-0,31	-0,29	0,07	-0,20	0,43	-0,31	-0,10	-0,42	-0,26	0,47												
CNF	0,35	-0,15	0,29	0,18	0,22	0,22	0,00	0,14	-0,44	0,41	0,06	0,40	0,23	-0,34	-0,98											
PF	0,14	0,29	0,30	0,36	0,40	0,27	-0,29	0,26	0,31	-0,65	0,36	0,11	0,44	-0,11	0,37	-0,45										
KF	0,60	0,42	0,45	0,30	0,48	0,38	0,16	0,56	-0,77	0,19	0,32	0,73	0,20	0,07	-0,16	0,21	-0,17									
NaF	-0,17	-0,03	0,13	0,12	-0,09	0,02	-0,08	-0,08	0,54	-0,21	0,15	-0,20	0,26	0,05	0,34	-0,34	0,66	-0,35								
CaF	0,51	0,19	0,67	0,48	0,46	0,51	-0,12	0,33	-0,67	0,65	0,47	0,57	0,52	-0,02	-0,28	0,33	-0,19	0,56	-0,06							
MgF	-0,52	-0,08	-0,23	-0,15	-0,44	-0,27	0,07	-0,50	0,56	-0,24	-0,10	-0,63	-0,16	0,20	0,54	-0,57	0,24	-0,64	0,51	-0,45						
FeF	-0,37	-0,15	-0,42	-0,27	-0,38	-0,29	-0,25	-0,20	0,75	-0,18	-0,38	-0,62	-0,27	-0,33	0,25	-0,32	0,20	-0,76	0,45	-0,37	0,41					
MnF	-0,16	0,24	-0,10	-0,26	-0,31	-0,26	0,21	-0,02	-0,13	0,19	-0,21	-0,12	-0,01	0,38	0,61	-0,53	-0,04	0,29	0,03	0,16	0,12	-0,14				
ZnF	-0,09	0,20	-0,24	-0,34	-0,19	-0,34	0,67	0,02	-0,19	0,59	-0,25	0,30	0,30	0,27	0,04	-0,02	-0,22	0,03	-0,27	0,18	-0,09	-0,12	0,08			
CuF	-0,44	0,05	-0,37	-0,42	-0,34	-0,50	0,37	-0,16	0,58	-0,10	-0,33	-0,12	0,27	0,25	0,45	-0,45	0,57	-0,39	0,61	-0,30	0,34	0,37	0,07	0,38		
AlF	-0,19	-0,10	-0,33	-0,50	-0,46	-0,41	0,47	-0,09	-0,21	0,52	-0,41	0,00	-0,36	0,42	0,18	-0,03	-0,60	0,49	-0,25	0,27	-0,25	-0,30	0,61	0,15	-0,13	

NOTA: Valores maiores ou iguais a 0,58 são significativos ao nível de  $p < 0,05$ .

## ANEXO 15 – MATRIZ DE CORRELAÇÃO ENTRE OS ATRIBUTOS DO SOLO NA PROFUNDIDADE DE 0-20 CM E OS TEORES FOLIARES.

	N020	P020	K020	Na020	Ca020	Mg020	Al020	C020	CN020	Fe020	Mn020	Zn020	Cu020	CF	NF	CNF	PF	KF	NaF	CaF	MgF	FeF	MnF	ZnF	CuF
P020	0,62																								
K020	0,84	0,43																							
Na020	0,77	0,34	0,97																						
Ca020	0,83	0,46	0,97	0,97																					
Mg020	0,83	0,35	0,98	0,99	0,97																				
Al020	-0,09	0,16	-0,41	-0,51	-0,45	-0,48																			
C020	0,91	0,75	0,63	0,56	0,65	0,63	0,02																		
CN020	-0,74	-0,50	-0,52	-0,37	-0,47	-0,45	-0,31	-0,66																	
Fe020	0,57	-0,02	0,34	0,25	0,23	0,35	0,31	0,36	-0,70																
Mn020	0,56	0,26	0,91	0,87	0,87	0,85	-0,43	0,31	-0,35	0,16															
Zn020	0,84	0,77	0,57	0,43	0,60	0,50	0,19	0,90	-0,80	0,41	0,34														
Cu020	0,69	0,55	0,82	0,74	0,80	0,72	-0,12	0,55	-0,51	0,22	0,81	0,65													
CF	-0,58	-0,51	-0,40	-0,42	-0,41	-0,45	0,25	-0,61	0,13	-0,16	-0,11	-0,37	-0,35												
NF	-0,48	-0,01	-0,39	-0,31	-0,34	-0,37	0,00	-0,35	0,30	-0,53	-0,24	-0,33	-0,41	0,47											
CNF	0,43	-0,08	0,33	0,23	0,26	0,31	0,06	0,31	-0,33	0,59	0,20	0,31	0,35	-0,34	-0,98										
PF	0,11	0,40	0,30	0,35	0,39	0,27	-0,30	0,24	0,16	-0,59	0,37	0,19	0,45	-0,11	0,37	-0,45									
KF	0,61	0,47	0,42	0,28	0,41	0,37	0,21	0,63	-0,79	0,44	0,29	0,71	0,24	0,07	-0,16	0,21	-0,17								
NaF	-0,17	-0,06	0,07	0,10	0,02	0,05	-0,12	-0,12	0,22	-0,29	0,24	-0,21	0,18	0,05	0,34	-0,34	0,66	-0,35							
CaF	0,58	0,17	0,61	0,48	0,52	0,54	-0,07	0,34	-0,72	0,71	0,59	0,51	0,50	-0,02	-0,28	0,33	-0,19	0,56	-0,06						
MgF	-0,58	-0,23	-0,29	-0,18	-0,32	-0,27	0,02	-0,61	0,64	-0,48	-0,06	-0,70	-0,24	0,20	0,54	-0,57	0,24	-0,64	0,51	-0,45					
FeF	-0,39	-0,22	-0,34	-0,22	-0,33	-0,27	-0,30	-0,34	0,48	-0,32	-0,34	-0,49	-0,27	-0,33	0,25	-0,32	0,20	-0,76	0,45	-0,37	0,41				
MnF	-0,15	0,20	-0,17	-0,27	-0,26	-0,24	0,16	-0,07	-0,19	-0,07	-0,07	0,02	-0,18	0,38	0,61	-0,53	-0,04	0,29	0,03	0,16	0,12	-0,14			
ZnF	-0,10	0,13	-0,28	-0,36	-0,27	-0,38	0,67	-0,14	-0,34	0,27	-0,24	0,22	0,10	0,27	0,04	-0,02	-0,22	0,03	-0,27	0,18	-0,09	-0,12	0,08		
CuF	-0,44	0,09	-0,43	-0,45	-0,38	-0,51	0,31	-0,25	0,25	-0,48	-0,26	-0,08	0,01	0,25	0,45	-0,45	0,57	-0,39	0,61	-0,30	0,34	0,37	0,07	0,38	
AlF	-0,15	-0,15	-0,40	-0,53	-0,49	-0,43	0,44	-0,07	-0,31	0,38	-0,41	0,03	-0,52	0,42	0,18	-0,03	-0,60	0,49	-0,25	0,27	-0,25	-0,30	0,61	0,15	-0,13

NOTA: Valores maiores ou iguais a 0,58 são significativos ao nível de  $p < 0,05$ .