

**LÍGIA CARLA DE SOUZA**

**DINÂMICA DE NUTRIENTES NA PRECIPITAÇÃO, EM SOLUÇÃO DE SOLO E  
LENÇOL FREÁTICO EM TRÊS TIPOLOGIAS FLORESTAIS SOBRE  
ESPODOSSOLO, NO LITORAL DO PARANÁ**

Tese apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Engenharia Florestal, Curso de Pós – Graduação em Engenharia Florestal, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Renato Marques  
Co-orientador: Prof. Dr. Carlos Bruno Reissmann

**CURITIBA**

**2006**

*Para Leandra, meu anjo querido e razão da minha vida;  
Meus pais Ana Maria e Laércio (in memoriam);*

*Dedico*

## AGRADECIMENTOS

À DEUS, pelo cumprimento diário da sua promessa de nos instruir e guiar com seus olhos o caminho que devemos seguir...(Salmo 32:8);

ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de doutorado;

ao Ministério da Educação e Pesquisa da República Federal da Alemanha (BMBF) e CNPq pelo financiamento desta pesquisa;

ao Instituto Ambiental do Paraná (IAP) pela concessão da área para estudo;

ao Renato, pela orientação, incentivo, paciência, apoio e principalmente pela amizade durante todo o período de trabalho;

ao Bruno, pelas valiosas sugestões, correções, pela amizade e atenção;

aos amigos do SOLOBIOMA, pela colaboração, amizade e divertidíssimos momentos de trabalho: Adriana Souza, Aline Rocha, Celsa Protil, Daniel Corrêa, Geferson Piazza, Kauana Dickow, Kelly Geronazzo Joemir Brüske, Juliano Schwarzbach, Rafaelo Balbinot e Wilson Saran;

à minha querida amiga “não solobiomista” Wanessa Bujokas, pela amizade, por estar ao meu lado nos momentos de tensão (que não foram poucos), nos momentos de descontração (que foram mais que os de tensão), pelo incentivo, apoio e força;

às meninas do café, Débora Pestana e Annete Bonnet, com as quais conheci quase todos as casas de café colonial de Curitiba, pelos momentos de descontração durante o doutorado, pelo incentivo, apoio e amizade que sempre nutriram por mim;

à minha irmã postiça, Liziane Brusamarelo, que chegou de mansinho e até hoje faz parte da minha família;

à minha mãe, Ana Maria, meu porto seguro, pelo amor incondicional, por sempre acreditar em mim e sempre me incentivar, seja através de doces palavras ou puxões de orelha;

ao meu pai, Laércio, que se foi antes da conclusão deste trabalho, mas tinha certeza da “nossa” vitória;

às minhas irmãs Lílian e Leda, por simplesmente serem minha família.

## CASO PLUVIOSO

*A chuva me irritava. Até que um dia descobri que maria é que chovia.*

\*\*\*

*A chuva era maria. E cada pingo de maria ensopava o meu domingo.*

\*\*\*

*Era chuva fininha e chuva grossa, matinal e noturna, ativa...Nossa!*

\*\*\*

*Chuvadeira maria, chuvadonha, chuvinhenta, chuvil, pluvimedonha!*

\*\*\*

*Choveu tanto maria em minha casa que a correnteza forte criou asa, e um rio se formou, ou mar, não sei, sei apenas que nele me afundei.*

*E quanto mais as ondas me levavam, as fontes de maria mais chuvavam, de sorte que com pouco, e sem recurso, as coisas se lançavam no seu curso, e eis que o mundo molhado e sovertido sob aquele sinistro e atro chuvido.*

\*\*\*

*Os navios soçobram. Continentes já submergem como todos os viventes, e maria chovendo. Eis que a essa altura, delida e fluida a humana enfibratura, e a terra não sofrendo tal chuvência, comoveu-se a Divina Providência, e Deus, piedoso e enérgico, bradou:  
Não chove mais, maria! – e ela parou.*

*Carlos Drummond de Andrade*

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	vii
<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	viii
<b>RESUMO</b> .....	ix
<b>ABSTRACT</b> .....	x
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	1
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	3
<b>3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	4
3.1 PLANÍCIE LITORÂNEA.....	4
3.2 SOLOS.....	5
3.3 RESTINGA.....	6
3.4 FLORESTA OMBRÓFILA DENSA DAS TERRAS BAIXAS.....	7
3.5 CICLAGEM DE NUTRIENTES.....	9
3.6 PRECIPITAÇÃO E INTERCEPTAÇÃO.....	11
3.7 PRECIPITAÇÃO E APORTE DE ELEMENTOS MINERAIS.....	13
3.8 VEGETAÇÃO, ESTAÇÕES CLIMÁTICAS E CICLAGEM DE ELEMENTOS MINERAIS.....	15
3.9 ELEMENTOS MINERAIS EM SOLUÇÃO DE SOLO E LENÇOL FREÁTICO.....	16
<b>4 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	20
4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	20
4.1.1 Localização e clima.....	20
4.1.2 Descrição e histórico de pesquisa das áreas de estudo.....	22
4.1.3 Caracterização da Vegetação das áreas de estudo.....	25
4.1.4 Caracterização Solos.....	30
4.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	31
4.2.1 Precipitação Pluviométrica.....	31
4.2.2 Solução de Solo.....	35
4.2.3 Soluções de lençol freático.....	36
4.2.4 Análises Químicas.....	36
4.2.5 Análises Estatísticas.....	37
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	38
5.1 PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA E INTERCEPTAÇÃO PELA VEGETAÇÃO.....	38
5.2 CONCENTRAÇÃO DE ELEMENTOS MINERAIS E pH NAS SOLUÇÕES DE PRECIPITAÇÃO.....	43
5.2.1 Efeito Estacional na Composição Química das Soluções de Precipitação.....	46
5.3 CONCENTRAÇÃO DE ELEMENTOS MINERAIS E pH NAS SOLUÇÕES DE SOLO E LENÇOL FREÁTICO.....	49
5.3.1 Soluções de Solo.....	49
5.3.1.1 Efeito Estacional na Composição Química das Soluções de Solo.....	54
5.3.2 Lençol Freático.....	55
5.4 DINÂMICA DE ELEMENTOS MINERAIS E pH NAS SOLUÇÕES DE PRECIPITAÇÃO, SOLO E LENÇOL FREÁTICO.....	58
5.4.1 pH.....	58
5.4.2 Nitrato.....	61
5.4.3 Cloreto.....	64
5.4.4 Potássio.....	66
5.4.5 Cálcio.....	69

5.4.6 Magnésio e Sódio.....	72
5.5 FLUXOS DE NUTRIENTES NAS SOLUÇÕES DE PRECIPITAÇÃO INTERNA.	75
<b>6 CONCLUSÕES</b> .....	<b>82</b>
<b>7 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>83</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS</b> .....	<b>84</b>
<b>APÊNDICES</b> .....	<b>93</b>

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 4.1 - LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO – FLORESTA ESTADUAL DO PALMITO, PARANÁGUÁ, PARANÁ.....	21
FIGURA 4.2 - VARIAÇÕES MÉDIAS DA PRECIPITAÇÃO, TEMPERATURA E UMIDADE RELATIVA OCORRIDAS DE 1976 A 2006 EM PARANAGUÁ.....	22
FIGURA 4.3 - ESTRUTURAS DAS TIPOLOGIAS INICIAL (A), MÉDIA (B) E AVANÇADA (C) NA FLORESTA ESTADUAL DO PALMITO, PR.....	28
FIGURA 4.4 - PLUVIÔMETRO.....	33
FIGURA 4.5 - COLETOR DE PRECIPITAÇÃO INTERNA (PI).....	33
FIGURA 4.6 - DISTÂNCIA ENTRE COLETORES DE SOLUÇÃO DE SOLO E DETALHE DA CÁPSULA POROSA.....	35
FIGURA 5.1 - EQUAÇÕES DE REGRESSÃO DA PRECIPITAÇÃO INTERNA (PI) EM FUNÇÃO DA PRECIPITAÇÃO TOTAL (PT) NA FLORESTA ESTADUAL DO PALMITO, PR.....	42
FIGURA 5.2 - RELAÇÃO ENTRE VOLUME PRECIPITADO E A CONCENTRAÇÃO DOS ELEMENTOS NA PRECIPITAÇÃO INTERNA NA TF INI, TF MED E TF AVA NA FLORESTA ESTADUAL DO PALMITO, PR.....	48
FIGURA 5.3 - VALOR DE pH NAS SOLUÇÕES PT, PI, SS E LF EM TF INI, MED E AVA NA FLORESTA ESTADUAL DO PALMITO, PR.....	60
FIGURA 5.4 - CONCENTRAÇÃO DE NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N NAS SOLUÇÕES PT, PI, SS E LF EM TF INI, MED E AVA NA FLORESTA ESTADUAL DO PALMITO, PR.....	63
FIGURA 5.5 - CONCENTRAÇÃO DE Cl <sup>-</sup> NAS SOLUÇÕES PT, PI, SS E LF EM TF INI, MED E AVA NA FLORESTA ESTADUAL DO PALMITO, PR.....	65
FIGURA 5.6 - CONCENTRAÇÃO DE K <sup>+</sup> NAS SOLUÇÕES PT, PI, SS E LF EM TF INI, MED E AVA NA FLORESTA ESTADUAL DO PALMITO, PR.....	68
FIGURA 5.7 - CONCENTRAÇÃO DE Ca <sup>2+</sup> NAS SOLUÇÕES PT, PI, SS E LF EM TF INI, MED E AVA NA FLORESTA ESTADUAL DO PALMITO, PR.....	71
FIGURA 5.8 - CONCENTRAÇÃO DE Mg <sup>2+</sup> NAS SOLUÇÕES PT, PI, SS E LF EM TF INI, MED E AVA NA FLORESTA ESTADUAL DO PALMITO, PR.....	73
FIGURA 5.9 - CONCENTRAÇÃO DE Na <sup>2+</sup> NAS SOLUÇÕES PT, PI, SS E LF EM TF INI, MED E AVA NA FLORESTA ESTADUAL DO PALMITO, PR.....	74

## LISTA DE TABELAS

TABELA 4.1 -	RELAÇÃO DAS ESPÉCIES MAIS REPRESENTATIVAS DAS TIPOLOGIAS EM ESTUDO NA FLORESTA DO ESTADUAL DO PALMITO E SEUS RESPECTIVOS VALORES DE IMPORTÂNCIA (VI) .....	29
TABELA 4.2 -	GRANULOMETRIA DO HORIZONTE A DE TIPOLOGIAS VEGETAIS NA FLORESTA DO ESTADUAL DO PALMITO, PR .....	31
TABELA 4.3 -	CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DO SOLO (PROFUNDIDADE 0-5 CM) DE TIPOLOGIAS VEGETAIS NA FLORESTA DO ESTADUAL DO PALMITO, PR .....	31
TABELA 4.4 -	CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DE DIFERENTES HORIZONTES DO SOLO DE TIPOLOGIAS VEGETAIS NA FLORESTA ESTADUAL DO PALMITO, PR.....	31
TABELA 4.5 -	ESPESSURA DO HORIZONTE ORGÂNICO E QUANTIDADE ACUMULADA DE MATÉRIA ORGÂNICA EM TIPOLOGIAS VEGETAIS NA FLORESTA ESTADUAL DO PALMITO, PR.....	31
TABELA 5.1 -	VALORES DE PT, PI E INTERCEPTAÇÃO (I) EM TIPOLOGIAS VEGETAIS NA FLORESTA ESTADUAL DO PALMITO, PR .....	39
TABELA 5.2 -	COMPOSIÇÃO MÉDIA DE SOLUÇÕES DE PRECIPITAÇÃO TOTAL (PT), PRECIPITAÇÃO INTERNA TF INI, TF MED E TF AVA NA FLORESTA ESTADUAL DO PALMITO, PR .....	44
TABELA 5.3 -	EFEITO ESTACIONAL NAS CONCENTRAÇÕES IÔNICAS VALORES DE pH NAS SOLUÇÕES DE PRECIPITAÇÃO TOTAL (PT), PRECIPITAÇÃO INTERNA DA TF INI, TF MED E TF AVA NA FLORESTA ESTADUAL DO PALMITO, PR.....	46
TABELA 5.4 -	COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO DE SPEARMAN ENTRE ÍONS E VOLUME PRECIPITADO NA TF INI, TF MED E TF AVA NA FLORESTA ESTADUAL DO PALMITO, PR.....	47
TABELA 5.5 -	COMPOSIÇÃO QUÍMICA MÉDIA DE SOLUÇÕES DE SOLO COLETADAS A 15 CM E 40 CM NA TF INI, TF MED E TF AVA NA FLORESTA ESTADUAL DO PALMITO, PR.....	50
TABELA 5.6 -	EFEITO ESTACIONAL NAS CONCENTRAÇÕES IÔNICAS E VALORES DE pH NAS SOLUÇÕES DE SOLO A 15 CM E 40 CM NAS TF INI, TF MED E TF AVA NA FLORESTA ESTADUAL DO PALMITO, PR .....	55
TABELA 5.7 -	COMPOSIÇÃO QUÍMICA MÉDIA DAS SOLUÇÕES LENÇOL FREÁTICO NA TF INI, TF MED E TF AVA NA FLORESTA ESTADUAL DO PALMITO, PR .....	56
TABELA 5.8 -	COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO DE SPEARMAN ENTRE QUANTIDADES DOS ELEMENTOS E VOLUME PRECIPITADO NA TF INI, TF MED E TF AVA NA FLORESTA ESTADUAL DO PALMITO .....	78
TABELA 5.9 -	FLUXO ESTACIONAL DE ELEMENTOS ATRAVÉS DA PT E PI TIPOLOGIAS VEGETAIS NA FLORESTA ESTADUAL DO PALMITO, PR.....	79/80
TABELA 5.10 -	QUANTIDADE DE ELEMENTOS MINERAIS (kg.ha <sup>-1</sup> .ano <sup>-1</sup> ) NA PRECIPITAÇÃO EM DIFERENTES ECOSISTEMAS FLORESTAIS.....	81



## RESUMO

A Floresta Estadual do Palmito é um remanescente do Bioma Mata Atlântica, com vegetação característica de Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas, e encontra-se atualmente em diferentes fases sucessionais. Esta formação florestal ocorre sobre Espodossolos arenosos e de baixa fertilidade, sendo que a ciclagem de nutrientes é fundamental para a sustentabilidade deste ecossistema, entretanto pouco se sabe dos principais processos e nutrientes envolvidos nesta ciclagem. O presente trabalho foi conduzido com o objetivo de gerar informações importantes para a compreensão da dinâmica biogeoquímica em ecossistemas da Floresta Atlântica no litoral do Paraná. As parcelas de estudo foram selecionadas para representar três tipologias florestais com diferenças em idade, diversidade florística e histórico de uso da terra. Para o monitoramento da precipitação total, foi instalado pluviômetro em clareira próxima às parcelas de estudo. Em cada tipologia florestal foram instalados coletores de precipitação interna, cápsulas porosas a 15 e 40 cm de profundidade no perfil do solo, para a coleta de soluções de solo e piezômetros para coleta de soluções do lençol freático. As amostragens das soluções foram realizadas a cada 21 dias, de julho de 2000 a dezembro de 2004. A dinâmica da precipitação pluviométrica mostrou-se, para a maior parte dos anos, semelhante à dinâmica anual histórica, registrada em estação meteorológica próxima ao local de estudo. Foram observadas diferenças na interceptação da precipitação entre as tipologias florestais sendo explicadas pelas diferenças com relação a cobertura florestal, porte e número de estratos arbóreos. As concentrações de alguns íons nas soluções de precipitação total e interna sofreram influência caracterizada pelo efeito de diluição/concentração em função do volume precipitado. Sódio e cloreto, íons de origem marinha, foram os principais componentes das soluções de precipitação total e interna, caracterizando a influência da vegetação como captadora destes elementos. A composição química das soluções de solo foi diferente das soluções de precipitação, sendo composta principalmente por elementos resultantes do processo de mineralização e decomposição da matéria orgânica. Isso sugere a contribuição da vegetação sobre a composição química destas soluções; sendo diferenciada nas três tipologias florestais devido às diferenças existentes na constituição da serapilheira. As soluções do lençol freático apresentaram composições e concentrações parecidas com as das soluções de solo, entretanto os valores de pH foram maiores, indicando uma neutralização dos ácidos orgânicos possivelmente pela complexação com alumínio presente nas soluções. A composição química das soluções de precipitação pode sofrer influência sazonal, pelo efeito de diluição/concentração em função do volume precipitado. A entrada de sódio e cálcio nos ecossistemas através da precipitação foi expressiva, sendo também marcante para potássio e magnésio. A ordem decrescente de entrada de elementos minerais através da precipitação externa foi  $\text{Na} > \text{Ca} > \text{Mg} > \text{K} > \text{NO}_3$  e  $\text{Na} > \text{Ca} > \text{K} > \text{Mg} > \text{NO}_3$  para precipitação interna.

Palavras chaves: Floresta Atlântica, ciclos biogeoquímico, precipitação, solução de solo, lençol freático, fluxos de nutrientes

## ABSTRACT

The Palmito State Forest is a remnant of the Atlantic rainforest ecosystems, with vegetation characteristic of Lowland Dense Ombrophylous Forest, and is currently found in different successional phases. This forest formation occurs on sandy and low fertility Spodosols, and the nutrient cycling is essential to the sustainability of this ecosystem, however very few is known of the main processes and nutrients involved in this cycling. This work was carried out aiming to generate data which can help the understanding of the biogeochemistry dynamics in Atlantic rainforest ecosystems on the littoral of Parana. The study plots were selected to represent three forest typologies differing in age, flora diversity and history of land use. For bulk precipitation monitoring, a pluviometer was installed in an open area close to the forest plots. Throughfall collectors were also installed in each plot as well porous cups to collect soil solutions at 15 and 40 cm of depth, and pipes for water table solutions collection. Sampling of solutions was carried out every twenty one days, from July of 2000 to December of 2004. Rainfall dynamics showed to be, for most of the years during the monitoring time similar to the annual historical dynamics recorded in a meteorological station not far from the study site. Interception of rainfall by vegetation showed to be different according to forest typologie, and differences were related to forest cover, height of trees and number of strata in tree canopies. The concentration of some ions in bulk precipitation and throughfall solutions were influenced by precipitation volume, characterizing concentration/dilution effect. Sodium and chloride, ions of marine origin, were the main components of bulk precipitation and throughfall characterizing the influence of vegetation as catcher of these elements. The chemical composition of soil solutions was different of precipitation and throughfall solutions being composed mainly of elements from the process of decomposition and mineralization of organic matter. This suggests the contribution of the vegetation on the chemical composition of these solutions; being differentiated in the three forest typologies due to differences in the formation of litter. Water table solutions presented ions composition and concentration similar to soil solutions ones, however, pH values were higher, indicating a neutralisation of organic acids possibly by complexation with aluminum present in the solutions. The chemical composition of the solutions of precipitation may suffer seasonal influence, through the effect of dilution / concentration according to the precipitated volume. The entry of sodium and calcium into the ecosystems through precipitation was expressive, and also marked for potassium and magnesium. The decreasing order of entry of mineral elements through the external precipitation was  $\text{Na} > \text{Ca} > \text{Mg} > \text{K} > \text{NO}_3$  and  $\text{Na} > \text{Ca} > \text{K} > \text{Mg} > \text{NO}_3$  for internal precipitation.

Key Words: Atlantic Forest, biogeochemical cycles, rainfall, solution of soil, groundwater, streams of nutrients

## 1 INTRODUÇÃO

O Estado do Paraná conserva em seu litoral remanescentes do Bioma Mata Atlântica, com a ocorrência de diversos ecossistemas florestais que se distinguem em porte e composição florística em função da sua posição no relevo, fatores climáticos, tipo de solo, altitude, dentre outros. Dentre os ecossistemas que compõe a Floresta Atlântica, têm-se a Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas (FODTB) ou Floresta Atlântica de Planície desenvolvendo-se sobre Organossolos, Espodosolos e Neossolos Quartzarênicos, sendo que a florística desta formação está intimamente ligada ao tipo de solo sobre o qual se desenvolve.

A ocupação antrópica no litoral paranaense resultou em redução da cobertura florestal, restando alguns remanescentes que ainda apresentam a composição original da FODTB. Dentre estes remanescentes, tem-se a Floresta Estadual do Palmito, uma unidade de conservação no município de Paranaguá, onde se encontram áreas em diferentes estados de conservação, ou submetidas a maiores e menores impactos antrópicos, representando hoje diferentes tipologias florestais. Estas florestas desenvolvem-se em solos arenosos e de baixa fertilidade devido às suas limitações químicas e físicas estando a sua exuberância florística intimamente ligada aos ciclos biogeoquímicos de nutrientes, sendo os mesmos, responsáveis pela autossustentabilidade da floresta.

Em um ecossistema florestal, a ciclagem de nutrientes é de grande importância ocorrendo em diferentes compartimentos e envolvendo entradas e saídas de nutrientes, dentre estes, o fluxo da água de precipitação que atinge a cobertura florestal contribuindo significativamente para este ciclo. As águas da chuva trazem consigo elementos minerais e orgânicos que se encontram suspensos na atmosfera e, ao atravessar o dossel florestal contribuem para a absorção foliar de alguns nutrientes e também para a lavagem e/ou lixiviação de elementos essenciais à nutrição florestal, os quais são transferidos ao solo e, posteriormente, às águas superficiais e subsuperficiais.

O conhecimento desta dinâmica biogeoquímica ajuda a compreender os processos que são responsáveis pela autossustentabilidade deste ecossistema florestal e pode subsidiar a definição de planos de ações para a recomposição de

áreas degradadas, bem como para manutenção dos remanescentes florestais ainda existentes na Floresta Atlântica.

O presente estudo faz parte de um projeto mais amplo que se iniciou em 1994, com a caracterização da vegetação e do solo de três tipologias florestais, na Planície Litorânea em Paranaguá, PR, buscando conhecer as relações entre as características do solo e o desenvolvimento da vegetação e vice-versa. A partir de 1998, passou a abordar questões mais específicas da dinâmica biogeoquímica, como a dinâmica de nutrientes em soluções de precipitação e, em 2002, esta mesma dinâmica em soluções de solo e de lençol, que são o escopo deste trabalho.

Estas pesquisas sobre a dinâmica funcional de florestas secundárias do Bioma Mata Atlântica, desde 2003, estão inseridos no Projeto Solobioma (Biota do solo e biogeoquímica na Floresta Atlântica do Brasil), uma parceria entre Brasil e Alemanha dentro do Programa Mata Atlântica (CNPq, BMBF-DLR), que tem como objetivos estudar a dinâmica biogeoquímica e, também, a diversidade e função da biota do solo sob a influência de ações antrópicas, avaliar a qualidade de ecossistemas de florestas secundárias e seu potencial para a conservação da biodiversidade.

## 2 OBJETIVOS

De maneira a gerar informações importantes para a compreensão da dinâmica biogeoquímica em ecossistemas de Floresta Atlântica na Planície Pleistocênica do litoral paranaense, este estudo teve os seguintes objetivos:

- monitorar a precipitação total e sua dinâmica ao longo de 4,5 anos na área de estudo;
- avaliar a interceptação da chuva pela vegetação em 3 tipologias florestais com estrutura e idade distintas;
- caracterizar a composição química da precipitação total e das soluções de precipitação interna, de solo e de lençol freático nas tipologias florestais;
- avaliar o efeito estacional e de vegetação/solo sobre a composição química das soluções;
- quantificar os volumes de precipitação total e da precipitação interna;
- avaliar o aporte de nutrientes ao solo nas diferentes tipologias florestais, pelas soluções de precipitação interna.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 PLANÍCIE LITORÂNEA

O litoral do Paraná que, junto com o 1º Planalto, formam o Escudo Paranaense, é recoberto por sedimentos recentes, com idades inferiores a 1,8 milhões de anos. A formação destes depósitos, conforme BIGARELLA (1978), iniciou no período Quaternário, quando ocorreram modificações profundas por causa das mudanças climáticas e variações do nível do mar (período interglacial). Estas mudanças continuam ocorrendo devido ao avanço do intemperismo, erosão e retrabalhamento dos sedimentos anteriormente formados (MINEROPAR, 2001).

Estes sedimentos são originados por erosão fluvial ou marinha, e deposição dos produtos do intemperismo de litologias mais antigas. De acordo com o agente erosivo, origina dois ambientes diferentes, com ampla variedade de solos: planície com aporte de sedimentos marinhos (ambientes de mangue e ambientes frontais marinhos) e planície com sedimento de aporte continental (CURCIO, 2002).

A Planície litorânea no Estado do Paraná possui cerca de 90 km de comprimento e de 10 a 20 km de largura, atingindo o máximo de 50 km na Baía de Paranaguá. Em sua maior extensão possui altitudes inferiores a 10 m a. n. m. e nos pontos superiores atinge 20m a.n.m. É constituída de formações arenosas de restinga, paludais terrestres, manguezais e terrenos de aluvião terrestre, nas proximidades do complexo cristalino. A leste é limitada pela orla atlântica e a oeste pelos terrenos acidentados do complexo cristalino, constituintes da Serra do Mar e de suas ramificações. Elevações de rochas cristalinas formam ilhas nas planícies de sedimentos, que serviram de apoio para os processos de sedimentação. Grande parte dos sedimentos do fundo da Baía de Paranaguá foi originada do retrabalhamento dos sedimentos das restingas. Extensas áreas adjacentes à baía são formadas por restingas correspondentes a mais de uma época de sedimentação (BIGARELLA, 1978).

Uma característica marcante das planícies costeiras do litoral paranaense é a presença de feições lineares denominados de cordões litorâneos. A identificação do lineamento destes cordões é feita através do tipo de vegetação, por alternância entre faixas da vegetação mais alta e mais baixa, podendo atingir larguras que vão

de 10 a 100 metros e alturas superiores a 1 metro (ÂNGULO, 1992 citado em BRITZ, 1994).

### 3.2 SOLOS

Na Planície Litorânea são identificados três classes de solo, Neossolos Quartzarênicos (Areia Quartzosa), Espodossolos (Podzol hidromórfico e não hidromórfico) e Organossolos (Solo orgânico), que no litoral são sempre hidromórficos (RACHWAL; CURCIO, 1994).

A Floresta Estadual do Palmito, segundo WISNIEWSKI et al (1997), está situada sobre Espodossolo. Os Espodossolos geralmente são de textura essencialmente arenosa, apresentando um horizonte de perda (eluviação) abaixo do horizonte A e um horizonte de acumulação (iluviação) de matéria orgânica e/ou sesquióxidos de ferro e de alumínio ( $B_h$  ou  $B_{ir}$ ), em profundidade, que atuam como agentes cimentantes, determinando consistências, graus de dureza e colorações variáveis a este horizonte. Isso os diferencia dos Neossolos Quartzarênicos, além de fazer dos Espodossolos ainda mais pobres em nutrientes e com maiores limitações ao uso que os Neossolos Quartzarênicos. Dependendo do grau de cimentação, a permeabilidade até pode ser impedida nos horizontes  $B_h$  ou  $B_{ir}$ , tendo assim, uma influência muito grande no regime hídrico destes solos. Em locais abaciados, mais rebaixados, o Espodossolo pode tornar-se hidromórfico (RACHWAL; CURCIO, 1994).

Entretanto, a ocorrência dos solos hidromórficos não é condicionada somente pelas superfícies intra (mais rebaixadas) e inter-cordões, muito comum na planície litorânea, estando também vinculada à altura do lençol freático, bastante variável e influenciada pela profundidade e consistência do horizonte B espódico ( $B_h$  ou  $B_{ir}$ ). Quando um horizonte B espódico encontra-se mais próximo da superfície e mais consistente, vai determinar um acúmulo maior de água, uma vez que a condutibilidade hídrica neste horizonte diminui em função da coesão (WISNIEWSKI et al., 1997).

### 3.3 FORMAÇÃO PIONEIRA DE INFLUÊNCIA MARINHA (RESTINGA)

A palavra restinga é usada tanto para designar vários tipos de depósitos litorâneos quanto outras feições costeiras. A sedimentação dessas planícies costeiras pode ser atribuída a quatro fatores: disponibilidade de sedimentos arenosos, correntes de deriva litorânea, flutuações do nível relativo do mar e feições costeiras propiciando a retenção de sedimentos (SUGUIO; MARTIN, 1990).

Segundo RIZZINI (1979), sob o ponto de vista fitogeográfico, a palavra restinga é empregada para designar todas as formações que cobrem as areias holocênicas desde o oceano ou apenas a vegetação lenhosa, arbustiva ou arbórea, realmente mais interior.

As restingas, conforme LEITE e KLEIN (1990) são formações vegetais sob influência direta do mar distribuídas por terrenos arenosos do Quaternário recente, geralmente com algum teor salino, sujeita à intensa radiação solar e acentuada ação eólica. Existe uma grande variedade de ambientes circunscritos a esta formação, merecendo destaque, pela maior importância fisionômica os seguintes:

- faixa da praia: ambiente pobre em vegetação, devido à maior instabilidade e do elevado teor salino, onde se encontram poucas espécies, em geral, psamófitas halófitas rasteiras como, por exemplo, *Spartina ciliata*, *Paspalum distichum*, *Remirea marítima* e *Ipomea pescaprae*.
- Dunas instáveis, irregulares dispersas, áreas fortemente assoladas pelos ventos, com freqüente mobilização da areia e com vegetação muito escassa, onde se encontra *Spartina ciliata*, *Panicum reptans*, *Cordia verbenaceae*, *Scaecola plumieri* e *Sophora tomentosa*.
- Dunas fixas: distribuí-se por amplas áreas da planície litorânea, em locais onde a ação eólica não se faz tão intensa, sob a proteção dos cordões dunares móveis e semifixos. Nessa situação, o processo de estabilização do solo está estreitamente vinculado à presença de uma cobertura vegetal ainda incipiente, entretanto mais ricas em espécies que nas áreas anteriores. Destacam-se as seguintes espécies: *Schinus terebenthifolius*, *Eugenia catharinae*, *Eugenia umbelliflora*, *Myrcia rostrata*, *Lythraea brasiliensis*, *Rapanea parvifolia* e *Guapira opposita*.
- Superfícies aplainadas e/ou plano-deprimidas: nas áreas de encharcamento predomina uma formação pioneira de estrutura herbácea ou gramíneo lenhosa,



destacando-se espécies como *Juncus spp*, *Typha domingensis*, entre outras. No meio dessas áreas encharcadas, normalmente se encontram “tesos ou albardões” onde se desenvolvem aglomerações arbóreas ou arbustivas em geral, com predomínio de *Allophylus edulis*, *Ocotea pulchella*, *Alchornea triplinervia*, *Myrcia multiflora*, *Calophyllum brasiliensis* e *Tapirira guianensis*.

- Costões rochosos: nestes locais se desenvolve uma vegetação típica, sob ação direta dos ventos e salinidade marinha. Trata-se de formações subarbustivas, arbustivas chegando até arbóreas, com características xerófitas, cuja composição florística varia conforme o ambiente; na base dos cordões, geralmente se encontram agrupamentos de bromeliáceas rupestres e gramíneas; nos locais menos íngremes, onde já se pode notar incipiente camada de solo, freqüentemente se observa arbustos e arvoretas de *Rapanea parviflora*, *Pera glabrata*, *Clusia criuva*, *Cordia verbenaceae*, *Cereus jamacaru*, *Guapira opposita*, entre outras. Nos ambientes com solos bem mais estruturados, a vegetação apresenta porte arbóreo ou subarbóreo, onde apresentam importância sociológica espécies como *Rapanea umbellata*, *Cupania vernalis*, *Cousapoa schotti*, *Byrsonima ligustrifolia*, *Syagrus ramanzoffiana* entre muitas outras espécies da Floresta Ombrófila Densa Submontana.

### 3.4 FLORESTA OMBRÓFILA DENSA DAS TERRAS BAIXAS

A Planície Litorânea do Paraná tem uma grande diversidade de ambientes, que pode ser atribuída principalmente às características dos sedimentos e hidromorfismo do terreno, além da variação térmica associada ao distanciamento do mar e mudanças de altitude e latitude (LEITE, 1994). Esses ambientes fazem parte da superfície de acumulação e são originados a partir de sedimentos carreados da Serra do Mar, ou a partir de sedimentos da deposição marinha (CURCIO, 2002).

Assim, é possível distinguir um “mosaico” de formações na planície litorânea: Restinga, Mangue, Campo salino (marisma) e Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas. As formações pioneiras (mangue e restinga) fazem a transição para florestas de terras baixas, preparando o meio para a instalação subsequente de espécies mais exigentes ou menos adaptadas às condições de instabilidade ambiental (LEITE, 1994).

A Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas é também chamada de Floresta Atlântica de Planície ou da Planície Litorânea e está situada em altitudes com 5 a 50 m a. n. m. (RODERJAN et al. 1997). Desenvolve-se sobre a maior parte da planície de acumulação, em áreas originadas em consequência da ação de agentes morfodinâmicos diversos e da interação terra-mar (LEITE, 1994).

De acordo com RODERJAN et. al. (2002), nos Organossolos, Espodossolos e Neossolos Quartzarênicos, quando hidromórficos (solos de drenagem deficiente), as tipologias sucessionais mais evoluídas são caracterizadas pelo predomínio de *Calophyllum brasiliense* Cambess. (Clusiaceae), formando um estrato arbóreo contínuo entre 20 e 25 m de altura, geralmente composto por *Tabebuia umbellata* (Sond.) Sandwith (Bignoniaceae), *Pseudobombax grandiflorum* (Cav.) A. Robyns (Bombacaceae), *Ficus luschnatiana* (Miq.) Miq., *F. adhatodifolia* Schott ex Spreng. (Moraceae) e *Tapirira guianensis* Aubl. (Anacardiaceae). Nos estratos inferiores são comum *Clusia criuva* Cambess. (Clusiaceae), *Pera glabrata* (Schott) Poepp. Ex Bail (Euphorbiaceae), *Tabebuia cassinoides* (Lam.) DC. (Bignoniaceae), *Marlierea tomentosa* Cambess. (Myrtaceae), *Guarea microphylla* Vahl (Meliaceae), *Syagrus romanzoffiana* (Cham.) Glassman e *Euterpe edulis* Mart. (Arecaceae).

Nos Neossolos Quartzarênicos e Espodossolos, quando não hidromórficos (solos com melhor drenagem), segundo RODERJAN et al. (2002), a florística arbórea é diferenciada, sendo que nesta situação o *Calophyllum brasiliense* Cambess. encontra-se praticamente ausente. São comuns *Ocotea pulchella* Mart., *O. aciphylla* (Ness) Mez (Lauraceae), *Tapirira guianensis*, *Alchornea triplinervia* (Spreng.) Mull. Arg. (Euphorbiaceae), *Ficus organensis* Miq. (Moraceae), *Podocarpus sellowii* Klotzsch ex Eichler (Podocarpaceae) e *Manilkara subsericea* (Mart.) Dubard (Sapotaceae). No estrato inferior são comuns *Andira anthelminthica* Benth. (Fabaceae), *Clethra scabra* Pers. (Clethraceae), *Ingá* spp. (Mimosaceae), *Ilex* spp. (Aquifoliaceae), além de *Euterpe edulis*, *Syagrus romanzoffiana* e *Attalea dúbia* (Mart.) Burret (Arecaceae) e de uma considerável variedade de Myrtaceae dos gêneros *Calyptanthus*, *Gomidesia*, *Myrcia*, *Psidium*, *Eugenia* e *Marlierea*.

Epífitas e lianas apresentam uma grande diversidade nessa formação. São encontradas representantes de Bromeliaceae, Orchidaceae, Araceae, Polypodiaceae, Piperaceae, Cactaceae e Gesneriaceae. Entre as lianas,

sobressaem-se Bombacaceae, Bignoniaceae e Sapindaceae (RODERJAN et al., 2002).

### 3.5 CICLAGEM DE NUTRIENTES

Nutrientes são elementos químicos a partir dos quais a matéria viva é formada, podendo ser obtidos do solo, da água e da atmosfera. Esses elementos são absorvidos pela planta através da raiz, sendo então translocados através da mesma e incorporados em seus tecidos. Quando a planta ou parte dela morre, é iniciada a decomposição do material orgânico, os nutrientes retornam ao solo, onde se tornam novamente disponíveis. Esse processo é chamado de ciclagem de nutrientes (GOLLEY et al., 1978).

Segundo SWITZER e NELSON (1972), a ciclagem de nutrientes nos ecossistemas florestais pode ser caracterizada de três formas: ciclo geoquímico, bioquímico e biogeoquímico. O ciclo geoquímico envolve a transferência de elementos químicos para dentro e para fora do ecossistema. O ciclo bioquímico envolve a translocação de nutrientes armazenados em tecidos velhos para tecidos novos da planta, sendo de grande importância para a manutenção de nutrientes de maior mobilidade dentro da planta, como N, P, K e Mg, enquanto que ciclo biogeoquímico caracteriza-se pelas trocas químicas entre o solo e a planta, envolvendo absorção e distribuição de nutrientes na planta, lixiviação pela chuva, desfolhação por herbívoros e decomposição da serapilheira. Para JORDAN (1985), ciclagem de nutrientes é o movimento dos compostos inorgânicos essenciais para a vida, sendo o ciclo biogeoquímico utilizado para descrever o ciclo global, incluindo reservatórios situados na atmosfera, no oceano e na crosta terrestre.

Os ciclos biogeoquímicos integram os diferentes ciclos globais de transferência de elementos químicos e essenciais que ocorrem na biosfera, sendo que alguns desses elementos têm como reservatório a atmosfera e oceanos, e outros a crosta terrestre (ODUM, 1986).

No processo de ciclagem, ocorre a transferência de nutrientes de um compartimento para outro, envolvendo vários processos dentro de um ou mais ciclos naturais. Os modelos conceituais que descrevem esses ciclos são complexos e

envolvem três sistemas fundamentais de movimentação de nutrientes: planta, animal e solo (CAMPOS, 200X).

Segundo ODUM (1987), o padrão de ciclagem de nutrientes nas regiões tropicais, em especial no trópico úmido, é diferente do padrão das áreas temperadas. Nas regiões frias, uma grande parcela da matéria orgânica e dos nutrientes disponíveis permanece o tempo todo no solo ou sedimento, enquanto que nos trópicos uma porcentagem muito maior está na biomassa, sendo reciclada dentro da estrutura orgânica do sistema. A taxa de ciclagem é muito mais rápida em uma floresta tropical do que em uma temperada.

Apesar das florestas apresentarem mecanismos para conservar nutrientes, acredita-se que esses mecanismos serão mais desenvolvidos em florestas tropicais, especialmente aquelas que se desenvolvem sobre solos pobres GOLLEY (1996). JORDAN e HERRERA (1981), citados em JORDAN (1982), especularam que a estratégia para conservar nutrientes, em florestas na bacia amazônica, deve ter sido desenvolvida como um resultado da baixa capacidade dos solos para fornecer e reter nutrientes.

A ciclagem de nutrientes em florestas pode ser analisada através da compartimentação da biomassa acumulada nos diferentes estratos e da quantificação das taxas de nutrientes que se movimentam entre seus compartimentos, podendo ser considerados como compartimentos da floresta a biomassa aérea das árvores, a manta florestal (serapilheira), a biomassa das raízes, o solo entre outros (POGGIANI e SCHUMACHER, 2000).

Uma atenção especial tem sido dada às propriedades químicas de camadas de húmus e horizontes minerais orgânicos de solos florestais, onde a matéria orgânica acumulada é mineralizada e humificada. A capacidade tampão desses horizontes determina, muitas vezes, a ciclagem de nutrientes de todo o sistema. O movimento de água, a maior atividade de microorganismos e ampla distribuição de raízes no solo entre os horizontes superiores, húmus e serapilheira fazem com que esses se tornem compartimentos importantes para a ciclagem, onde os nutrientes se encontram em fluxos mais intensos que em outros compartimentos (BREYMEYER et al., 1997). Devido aos processos de decomposição e lixiviação da serapilheira, os nutrientes podem ser carregados para o solo e novamente absorvidos pelo sistema

radicular das árvores e das espécies do sub-bosque (POGGIANI e SCHUMACHER, 2000).

Segundo BLUM (1978), o ciclo dos bioelementos em ecossistemas florestais segue os seguintes processos: entrada da atmosfera em forma de poeira ou elementos solubilizados na água da chuva; absorção dos elementos pela planta, especialmente através da raiz; transporte dos elementos dentro da planta; retorno dos elementos para o solo em forma sólida como tecidos orgânicos ou serapilheira e em forma líquida através da lixiviação da copa e escorrimento pelo tronco; deslocamento dos elementos em forma solúvel no perfil do solo e lixiviação dos elementos para o lençol freático ou perda por volatilização.

Para POGGIANI (1992), as entradas dos nutrientes nos ecossistemas podem ser constituídas pelo arraste de elementos pela precipitação, deposição de poeira, intemperismo do solo, fixação do CO<sub>2</sub> através da atividade fotossintética, fertilizações, etc. As saídas podem ser através de processos de lixiviação e erosão, denitrificação, decomposição, queimada, remoção da biomassa, entre outras.

A entrada de nutrientes na floresta varia de acordo com sua localização e com as condições climáticas. A proximidade com o mar ou de grandes centros pode afetar significativamente a quantidade de nutrientes que, dispersos na atmosfera, são arrastados pela chuva (POGGIANI, 1985 citado em CAMPOS s.d.).

### 3.6 PRECIPITAÇÃO E INTERCEPTAÇÃO

O ciclo da água está relacionado aos seguintes processos: precipitação atmosférica e sua distribuição no tempo e no espaço (MOLCHANOV, 1963), movimentação horizontal e vertical no solo, absorção pela planta através das raízes, transporte na planta de baixo para cima, liberação de água para a atmosfera através da transpiração ou liberação através da evaporação do solo ou evapotranspiração (BLUM, 1978).

A atmosfera é uma fonte de nutrientes para as plantas. A chuva e a neve contêm substâncias dissolvidas e particuladas, incluindo importantes quantidades de nitrogênio e outros nutrientes para o crescimento da floresta. As superfícies dos galhos e folhas, principalmente as pilosas, agem como eficientes filtros de partículas e gases atmosféricos, retendo nutrientes que são absorvidos pelas folhas ou

escorrem, junto com a água, para o solo. A maior parte de nitrogênio, enxofre e cloro presente em ecossistemas florestais são provenientes da atmosfera (HAAG, 1985).

Segundo OLIVEIRA JUNIOR e DIAS (2005), em hidrologia, a precipitação é definida como toda água proveniente do meio atmosférico que atinge a superfície terrestre. Para MOLCHANOV (1963), parte dessa água é perdida por transpiração e evaporação já no dossel florestal, voltando a condensar-se na atmosfera, caindo sob a forma de neve ou chuva, sendo que parte desta precipitação cai no solo, parte escoar para os rios, mares e oceanos.

A água que evapora da superfície dos oceanos precipita-se parcialmente sobre o próprio oceano, sendo o restante transportado para os continentes, trazendo, dessa forma, na precipitação elementos como  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Cl}^-$  e  $\text{SO}_4^{2-}$ . Segundo MELLO e MOTA (1987), o atrito do vento com a superfície do mar faz com que borrifos d'água sejam lançados na atmosfera, formando os chamados aerossóis de origem marinha. Uma vez na atmosfera, essas gotículas podem perder sua água pela evaporação, restando então pequeníssimos cristais de sais marinhos, formados principalmente de cloreto de sódio, sulfato de cálcio e sulfato de magnésio. Nas camadas mais baixas da atmosfera terrestre, o tempo de residência dessas partículas é de aproximadamente de uma semana, sendo que as mesmas retornam à superfície terrestre arrastadas pela chuva.

A cobertura florestal apresenta uma relação muito estreita com o ciclo hidrológico, interferindo no movimento da água em vários compartimentos do sistema. Quando a chuva alcança o dossel florestal já ocorre o primeiro fracionamento da água, onde uma parte é temporariamente retida pela vegetação e em seguida evaporada para a atmosfera (ARCOVA; CICCIO; ROCHA, 2003). A atuação do dossel florestal no ciclo hidrológico é, portanto, condicionada pelo retardamento da movimentação da água em direção aos cursos d'água por meio do processo de interceptação, da água de chuva que termina retornando à atmosfera. (LIMA 1975). Portanto, a presença de uma cobertura florestal pode, significativamente, alterar o modelo de entrada e saída de água para a superfície do solo (KELLMAN e ROULET, 1990 citado em LIMA, 1998).

Vários são os fatores que poderão influenciar os valores de interceptação, como as espécies florestais, a estrutura da floresta, a frequência, duração, tipo e

intensidade das chuvas, estação do ano (no caso de espécies caducifólias das folhosas) e condições meteorológicas (MOLCHANOV, 1963).

Em trabalho conduzido em floresta secundária das encostas da serra do mar, NALON e VELLARDI (1992), em dois anos de estudo, observaram que a interceptação nos períodos considerados chuvosos foi de 6,20 e 3,91%, para o primeiro e segundo ano respectivamente, 20,15 e 10,52% para os períodos pouco chuvosos, e 1,70 e 10,95% para períodos considerados muito chuvosos.

BRITEZ (1994), em trabalho realizado em planície litorânea na Ilha do Mel, PR encontrou uma média anual de 22% de interceptação em restinga baixa e de 30% em restinga alta. Também observou que os padrões de variação mensal foram diferentes, tanto de uma área para outra, quanto em relação à precipitação total.

ARCOVA; CICCIO e ROCHA (2003), trabalhando em uma bacia experimental, com precipitação e interceptação por Floresta Atlântica, em Cunha, SP, concluíram que a cobertura florestal interceptou 18,6% da precipitação. FERREIRA; LUIZÃO e DALLAROSA (2005), trabalhando em uma área de floresta de terra firme na Amazônia Central, submetida à extração seletiva de madeira, observaram que a interceptação foi reduzida de 25,8% (áreas controle) para 7,1% (parcelas que sofreram extração seletiva).

### 3.7 PRECIPITAÇÃO E APORTE DE ELEMENTOS MINERAIS

Em florestas naturais ou plantadas, a quantidade de água da chuva que atinge o solo é denominada de precipitação efetiva, dada pela precipitação interna e pelo escoamento pelo tronco (LIMA, 1975). A precipitação interna é a chuva que atinge o piso florestal, incluindo gotas que passam diretamente pelas aberturas entre as copas e as gotas que respingam do dossel (OLIVEIRA JUNIOR e DIAS, 2005).

A água de precipitação exerce um importante papel no processo de ciclagem de minerais em ecossistemas florestais, atuando como importador de diversos elementos, nutriente ou não, e também como principal veículo de transferência de muitos deles do dossel à superfície do solo coberto pelo folheto (MEGURO; VINUEZA; DELITTI, 1979).

A interação da água da chuva com a vegetação, resulta em um enriquecimento da precipitação interna, atribuído à dissolução e lavagem de

materiais atmosféricos depositados no dossel florestal, ou a trocas entre a precipitação e elementos das partes internas da planta (TUKEY, 1970), sendo esse processo um dos mais importantes meios de entrada de nutrientes no ecossistema (ARCOVA e CICCIO, 1987; HAAG, 1985).

MEGURO, VINUEZA & DELITTI (1979), estudando o papel da precipitação na importação e transferência de K e P, observaram que a quantidade do elemento K foi muito superior na precipitação interna que na precipitação livre,  $126 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$  e  $2,3 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$ , respectivamente. O pH também teve seus valores alterados, levando os autores a concluir que a cobertura vegetal tem um efeito neutralizante sobre as soluções.

Estudando a composição química do fluxo interno, durante o período de um ano, em floresta tropical em Porto Rico, McDOWELL (1998) observou aumento nas concentrações da precipitação interna em relação à chuva para todos os solutos, exceto para  $\text{H}^+$  e  $\text{NO}_3^-$ . LEININGER e WINNER (1987), em experimento realizado com povoamento de *Quercus rubra*, também observaram enriquecimento da maioria dos elementos analisados ( $\text{Ca}^+$ ,  $\text{Mg}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  e  $\text{PO}_4^{3-}$ ), nas soluções que passavam através do dossel florestal.

O enriquecimento da água de precipitação em nutrientes, após a interação com a vegetação resulta de duas origens: lixiviação dos metabólitos lábeis dos tecidos das folhas e lavagem das partículas captadas pela vegetação (LIMA, 1986).

Segundo Blum (1978), a oferta de bioelementos originados na forma solúvel pela lixiviação da copa assume grande importância para a flora e fauna do solo, epífitas e outras plantas além de animais envolvidos nos mecanismos da biogeocenese.

MARQUES e RANGER (1997), estudando a dinâmica de nutrientes em populações de Douglas-fir concluíram que a maioria dos elementos que apresentaram aumento em suas concentrações ao passar pelo dossel florestal foram lavados do dossel, enquanto TOC (carbono orgânico total),  $\text{K}^+$  e  $\text{Mg}^{2+}$  resultaram também da lixiviação.

O fluxo da água através de ecossistemas terrestres liga atmosfera, vegetação, solo e águas superficiais. Em ecossistemas úmidos, o ciclo dos nutrientes está intimamente ligado ao ciclo hidrológico. Os nutrientes são depositados através de aerossóis ou poeira sobre as copas das árvores; alguns são



absorvidos e outros liberados pelo dossel florestal e levados até o solo através da precipitação efetiva (interna + escoamento pelo tronco); parte é absorvida pela vegetação e parte atravessa o perfil do solo e é exportada da bacia hidrográfica através das águas de drenagem (McDOWELL, 1998).

### 3.8 VEGETAÇÃO, ESTAÇÕES CLIMÁTICAS E CICLAGEM DE ELEMENTOS MINERAIS

A disponibilidade de nutrientes em ecossistemas florestais depende da reciclagem eficiente dos mesmos, sendo que através da ciclagem, nutrientes são devolvidos ao solo através da decomposição e mineralização da serapilheira por organismos do solo e absorvidos pela vegetação. Taxas de decomposição e mineralização são dependentes da temperatura e condições de umidade dentro da floresta; o dossel florestal tem influência em todos os fatores citados, e dessa maneira, na ciclagem de nutrientes (PRESCOTT, 2002). Ainda, a cobertura florestal pode influenciar a entrada e saída da água da chuva em um ecossistema, e também a composição química da precipitação interna. Portanto, o estudo da dinâmica de nutrientes em cronosequências é de grande importância, pois é possível avaliar como e porque as mudanças na estrutura, densidade, riqueza das espécies, idade da tipologia pode influenciar a dinâmica de nutrientes.

MARQUES e RANGER (1997), estudando a dinâmica de nutrientes em *Pseudotsuga menziesii* utilizaram cronosequência para representar estágios de desenvolvimento de rotação da floresta. Os autores concluíram que os estágios de desenvolvimento das tipologias interferiram nas características químicas de todas as soluções, principalmente nas camadas mais superficiais do solo, devido ao maior volume de matéria orgânica depositada.

SCHROTH et al. (2001), estudando fluxos de nutrientes em sistema agroflorestal na Amazônia Central observaram que as concentrações da precipitação interna e escoamento pelo tronco foram influenciadas pelas espécies avaliadas, pela condição nutricional dessas espécies e também pelo sistema de uso do solo.

Analisando variação espacial e volume de precipitação interna em floresta úmida na Costa Rica, LOESCHER; POWERS e OBERBAUER (2002) concluíram

que o volume da precipitação interna foi influenciado pela arquitetura do dossel florestal.

Segundo HAAG (1985) a superfície de galhos e folhas (principalmente as pilosas) agem com filtros de partículas e de gases atmosféricos, retendo nutrientes que são absorvidos pelas plantas. Estes elementos ainda podem escorrer juntamente com a água da chuva para o solo.

As concentrações das soluções de precipitação e de solo ainda podem sofrer alterações devido a variações sazonais. JORDAN (1982), pesquisando sobre o balanço de nutrientes em Floresta Amazônia, na Venezuela observou tendência de altas entradas de nutrientes ocorridas de junho até agosto, associando o aumento das concentrações de cálcio e potássio durante estes meses principalmente a grande quantidade de chuva observada durante o mesmo período.

HÖLSCHER et al. (1998), trabalhando na Amazônia brasileira com vegetação secundária diverso e mono específica observou as maiores concentrações de Ca, Mg, S e Cl na precipitação interna nos períodos de baixas precipitações durante a estação seca, que ocorreram de setembro a novembro na região. Em trabalho realizado em plantio de *Eucalyptus* e ecossistema de savana, no Congo, LACLAU et al. (2003) observaram que todos os elementos analisados na água da chuva apresentaram as maiores concentrações durante a estação seca, que compreende os meses de junho a setembro.

Efeito estacional sobre as concentrações foi observado para precipitação externa e interna por MARQUES e RANGER (1997) em cronosequência de douglas-fir, na França, sendo que as maiores concentrações ocorreram no inverno, para a maioria dos elementos; para solução de solo as maiores concentrações foram observadas no outono.

### 3.9 ELEMENTOS MINERAIS EM SOLUÇÃO DE SOLO E LENÇOL FREÁTICO

A precipitação atravessa o dossel florestal, alcançando o solo e uma parte da água fica armazenada no perfil sendo consumida pelas plantas.

A solução solo é a porção aquosa do solo que contém materiais dissolvidos provenientes dos processos químicos e bioquímicos do solo e provenientes da troca com a hidrosfera e biosfera. Este meio transporta espécies químicas para as

partículas do solo, mantendo um contato íntimo entre os solutos e as partículas do solo. Além de fornecer água para crescimento de planta, é um meio essencial para a troca de nutrientes da planta entre as raízes e terra sólida. Existe uma condição de equilíbrio entre os componentes da solução de solo e a fase sólida, através da ocorrência de importantes reações químicas com transferência de espécies entre as fases. Além da fase sólida, a solução do solo ainda interage com a fase gasosa, com as plantas e fauna do solo (MEURER & ANGHINONI, 2004). Ainda, segundo os autores o estudo e caracterização da composição da solução de solo podem ser utilizados para prever transformações e reações de absorção, adsorção, dissolução e precipitação que pode ocorrer no solo, sendo que a análise química das soluções pode identificar as formas e quantidades dos elementos que estão sendo adicionados ao solo e transferidos para outros compartimentos do ambiente através do lençol freático.

Para coleta de soluções de solo têm-se usado muitos métodos diferentes. Segundo RANGER et al. (2001) para coleta de soluções em campo são utilizados lisímetros fechados de tensão zero, lisímetros abertos de tensão zero, lisímetros de placas com e sem tensão, lisímetros de cápsulas porosas e mais recentemente tem-se usado lisímetros passivos que coletam água capilar sem necessidade de aplicação de sucção. Em laboratório pode extrair solução de solo através dos métodos de deslocamento, de centrifugação e de sucção (MEURER & ANGHINONI, 2004).

Usualmente, os principais cátions observados nas soluções de solo são potássio, cálcio e magnésio, sendo que sódio pode predominar em regiões semi-áridas e alumínio em solos ácidos. Os ânions sempre encontrados nas soluções de solos capazes de manter crescimento de plantas são nitrato, fosfato, sulfato e cloreto (EPSTEIM & BLOOM, 2004). A composição química da solução de solo varia em função de fatores como material de origem do solo, pH, teor de matéria orgânica, adição de produtos químicos, das condições de oxi-reduções, do manejo do solo e também do clima (MEURER & ANGHINONI, 2004).

McDOWELL (1998), estudando fluxo interno em florestas em Porto Rico observou que os elementos que apresentaram as maiores concentrações nas soluções de solo foram  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Na}^+$  e  $\text{Mg}^{2+}$ . Já MARQUES (1996) estudando a dinâmica de nutrientes em populações de Douglas-fir, observou que de maneira

geral os ânions com as maiores concentrações foram  $\text{NO}_3^-$  e  $\text{SO}_4^-$ , enquanto que os cátions foram  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$  e  $\text{Al}^{3+}$ .

De acordo com MENGEL & KIRKBY (1987), as concentrações de elementos na solução de solo seguem uma tendência em que geralmente fosfatos apresentam concentrações muito baixas, as de  $\text{K}^+$  e  $\text{Mg}^{2+}$  são médias enquanto que as de  $\text{Ca}^{2+}$  são preferencialmente altas.  $\text{NO}_3^-$  apresenta-se frequentemente em maiores concentrações, ocorrendo muitas vezes em níveis da mesma ordem que a soma de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$ . O nitrato é um íon absorvido rapidamente pelas plantas, podendo ser, também, rapidamente lixiviado para os horizontes mais profundos do solo, o que pode fazer resultar em flutuações em suas concentrações.

A composição das soluções de solo também é resultado de vários processos interligados, como entrada de elementos via deposição atmosférica, precipitação direta, interna e escoamento pelo tronco, decomposição da matéria orgânica e intemperismo dos minerais resultando em produção interna de nutrientes e perdas por lixiviação ou absorção de elementos pelas plantas (MARQUES & RANGER, 1996).

Utilizando soluções de solo para avaliar o impacto de deposições atmosféricas ácidas sobre as concentrações dos solutos em solos florestais na Holanda, De VRIES et al. (1995), avaliaram relações entre  $\text{Al}/\text{Ca}$  e  $\text{NH}_4/\text{K}$  e concluíram que o decréscimo nas entradas atmosféricas de N e S resultam também em decréscimo equivalente das lixiviações de Al e H.

ROBERTSON, HORNUNG & KENNEDY (2000) monitorando a composição química da precipitação interna e solução de solo antes e após de corte raso para quatro espécies arbóreas concluíram que elementos influenciados pela deposição atmosférica como  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  e  $\text{Cl}^-$  tiveram suas concentrações nas soluções de solo reduzidas após o corte, e que os elementos influenciados por processos internos do sistema, como decomposição e nitrificação apresentaram aumento em suas concentrações.

Tendo como objetivo estudar o efeito da manipulação da precipitação interna sobre a lixiviação do solo em florestas decíduas nos Estados Unidos, JONHSON, HANSON & TODD Jr (2002) observaram que ao reduzir em 33% a chuva ocorreu um aumento no conteúdo de nitrogênio no horizonte orgânico da floresta e,

consequentemente uma diminuição das taxas de lixiviação de N neste horizonte, sugerindo menor taxa de mineralização ou maior imobilização.

Monitorando soluções de solo em ecossistema de savana e em plantio de *Eucalyptus* no Congo, LACLAU et al. (2003) observaram que ocorre uma queda dos valores de concentrações dos elementos com o aumento de residência das soluções no solo, o que sugere uma rápida absorção destes pelas plantas através das raízes. Os autores concluíram que este comportamento enfatiza a importância de entrada de nutrientes através da precipitação interna e mineralização da camada de serapilheira na nutrição mineral desses povoamentos.

A água que penetra no solo vai abastecendo a planta e o restante chega até o subsolo dando origem à água subterrânea ou lençol freático. Segundo MOLCHANOV (1963), a profundidade do lençol freático interfere no crescimento e desenvolvimento de florestas, principalmente em solos arenosos, fortemente permeáveis, com fraca capacidade para a água e com reduzida franja capilar.

BRITZ (1994), trabalhando com ciclagem de nutrientes na Ilha do Mel, PR observou a ocorrência da restinga alta em lugares mais rebaixados dos cordões arenosos da Planície Litorânea, onde o lençol freático se encontrava mais próximo à superfície, aumentando, dessa forma, a disponibilidade de água e nutrientes às plantas.

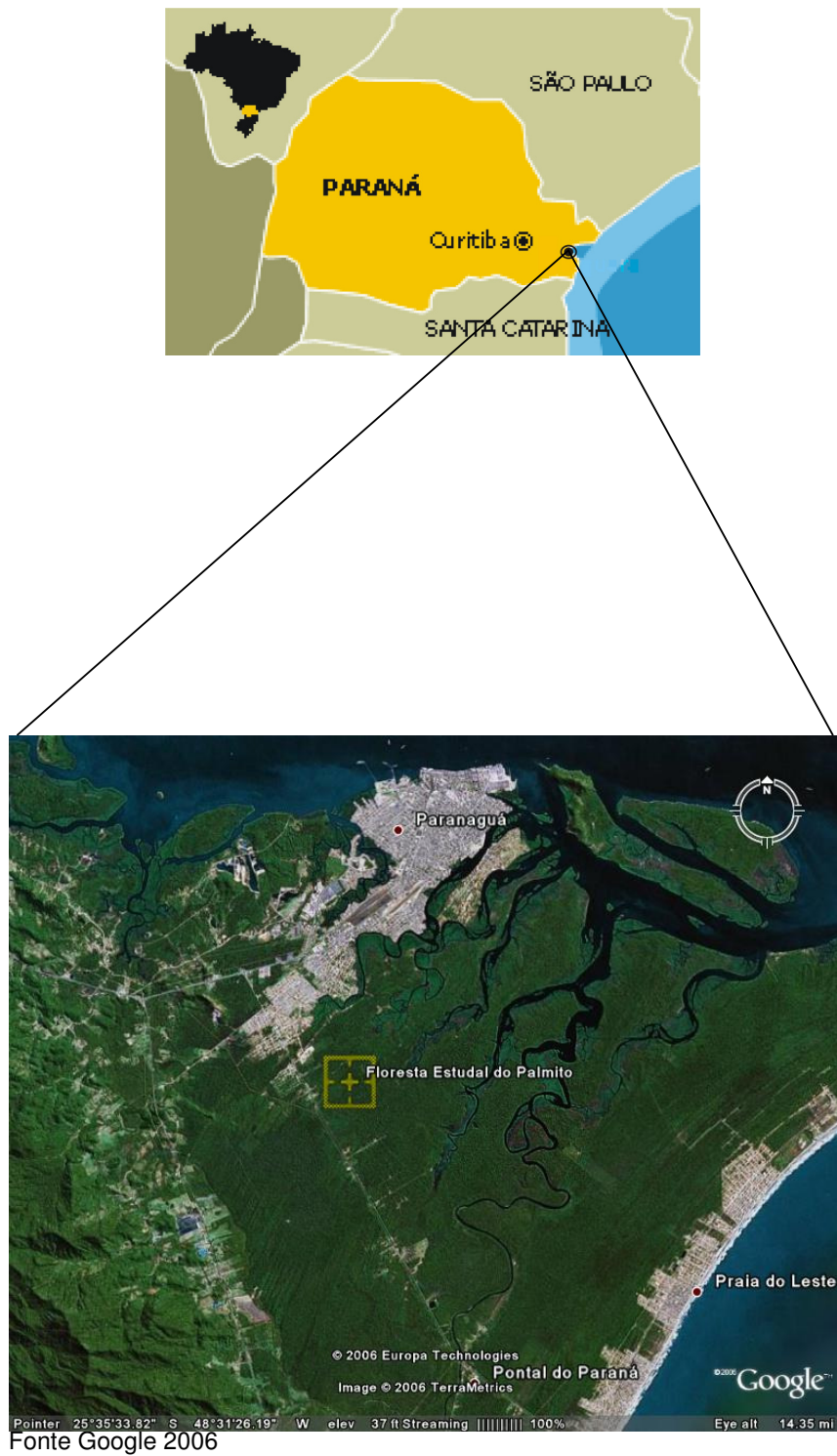
## **4 MATERIAL E MÉTODOS**

### **4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO**

#### **4.1.1 Localização e Clima**

A área de estudo encontra-se dentro da Floresta Estadual do Palmito, uma unidade de conservação com uma área de 530 ha inseridos sobre a planície costeira. Foi criada através do decreto 4.493 de 17/06/1998, sendo administrada pelo Instituto Ambiental do Paraná (IAP). Está localizada na rodovia PR-047, município de Paranaguá-PR, entre as coordenadas 25°34'/25°34'40" de latitude Sul e 48°33'44"/48°31'12" de longitude a Oeste de Greenwich (FIGURA 4.1).

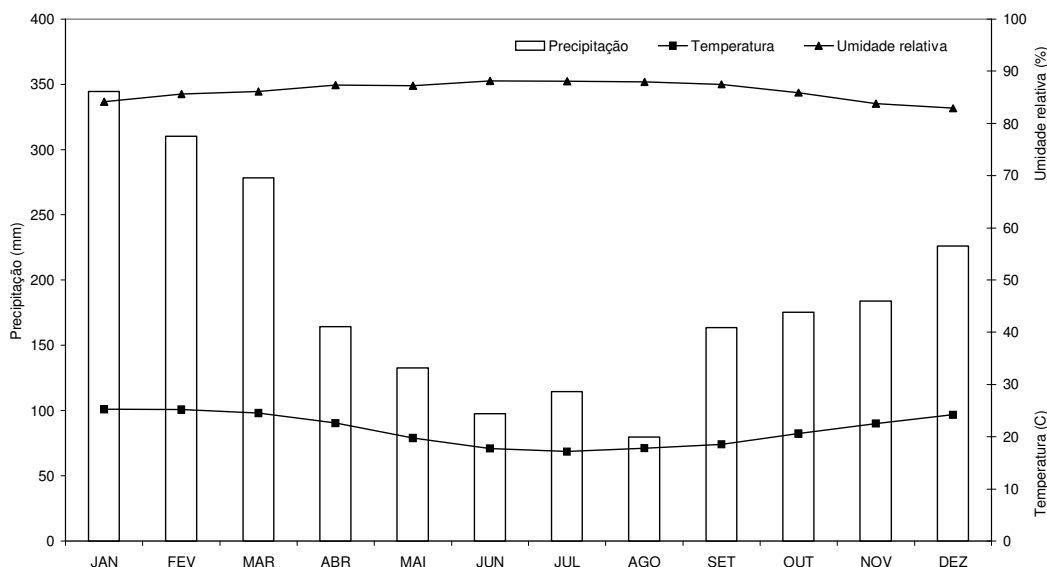
FIGURA 4.1 - LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO – FLORESTA ESTADUAL DO PALMITO, PARANÁGUÁ, PARANÁ.



O clima da região é tipo Af, segundo classificação de Koeppen, caracterizado como tropical chuvoso, com temperatura média anual de 21<sup>o</sup> C, sem estação seca, isento de geada e com precipitação variando entre 2.000 e 3.000 mm (IAPAR, 1978). A altitude das áreas varia entre 4 e 6 m a.n.m.

Dados climáticos de 1976 a 2006 de Paranaguá, fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) mostram que para o período de 30 anos a temperatura média anual foi de 21,5<sup>o</sup> C, sendo a média das temperaturas máximas igual a de 25,2<sup>o</sup> C, registrada nos meses de janeiro e fevereiro, e a média das mínimas registradas de 17,2<sup>o</sup> C, no mês de julho. Para a precipitação, o total anual médio foi de 2240,1 mm, sendo janeiro, fevereiro e março os meses mais chuvosos; junho e agosto apresentaram as menores médias (FIGURA 4.2).

FIGURA 4.2 - VARIAÇÕES MÉDIAS DA PRECIPITAÇÃO, TEMPERATURA E UMIDADE RELATIVA OCORRIDAS DE 1976 A 2006 EM PARANAGUÁ.



Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET)

#### 4.1.2 Descrição e histórico de pesquisa das áreas de estudo

As áreas de estudo foram inicialmente instaladas em 1994 para investigações sobre as relações solo-vegetação em diferentes fases da sucessão secundária da Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas. Naquela ocasião, foram selecionadas três áreas de estudo, alocadas cada uma em uma tipologia florestal



distinta, com idades estimadas em 12, 25 e 50 anos (ano de referência 1994), conforme relato de morador local (“Seu Catuto”), que trabalhou muitos anos na Floresta Estadual do Palmito, quando esta ainda pertencia a Reflorestadora Banestado. Cada área foi composta por dez subparcelas de 100 m<sup>2</sup>, com o objetivo de se fazer à caracterização fitossociológica das mesmas. Nestas áreas, além da caracterização fitossociológica, foi feita caracterização morfológica, física e química dos solos (horizontes orgânicos e minerais); monitoramento da deposição de serapilheira e ensaio de decomposição de serapilheira com o uso de saquinhos de decomposição (WISNIEWSKI et al., 1997; WISNIEWSKI; MARQUES; DICKOW, 1999).

Em 1997, após curto período de desativação das parcelas de estudo, foi retomado o monitoramento da deposição de serapilheira, inclusive com a realização de um primeiro ensaio de lixiviação de nutrientes de material de serapilheira coletado nestas três áreas (MARQUES; GERUM; WISNIEWSKI, 1998). Este monitoramento permitiu a obtenção de uma base de dados muito importante sobre a dinâmica de aporte de fitomassa e nutrientes sobre o solo nas tipologias florestais (GRAF NETO; MARQUES; ROCHA, 2002; ROCHA et al., 2002; MARQUES; ROCHA; PINTO, 2003; PINTO; MARQUES, 2003).

Em 2001, outros estudos de decomposição de serapilheira e liberação de nutrientes foram realizados nas diferentes parcelas de estudo (MARQUES et al., 2002a; ROCHA; MARQUES; CINTRA, 2003).

Foram realizados também estudos sobre a microbiota do solo (PEÑA, 2002) e mais especificamente sobre a respiração microbiana do solo (LIMA; VIEIRA; MARQUES, 2001; PEÑA; JAHNEL; MARQUES, 2001).

Entre 1997 e 2000, duas investigações com pulverização de água deionizada foram realizadas para avaliar a lavagem/lixiviação de nutrientes de material de serapilheira (DICKOW; MARQUES, 1998; DICKOW; MARQUES; WISNIEWSKI, 1999 e DICKOW; MARQUES, 1999) e de material de folhas e ramos verdes de diferentes espécies arbóreas (PINTO; MARQUES, 2001).

Em fevereiro de 2000, foram instalados os primeiros pluviômetros para monitoramento das águas de precipitação externa e interna à floresta (vide item 4.2.1), os quais geraram alguns dados parciais sobre a dinâmica hidrológica ao longo do tempo e sobre a composição química destas soluções (PIAZZA;

MARQUES; BERTÉ, 2002; MARQUES et al. 2002b; BERTÉ; MARQUES; PIAZZA, 2003; BERTÉ et al., 2003).

Em dezembro de 2000, devido a tempestades de verão, muitas árvores tombaram na parcela de estudo na tipologia florestal avançada. Isto descaracterizou um pouco a vegetação para aquele estágio sucessional. Em função disto e também por estar sendo iniciada uma nova fase de pesquisa com o monitoramento da solução do solo, decidiu-se por relocar a parcela de estudo do estágio avançado em área contígua, na qual não havia ocorrido o tombamento de árvores. Assim, em março de 2001, as parcelas de estudo foram novamente demarcadas. Em cada uma das diferentes tipologias florestais, foram instaladas 10 subparcelas de 100 m<sup>2</sup>, formando parcelas de estudo de 1000 m<sup>2</sup>. A parcela que passou a receber a denominação “Fase Inicial” ficou praticamente na mesma posição da parcela instalada em 1992. A parcela da “Fase Intermediária” teve suas subparcelas deslocadas um pouco em relação à posição original e a parcela da “Fase Avançada” foi alocada em nova posição, mas ainda dentro da mesma tipologia florestal.

A partir de junho de 2001 foi refeita a caracterização fitossociológica das “novas” parcelas de estudo (TABELA 4.1) e iniciaram-se também estudos de dispersão de sementes e avaliação da regeneração florestal (Dados não publicados).

Nesta nova delimitação das parcelas de estudo, foi instalado um número maior de coletores de serapilheira (ROCHA 2006), foram instaladas cápsulas para monitoramento da solução do solo (SCHWARZBACH, 2005) e também piezômetros para monitoramento da solução do lençol freático, um número maior de coletores de precipitação interna e um novo coletor de precipitação externa (vide itens 4.2.1, 4.2.2 e 4.2.3).

Com a instalação dos piezômetros, foi detectado que o lençol freático da “Fase Avançada” estava mais próximo da superfície do solo do que nas outras duas áreas de estudo, o que poderia gerar um fator adicional (além da idade florestal) de interferência na dinâmica hidrológica e dos nutrientes nesta floresta avançada.

Desta forma, a terminologia “fases sucessionais” não vem sendo mais usada nos trabalhos mais recentes realizados nas parcelas de estudo da Floresta Estadual do Palmito. Esta terminologia foi substituída por “tipologias florestais” e as três diferentes áreas de estudo passaram a ser denominadas Tipologia Florestal Inicial

(TF INI), Tipologia Florestal Média (TF MED) e Tipologia Florestal Avançada (TF AVA).

Nesta nova situação de localização, foram realizadas novas caracterizações do solo superficial (vide item 4.1.4).

De 2002 até 2005, deu-se continuidade ao monitoramento da deposição de serapilheira e da dinâmica hidrológica. A partir de 2003, com o início do PROJETO SOLOBIOMA, foram realizados novos estudos de acumulação/decomposição de serapilheira e morfologia dos horizontes orgânicos do solo e também alguns estudos sobre a biota do solo (dados ainda não publicados).

O detalhamento das parcelas de estudo e das metodologias empregadas neste trabalho é descritos na seqüência.

#### 4.1.3 Caracterização da Vegetação das áreas de estudo

A vegetação original que recobria a área de estudo corresponde à Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas (IBGE, 1992). Atualmente, como resultado de intervenções antrópicas, a vegetação encontra-se fragmentada, com diferentes estágios sucessionais.

As áreas de estudo deste trabalho, conforme comentado anteriormente, foram selecionadas inicialmente para representarem estágios distintos de uma sucessão florestal. Hoje, após algumas pesquisas realizadas nestas áreas, acredita-se que as parcelas de estudo não pertençam à mesma sucessão ecológica, mas sim representem tipologias distintas quanto à idade, diversidade florística e estrutura fitossociológica. O histórico de uso das áreas (conforme relato do morador local citado anteriormente) pode ser resumido da seguinte maneira:

- A Tipologia Florestal Inicial teria sofrido dois cortes rasos sucessivos, sendo o último realizado há cerca de 24 anos atrás. Vestígios (pequenos fragmentos de carvão) indicam que foram realizadas queimadas nesta área e sabe-se que foram realizados cultivos agrícolas, como mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) por cerca de 4 anos.
- A Tipologia Florestal Média teria sido cortada apenas uma vez há cerca de 37 anos atrás, sendo também cultivada por curto período e depois abandonada.

- A Tipologia Florestal avançada não teria sido totalmente derrubada, sofrendo apenas retirada seletiva de madeira, apresentando, portanto, idade indefinida.

A seguir é descrita a caracterização das três tipologias segundo WISNIEWSKI et al. (1997), descrição esta que se refere à situação das parcelas de estudo no ano de 1994.

A TF INI apresenta fisionomia herbáceo/arbustiva de porte baixo, com cobertura vegetal variando de fechada a aberta, com ausência de sub-bosque. Apresenta espécies lenhosas com distribuição diamétrica de pequena amplitude. As epífitas, presentes com baixa diversidade, são representadas principalmente por líquens, briófitas e pteridófitos. Esta tipologia apresenta uma camada de serapilheira fina pouco decomposta, sendo que em alguns pontos o solo encontra-se descoberto, ou coberto por líquens fruticolosos conhecidos por veludo (*Cladonia* sp). A diversidade biológica é variável, com poucas espécies arbóreas ou arborescentes, podendo apresentar plântulas de espécies características de outros estágios. Apresenta, ainda, abundância de espécies pioneiras. Das espécies encontradas, são quatro as que mais se destacam nesta tipologia: a caúna (*Ilex theezans*), apresentando valor de importância (VI) de 159,6 e sendo encontrada nas três áreas; vermelho (*Ternstroemia brasiliensis*) com VI de 29,2, que como a caúna, também foi registrado nas três áreas; jacarandá-lombriga (*Andira anthelminthica*) com VI de 27,9 tem uma contribuição significativa na deposição da serapilheira; canela-lageana (*Ocotea pulchella*) com VI de 16,5. Nesta tipologia também é observado que quanto mais profundo o lençol freático, menor é o número de espécies ocorrentes (FIGURA 4.3 A).

A TF MED apresenta-se bem mais desenvolvida que a Inicial, com fisionomia arbórea e/ou arbustiva predominando sobre a herbácea, podendo ser observado uma estratificação do dossel, como também presença de sub-bosque. A cobertura arbórea varia de aberta a fechada, com ocorrência de indivíduos emergentes. Nesta tipologia, as epífitas aparecem em maior número de indivíduos e de espécies quando comparada à TF INI, devido ao sombreamento e umidade característicos desta tipologia. A serapilheira é presente e significativa nesta tipologia, formando camadas de espessuras variadas de acordo com as estações do ano e a localização. Diferente da TF INI, a MED apresenta uma diversidade biológica

bastante significativa. As espécies com maior VI são a caúna (*Ilex theezans*) (72,9); vermelho (*Ternstroemia brasiliensis*) (31,65); capororocão (*Rapanea umbellata*) (29,9); papagoela (*Gomidesia schauerina*) (29,7). O que chama atenção nesta da tipologia é a entrada da cupiúva (*Tapirira guianensis*) e do guanandi (*Calophyllum brasiliense*), que compõe o estrato superior na TF AVA (FIGURA 4.3 B).

Na TF AVA, a fisionomia arbórea é dominante, formando um dossel fechado e relativamente uniforme, com presença de indivíduos emergentes e com diferentes graus de intensidade. O sub-bosque é menos expressivo do que na TF MED, a serapilheira é abundante e as epífitas ocorrem em grande número de espécies e com grande abundância. O sub-bosque é ainda caracterizado fisionomicamente pela guaminhova (*Geonoma* cf. *elegans*). A diversidade biológica nesta tipologia é muito grande, devido à complexidade estrutural, podendo a floresta neste estágio apresentar fisionomia semelhante à vegetação primária. A diversidade nesta tipologia é muito superior as anteriores. O estrato superior é caracterizado principalmente pela ocorrência de cupiúva (*Tapirira guianensis*), canela ponta-de-lança (*Ocotea aciphylla*), jacarandá-lombriga (*Andira anthelminthica*), canela lageana (*Ocotea pulchella*), palmito (*Euterpe edulis*), guanandi (*Calophyllum brasiliense*), guamirim chorão (*Myrcia* sp) e capororocão (*Rapanea umbellata*). No segundo estrato as espécies de maior importância são guapiranga (*Myrtaceae*), palmito (*Euterpe edulis*), pau-de-macaco (*Euphorbiaceae*), canela-cinza (Lauraceae), capororoquinha (*Ardisia guianensis*) e o vermelho (*Ternstroemia brasiliensis*). Neste estrato é significativo o número de árvores mortas, mostrando a saída da caúna do processo sucessional (FIGURA 4.3C).

FIGURA 4.3 – ESTRUTURAS DAS TIPOLOGIAS INICIAL (A), MÉDIA (B) E AVANÇADA (C) NA FLORESTA ESTADUAL DO PALMITO, PR.



Para garantir que todas as tipologias se encontrassem sobre a mesma classe de solo foi realizado um levantamento expedito de solos (WISNIEWSKI et al. 1997).

A partir de março de 2001, as parcelas de estudo, mais especificamente algumas subparcelas da TF MED e todas as subparcelas da TF AVA, mudaram de posição no campo. Na ocasião foi feita nova caracterização fitossociológica da vegetação, cujo resultado resumido, em termos de valor de importância das espécies (VI) é apresentado na TABELA 4.1.

TABELA 4.1 - RELAÇÃO DAS ESPÉCIES MAIS REPRESENTATIVAS DAS TIPOLOGIAS EM ESTUDO NA FLORESTA DO ESTADUAL DO PALMITO E SEUS RESPECTIVOS VALORES DE IMPORTÂNCIA (VI) DOMINÂNCIA ABSOLUTA (DomA).

Tipologia	Espécie	1992*		2001**	
		DomA	VI	DomA	VI
INI	<i>Ilex theezans</i>	3,58	159,56	16,43	174,5
	<i>Ternstroemia brasiliensis</i>	0,41	29,24	2,67	37,92
	<i>Andira anthelminthica</i>	0,74	27,85	1,66	21,79
	<i>Ocotea pulchella</i>	0,17	16,54	0,50	15,79
	<i>Psidium cattleianum</i>	0,03	10,66	0,17	6,54
	<i>Gomidesia schaueriana</i>	0,03	4,32	0,54	8,14
	<i>Ocotea aciphylla</i>	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.
	<i>Calophyllum brasiliense</i>	n.o.	n.o.	0,08	3,25
MED	<i>Ilex theezans</i>	12,62	72,88	16,564	102,56
	<i>Ternstroemia brasiliensis</i>	3,85	31,65	0,65	14,52
	<i>Gomidesia schaueriana</i>	3,07	29,65	3,20	40,42
	<i>Myrsine venosa</i>	2,56	29,99	1,87	29,75
	<i>Andira anthelminthica</i>	6,64	26,92	3,60	21,90
	<i>Ocotea pulchella</i>	1,51	13,25	0,67	12,04
	<i>Clusia criuva</i>	1,18	14,41	0,35	12,10
	<i>Psidium cattleianum</i>	0,41	10,37	0,17	5,47
AVA	<i>Calophyllum brasiliense</i>	0,16	7,99	0,42	3,64
	<i>Tapirira guianensis</i>	6,57	29,08	3,28	18,69
	<i>Geonoma elegans</i>	0,97	27,64	n.o.	n.o.
	<i>Ocotea aciphylla</i>	4,85	20,47	2,94	16,90
	<i>Andira anthelminthica</i>	3,30	18,21	1,54	17,41
	<i>Ocotea pulchella</i>	3,85	16,56	4,75	28,14
	<i>Euterpe edulis</i>	1,59	12,44	0,87	18,14
	<i>Calophyllum brasiliense</i>	1,56	9,38	0,07	3,44
	<i>Ternstroemia brasiliensis</i>	0,51	6,93	n.o.	n.o.
	<i>Ilex theezans</i>	0,54	4,74	1,19	11,73
	<i>Manilkara subsericea</i>	1,05	4,44	n.o.	n.o.
	<i>Clusia criuva</i>	0,66	4,36	n.o.	n.o.

\*WISNIEWSKI et al (1997) \*\* RAMOS et al (dados não publicados) n.o. não observado

#### 4.1.4 Caracterização Solos

Segundo WISNIEWSKI et al. (1997), todas as áreas estão situadas sobre Espodosolo, no entanto eles diferem entre si na espessura e profundidade de ocorrência dos horizontes, também diferem quanto ao grau de consistência do horizonte E e profundidade do lençol freático, o qual se encontra mais próximo da superfície na tipologia Avançada (SCHWARZBACH, 2005).

Na TABELA 4.2 nota-se que a análise granulométrica indica um solo arenoso, com teores de areia do horizonte superficial (0 – 10 cm) variando entre 78 e 84%, dependendo da tipologia considerada. O solo apresenta-se ácido em todo o perfil com valores de pH da ordem de 3,2 para o horizonte A, 3,9 para o horizonte E e 3,7 para Bh. A saturação por bases varia entre 8 e 16% no horizonte A e 14,9 a 22,4% no Bh (TABELA 4.4). Os teores de carbono são da ordem de 43,9 g. L<sup>-1</sup> nas tipologias Inicial e Avançada e da ordem de 66,8 g. L<sup>-1</sup> na TF MED (TABELA 4.3).

A espessura da camada orgânica difere com a idade da floresta. Na TF INI a espessura varia de 0,3 a 2,7 cm, com predominância de horizontes L (0,3 -1,4 cm), apresentando três subdivisões e F (0,4 -1,5 cm) com presença de raízes. A variação na espessura da camada orgânica na TF MED é de 4,2 a 9,4 cm, com variações dentro dos horizontes de 0,5-2,4 cm para L, 1,2-2,5 cm em F e 2,1-5,3 cm no horizonte H. Metade das amostras coletadas nesta tipologia apresentavam Ln e Lv “entrelaçados, imbricados”, sendo difícil distinguir e separar um horizonte do outro; presença de raízes é observado nos horizontes F e H. Na TF AVA a espessura varia de 3,7 a 7,4 cm, com horizonte L variando de 0,2-1,2 cm, F de 0,7-2,0 e H de 1,2-5,1 cm. Como observado na TF MED, na TF AVA os horizontes Ln e Lv também encontram-se “entrelaçados”. De uma maneira geral em TF MED e TF AVA, os horizontes F e H apresentam de 2 a 3 subdivisões, caracterizando diferentes tipos de materiais orgânicos. Apesar do pequeno aumento de espessura verificado da tipologia Intermediária para a TF AVA, 4 cm somente, o peso da massa orgânica na TF AVA duplicou em relação à TF MED, evidenciando maior densidade de organismos e raízes (TABELA 4.5).



TABELA 4.2 - GRANULOMETRIA DO HORIZONTE A DE TIPOLOGIAS VEGETAIS NA FLORESTA DO ESTADUAL DO PALMITO, PR

TIPOLOGIA	Areia	Silte	Argila
	-----%-----		
Inicial	84	12	4
Intermediária	84	12	4
Avançada	78	19	3

Fonte: WISNIEWSKI et al. (1997).

TABELA 4.3 - CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DO SOLO (PROFUNDIDADE 0-5 CM) DE TIPOLOGIAS VEGETAIS NA FLORESTA DO ESTADUAL DO PALMITO, PR

Tipologia	PH		Al <sup>3+</sup>	H <sup>+</sup> +Al <sup>3+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	SB	T	P	C	V	m
	CaCl <sub>2</sub>	SMP											
INI	3,5	5,4	0,7	8,5	0,9	0,7	0,1	1,7	10,2	4,1	43,9	16,3	29,8
MED	3,1	5,0	1,1	11,4	0,2	0,2	0,1	0,4	11,8	3,1	38,7	3,6	72,7
AVA	3,1	4,3	1,8	23,0	1,0	0,9	0,1	2,0	25,0	5,7	66,8	8,2	48,7

Fonte: Projeto Solobioma (2006)

TABELA 4.4 - CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DE DIFERENTES HORIZONTES DO SOLO DE TIPOLOGIAS VEGETAIS NA FLORESTA ESTADUAL DO PALMITO, PR

Tipologia	Horiz	pH	Al <sup>3+</sup>	H <sup>+</sup> +Al <sup>3+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	T	P	C	V	m
INI	A	3,7	0,6	4,8	6,2	2,2	0,05	5,7	9,9	58,2	16,5	38,6
	E	4,2	0,02	1,5	2,5	1,8	0,004	2,00	1,3	12,3	6,0	2,7
	Bh	3,9	1,8	9,4	28	1,8	0,05	10,0	5,5	71,8	22,4	72,7
MED	A	3,0	1,2	9,3	5,3	1,0	0,07	10,0	11,3	111,7	8,2	60,1
	E	4,0	0,1	1,6	2,3	1,2	0,007	1,9	1,0	23,2	4,7	14,9
	Bh	4,0	1,9	7,9	1,8	1,2	0,5	8,2	4,7	127,3	18,4	83,1
AVA	A	3,0	0,9	8,4	3,4	4,4	0,07	9,3	13,8	65,2	9,5	50,3
	E	3,6	0,2	2,1	2,1	1,5	0,01	2,4	4,2	18,7	2,9	30,1
	Bh	3,1	3,3	16,6	2,6	1,9	0,01	17,1	5,6	174,8	14,9	86,6

Fonte: WISNIEWSKI et al. (1997).

TABELA 4.5 - ESPESSURA DO HORIZONTE ORGÂNICO E QUANTIDADE ACUMULADA DE MATÉRIA ORGÂNICA EM TIPOLOGIAS VEGETAIS NA FLORESTA ESTADUAL DO PALMITO, PR

TIPOLOGIA	Inicial	Intermediária	Avançada
Espessura (cm)	0,3-2,7	4,2-9,4	3,7-7,4
Quantidade (Mg.ha <sup>-1</sup> )	8,8	71,4	146,9

Fonte: WISNIEWSKI et al. (1997).

## 4.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

### 4.2.1 Precipitação Pluviométrica

A precipitação pluviométrica externa à floresta ou precipitação total (PT) foi coletada com auxílio de pluviômetro padrão modelo “Ville de Paris”, confeccionado

em aço inox (FIGURA 4.4). Este pluviômetro foi instalado próximo às parcelas florestais, em outubro de 2002. Antes desta data, foi utilizado pluviômetro composto por funil de polietileno acoplado a um recipiente plástico, o qual foi substituído por apresentar perda d' água por evaporação entre os períodos de coleta. Os dados de PT, para este período foram, assim, estimados por equação de regressão entre PT e PI AVA, estabelecidas com dados posteriores a outubro de 2002, gerando a seguinte fórmula:

$$PT = 1,0387 * \text{Média PI AVA (mm)} + 14,5$$

$$R^2 = 0,94$$

onde:

PT= precipitação total

Média PI AVA= média da precipitação interna na tipologia avançada

A precipitação interna (PI), água que atravessa o dossel e goteja na superfície do solo, foi monitorada pelo uso de pluviômetros do tipo canaleta de PVC com 150 cm x 11,5 cm (0,1725 m<sup>2</sup>), fixos sobre suportes a 1,0 m de altura da superfície do solo e conectados, através de mangueiras, a tambores de plástico (55 litros), onde a água ficava estocada durante o período entre as coletas (FIGURA 4.5). Eram três pluviômetros por tipologia até o mês de outubro de 2002, passando a cinco a partir dessa data, distribuídos aleatoriamente em cada tipologia de estudo. As amostragens das soluções (PT e PI) foram realizadas a cada 21 dias, entre junho de 2000 e dezembro de 2004, totalizando quatro anos e meio de estudo. No caso da precipitação total, media-se o volume precipitado com auxílio de uma proveta e retirava-se uma amostra (125 ml) para as posteriores análises químicas. No caso da precipitação interna, media-se a altura da lâmina d'água dentro do tambor e retirava-se também uma amostra para análises. Após a retirada das amostras, pluviômetros e tambores eram escovados e lavados com água deionizada.

FIGURA 4.4 - PLUVIÔMETRO



FIGURA 4.5 - COLETOR DE PRECIPITAÇÃO INTERNA (PI)



Para a obtenção do volume precipitação total (PT), utilizou-se a seguinte fórmula:

$$PAT = 0,03017 \times VL$$

Onde:

PAT = precipitação acumulada total (mm)

VL = volume em litros

0,03017 = área do coletor (m<sup>2</sup>)

A obtenção do volume de PI foi conforme a equação abaixo:

$$VL = 0,96 \times H + 1,517$$

Onde:

VL = volume em litros

H = altura lâmina de água no tambor (cm)

A transformação do volume estocado em precipitação acumulada (mm), deu-se pela fórmula abaixo:

$$PAI = 0,725 \times VL$$

Onde:

PAI = precipitação acumulada interna (mm)

VL = volume em litros

0,725 = área do coletor ( $m^2$ )

Na quantificação da interceptação pelas copas das árvores, empregou-se a equação:

$$I = PAT - PAI$$

Onde:

I = interceptação (mm)

PAT = precipitação total (mm)

PAI = precipitação interna (mm)

As estimativas de dados perdidos de PI foram obtidas através das seguintes equações de regressão:

$$PI\ INI = 0,8832 \times PT\ (mm) - 1,5565$$

$$R^2 = 0,97$$

$$PI\ MED = 0,9498 \times PT\ (mm) - 7,6363$$

$$R^2 = 0,98$$

$$PI\ AVA = 0,9009 \times PT\ (mm) - 5,5801$$

$$R^2 = 0,94$$

Para transformar as concentrações dos elementos em  $kg \cdot ha^{-1}$ , foi utilizado a seguinte fórmula:

$$Q = (C \times V) / 100, \text{ onde}$$

Q = quantidade dos elementos ( $kg \cdot ha^{-1}$ )

C = concentração elementos ( $\mu mol_c L^{-1}$ )

V = volume da precipitação (mm)

As amostras coletadas no campo eram enviadas, em frascos plásticos, para o Laboratório em Curitiba, onde ficavam armazenadas em geladeira até a realização das análises.

#### 4.2.2 Solução de Solo

Os extratores de solução do solo (SS) foram instalados em maio de 2002. Para tanto, o solo foi perfurado verticalmente com auxílio de um trado calador com diâmetro de 25 mm. Nos buracos foram inseridas as cápsulas extratoras (FIGURA 4.6). Durante a instalação, nas tipologias MED e AVA foi necessária a retirada da espessa camada orgânica, para facilitar a identificação do início do horizonte mineral, para medir, a partir deste ponto, as profundidades de 15 cm e 40 cm desejadas. Em todas as parcelas de estudo foi tomado o cuidado de se retornar o solo correspondente a cada profundidade, pelas laterais do extrator já inserido no buraco, com o auxílio de água deionizada, para preencher possíveis lacunas formadas entre a parede do extrator e do buraco. Em seguida foi recolocada a camada orgânica em seu lugar de origem. Foram instalados 6 pares de extratores em cada tipologia, sendo cada par formado por uma cápsula a 15 cm e outra a 40 cm de profundidade, distantes cerca de 1,0 m entre si. Os pares foram distribuídos aleatoriamente, através de sorteio, em seis das 10 subparcelas que compõem cada parcela de estudo.

FIGURA 4.6 - DISTÂNCIA ENTRE COLETORES DE SOLUÇÃO DE SOLO E DETALHE DA CÁPSULA POROSA



As soluções foram extraídas com auxílio de bomba de vácuo manual, a qual era acoplada ao extrator, aplicando-se uma tensão de cerca de  $-500$  mmHg. Normalmente, quando havia água disponível no solo, obtinha-se a solução após

alguns minutos de aplicação do vácuo. Nas ocasiões em que não se conseguia obter solução no momento da coleta, o vácuo era aplicado permanecendo nas cápsulas até a coleta posterior. Em várias ocasiões, ao retornar ao campo, passados 21 dias, encontrou-se os frascos de coleta com solução resultante da tensão que havia ficado na cápsula. Em outras ocasiões, certamente pela ausência de chuvas durante o intervalo entre coletas, os frascos permaneceram vazios. O período de coleta foi de 12/09/2002 a 26/12/2004.

As amostras foram armazenadas em geladeira para posteriores análises químicas, que foram realizadas no Laboratório de Biogeoquímica e Nutrição de Plantas (LABINP), no Departamento de Solos e Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Paraná.

#### 4.2.3 Soluções de lençol freático

Com o intuito de conhecer a composição química das soluções do lençol freático (LF), piezômetros foram instalados em junho de 2002, em número de três em cada tipologia florestal. Consistem de um tubo de PVC com 100 mm de diâmetro e 3 m de comprimento, enterrado no solo verticalmente até a profundidade de 2,5 m sem perfurações laterais para que a solução coletada fosse correspondente a profundidade de 2,5 m da extremidade de entrada. Durante a instalação foi constatado que as profundidades em que se encontravam os lençóis eram diferentes entre as tipologias, encontrando-se mais próximo à superfície na TF AVA. As soluções do lençol freático foram coletadas durante o período de setembro de 2002 a dezembro de 2004.

#### 4.2.4 Análises químicas

Para a caracterização da composição químicas das soluções de PT e PI foram medidos: pH,  $\text{NO}_3^-$ -N,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$  e  $\text{S-SO}_4^{-2}$  nas soluções. Para solução de solos foram realizadas as mesmas determinações analíticas e, adicionalmente  $\text{Al}^{3+}$  e Si. Fosfato não foi detectado em nenhuma das soluções. Alumínio não foi detectado nas soluções de precipitação.

As medidas de pH foram realizadas em aparelho WTW 340i. O  $\text{NO}_3^-$ -N foi

analisado por espectrofotometria de absorção ultravioleta segundo NORMAN e STUCKI (1981) em equipamentos Shimadzu UV-VIS 1600 e Shimadzu UV-VIS 1240-Mini. As determinações de  $\text{Cl}^-$  foram realizadas por colorimetria conforme metodologia descrita por TEDESCO et al. (1995), também em equipamento Shimadzu UV-VIS 1240-Mini. Para  $\text{Na}^+$  e  $\text{K}^+$  utilizou-se a espectrofotometria de emissão, em equipamento Perkin Elmer 2380 para amostras do período de julho de 2000 a julho de 2003, fotômetro de chama para as amostras de agosto de 2003 a dezembro de 2004 e  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ , Si e  $\text{Mn}^{2+}$  foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica em espectrofotômetro Shimadzu AA-6200.

Para as análises químicas do ano de 2004, as diferentes repetições de cada compartimento (PT, PI, SS 15 e SS 40) foram agrupadas dentro de cada tipologia florestal (INI, MED e AVA).

#### 4.2.5 Análises estatísticas

Para caracterizar as diferenças de composição química das soluções de precipitação entre as diferentes tipologias florestais, adotou-se o delineamento inteiramente casualizado, sendo os tratamentos representados pelas tipologias. Para as soluções do solo, o delineamento adotado foi também o inteiramente casualizado, sendo os tratamentos representados, separadamente, ou pelas diferentes tipologias florestais ou pelas diferentes profundidades de amostragem. Ou seja, comparações entre médias, quando realizadas, foram feitas entre valores obtidos para diferentes tipologias florestais e para uma mesma profundidade, ou entre diferentes profundidades para uma mesma tipologia florestal. Foram realizados testes de comparações de médias (Teste Tukey), precedidos pelo teste de Bartlett para testar a homogeneidade de variância, sendo os dados transformados quando necessário.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA E INTERCEPTAÇÃO PELA VEGETAÇÃO

Na TABELA 5.1 estão expostos os valores de PT, PI e interceptação. O ano com maior volume precipitado foi o de 2004, com 3204 mm de chuva, e o ano que apresentou menores valores de precipitação foi o de 2003, com 1830 mm. Os maiores valores observados para o ano de 2004 foram um pouco superiores aos obtidos por NALON & VELLARDI (1992), 3068 mm no ano mais chuvoso, em experimento em floresta secundária pouco degradada, próxima de Cubatão-SP. BRITZ (1994), trabalhando em áreas de restinga na Ilha do Mel observou valores de PT de 2262 mm no segundo ano de experimento, valor muito inferior ao observado no presente estudo, considerando o ano de maior volume precipitado. SCHEER (2006), em Floresta Densa Aluvial em regeneração, em Guaraqueçaba-PR, observou valores de 2680 e 2671 mm, respectivamente para o primeiro e segundo ano. Estes volumes estariam mais próximos aos observados durante o ano de 2002, sendo ainda inferiores aos observados no ano de 2004.



TABELA 5.1 - VALORES DE PT E PI (mm), INTERCEPTAÇÃO (I) EM TIPOLOGIAS VEGETAIS NA FLORESTA ESTADUAL DO PALMITO, PR

Data	PT		INICIAL				MÉDIA				AVANÇADA			
	(mm)	%	Precip. interna		Interceptação		(mm)	%	Precip. interna		Interceptação		(mm)	%
			(mm)	%	(mm)	%			(mm)	%	(mm)	%		
INV 2000	534,67	88,53	473,33	61,34	11,47	396,71	74,20	137,95	25,80	409,23	76,54	125,43	23,46	
PRI 2000	433,51	91,05	394,69	38,82	8,95	357,77	82,53	75,74	17,47	330,32	76,20	103,19	23,80	
TOTAL ANUAL	968,18	89,65	868,02	100,16	10,35	754,49	77,93	213,69	22,07	739,55	76,39	228,62	23,61	
VER 2001	692,91	83,52	578,71	114,19	16,48	576,86	83,25	116,05	16,75	546,43	78,86	146,47	21,14	
OUT 2001	765,40	91,86	703,08	62,32	8,14	658,37	86,02	107,03	13,98	599,75	78,36	165,65	21,64	
INV 2001	308,93	86,15	266,13	42,80	13,85	260,57	84,35	48,36	15,65	230,70	74,68	78,23	25,32	
PRI 2001	565,20	91,92	519,54	45,66	8,08	511,74	90,54	53,46	9,46	440,32	77,91	124,88	22,09	
TOTAL ANUAL	2332,44	88,64	2067,46	264,97	11,36	2007,54	86,07	324,89	13,93	1817,21	77,91	515,22	22,09	
VER 2002	1014,00	99,83	1012,32	1,68	0,17	911,22	89,86	102,78	10,14	810,12	79,89	203,88	20,11	
OUT 2002	496,70	91,68	455,35	41,35	8,32	462,77	93,17	33,93	6,83	383,93	77,30	112,77	22,70	
INV 2002	263,68	84,93	223,93	39,75	15,07	221,80	84,12	41,88	15,88	190,08	72,09	73,60	27,91	
PRI 2002	683,94	88,88	607,91	76,03	11,12	626,46	91,60	57,48	8,40	532,41	77,84	151,53	22,16	
TOTAL ANUAL	2458,32	93,54	2299,51	158,81	6,46	2222,25	90,40	236,07	9,60	1916,53	77,96	541,79	22,04	
VER 2003	832,98	84,90	707,23	125,74	15,10	693,99	83,31	138,99	16,69	664,60	79,79	168,37	20,21	
OUT 2003	402,03	96,79	389,12	12,91	3,21	343,49	85,44	58,54	14,56	288,39	71,73	113,64	28,27	
INV 2003	373,08	78,03	291,12	81,96	21,97	341,58	91,56	31,50	8,44	317,30	85,05	55,78	14,95	
PRI 2003	221,67	90,93	201,57	20,10	9,07	219,38	98,97	2,29	1,03	178,75	80,64	42,91	19,36	
TOTAL ANUAL	1829,76	86,84	1589,05	240,71	13,16	1598,44	87,36	231,32	12,64	1449,06	79,19	380,70	20,81	
VER 2004	1252,73	86,20	1079,79	172,94	13,80	1110,67	88,66	142,06	11,34	1075,27	85,83	177,46	14,17	
OUT 2004	696,85	87,11	607,02	89,84	12,89	641,50	92,06	55,35	7,94	602,81	86,50	94,05	13,50	
INV 2004	501,49	77,37	388,01	113,48	22,63	423,63	84,47	77,86	15,53	426,97	85,14	74,52	14,86	
PRI 2004	752,63	85,51	643,56	109,07	14,49	661,16	87,85	91,47	12,15	661,75	87,92	90,88	12,08	
TOTAL ANUAL	3203,71	84,85	2718,38	485,33	15,15	2836,97	88,55	366,74	11,45	2766,80	86,36	436,91	13,64	
TOTAL	10792,40	88,42	9542,42	1249,98	11,58	9419,69	87,28	1372,72	12,72	8689,15	80,51	2103,25	19,49	

Com exceção do ano de 2001, quando os maiores volumes precipitados foram observados durante o outono, para os demais anos de estudo esse comportamento foi observado durante o verão, com valores muito altos, principalmente no ano de 2002 e 2004. Os menores volumes foram observados durante os invernos de 2001, 2002 e 2004 e na primavera em 2003. Este comportamento é o mesmo observado para os dados históricos dos últimos 30 anos na região de Paranaguá (FIGURA 4.2).

Durante todo o período de estudo, a precipitação que alcançou o piso florestal foi da ordem de 88,42; 87,27 e 80,51% de PT, respectivamente para as tipologias INI, MED e AVA. Comparando-se os anos avaliados, 2002 foi o que apresentou maior porcentagem de PI para INI (93,54%) e MED (90,40%), e 2004 para AVA (86,36%). Valores muito inferiores foram obtidos por MEGURO; VINUEZA & DELITTI (1979), em mata secundária na região metropolitana de São Paulo, onde cerca de 68% de PT alcançou o piso florestal. Valores um pouco superiores aos dos últimos autores foram obtidos por ARCOVA; CICCIO & ROCHA (2003), em área de Mata Atlântica, onde se observou 85% de precipitação interna durante o período chuvoso e 72% durante o período pouco chuvoso.

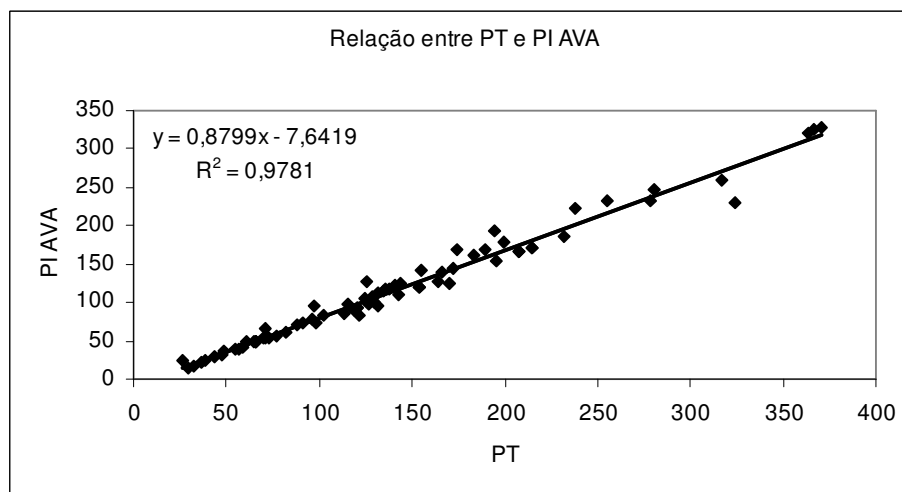
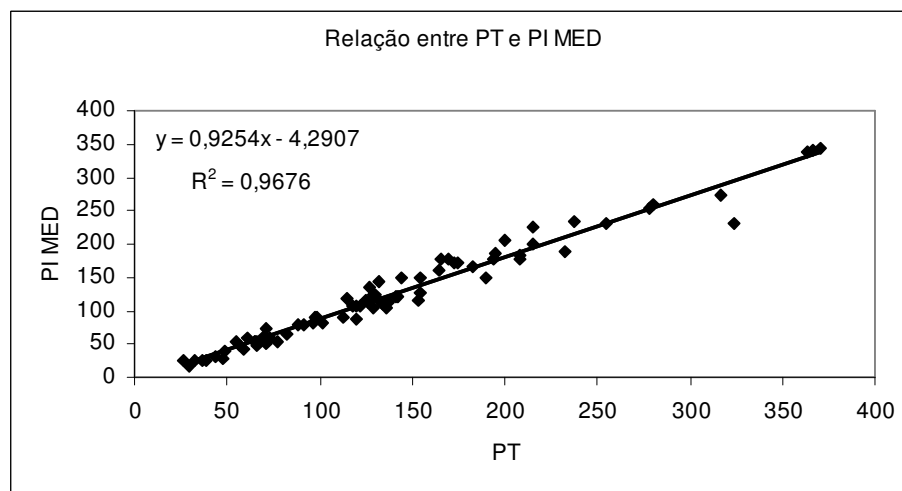
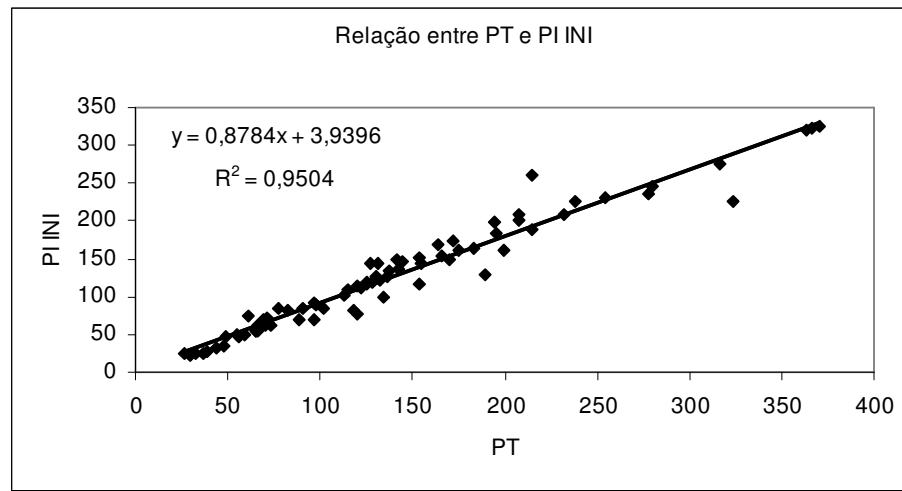
A interceptação da chuva pelo dossel depende de vários fatores, como características da precipitação e condições climáticas, tipo e densidade da vegetação e época do ano (TUCCI, 1993). No presente trabalho, a interceptação variou muito durante todo o período experimental, de 0,17%, durante o verão de 2002 (TF INI), a 28,27% no outono de 2003 (TF AVA). Observou-se, de uma maneira geral, que os maiores valores de interceptação ocorreram na TF AVA e os menores na TF INI. Observou-se também uma maior variação dos dados nesta última tipologia florestal, caracterizada por um dossel mais aberto e heterogêneo; as árvores que compõem esta parcela de estudo, além de apresentarem menor porte, estão mais espaçadas entre si, existindo, assim, pequenas clareiras dentro da floresta. A tipologia florestal AVA apresenta dossel mais desenvolvido e contínuo, o que resulta em maior retenção da precipitação pela vegetação e menor variação dos dados nas diferentes estações do ano.

SCHEER (2006), comparando capoeira com floresta, observou interceptações que estariam mais próximas das observadas nas tipologias INI e MED, em torno de 15 mm e 12 mm, respectivamente para capoeira e floresta.

Para alguns anos, a TF INI apresentou maior interceptação que a TF MED. Essas diferenças, possivelmente estão associadas a erros amostrais. Muitas vezes, nos períodos de coletas, um ou outro tambor de armazenamento estava com cano desconectado, havia transbordado ou mesmo sido danificado. Nesses casos não foi possível obter o volume acumulado correto; então foram geradas equações de regressão entre PT e PI para estimar esses valores perdidos (vide Material e Métodos, item 4.2.1). Assim, sub ou superestimação de valores pode ter ocorrido. Esse comportamento foi observado para todas as estações durante o ano de 2004, sendo nesse caso, devido ao grande volume precipitado. Neste ano de 2004 foi comum a ocorrência de tambores transbordados, principalmente em INI e MED, o que refletiu também nas concentrações de alguns elementos, como será discutido mais adiante.

A precipitação interna nas três tipologias estudadas apresentou estreita relação com a precipitação total. Foram obtidos coeficientes de determinação ( $R^2$ ) altos, explicando que 95%; 97% e 98% da PI INI, PI MED e PI AVA, respectivamente, podem ser explicadas por PT (FIGURA 5.1).

FIGURA 5.1 - EQUAÇÕES DE REGRESSÃO DA PRECIPITAÇÃO INTERNA (PI) EM FUNÇÃO DA PRECIPITAÇÃO TOTAL (PT) NA FLORESTA ESTADUAL DO PALMITO



## 5.2 CONCENTRAÇÃO DE ELEMENTOS MINERAIS E pH NAS SOLUÇÕES DE PRECIPITAÇÃO

Na TABELA 5.2 são apresentados os dados referentes às concentrações médias dos elementos presentes nas soluções de precipitação. De uma maneira geral, a ordem decrescente de concentração dos elementos foi conforme descrito abaixo.

- PT, MED e AVA:  $\text{Cl}^- > \text{Na}^+ > \text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{K}^+ > \text{NO}_3^- \text{-N} > \text{Fe}^{2+} > \text{Zn}^{2+}$
- INI:  $\text{Cl}^- > \text{Na}^+ > \text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{NO}_3^- \text{-N} > \text{K}^+ > \text{Fe}^{2+} > \text{Zn}^{2+}$ .

Observa-se a dominância de cloreto e sódio nas soluções o que pode ser facilmente explicado pela situação da área de estudo, muito próxima do oceano, recebendo, assim, estes elementos na forma de aerossóis. Cálcio e magnésio, os outros dois elementos desta seqüência devem também ter sua origem, primordialmente, nos oceanos.

Ao comparar a precipitação total com a precipitação interna, diferenças significativas foram observadas para  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{NO}_3^- \text{-N}$ . Foi observado um aumento nas concentrações desses elementos na transição entre a precipitação total (PT) e a precipitação interna, para as três tipologias.  $\text{Mg}^{2+}$  apresentou valores médios de concentração de 45,46; 49,68; 58,70 e 99,44  $\mu\text{mol}_c \text{ L}^{-1}$  para PT, TF INI, TF MED e TF AVA, respectivamente. Os valores médios para  $\text{NO}_3^- \text{-N}$  foram 7,52  $\mu\text{mol}_c \text{ L}^{-1}$  para PT, 11,06  $\mu\text{mol}_c \text{ L}^{-1}$  na TF INI, 22,18  $\mu\text{mol}_c \text{ L}^{-1}$  na TF MED e 23,79  $\mu\text{mol}_c \text{ L}^{-1}$  na TF AVA. Mesmo não apresentando diferenças significativas, o potássio apresentou valores distintos entre PT e PI nas três tipologias, com valores médios de 8,87; 10,95; 27,46 e 32,24  $\mu\text{mol}_c \text{ L}^{-1}$  respectivamente para PT, INI, MED e AVA; e o cálcio mostrou, em AVA, concentração duas vezes superior às observadas em PT, INI e MED.

TABELA 5.2 - COMPOSIÇÃO MÉDIA DE SOLUÇÕES DE PRECIPITAÇÃO TOTAL (PT), PRECIPITAÇÃO INTERNA TF INI, TF MED E TF AVA NA FLORESTA ESTADUAL DO PALMITO, PR

	Vol precipitado (mm)	$\mu\text{mol}_c \text{L}^{-1}$								pH
		$\text{NO}_3^- \text{-N}$	$\text{Cl}^-$	$\text{Ca}^{2+}$	$\text{Mg}^{2+}$	$\text{K}^+$	$\text{Na}^{2+}$	$\text{Fe}^{2+}$	$\text{Zn}^{2+}$	
PT	140,35a	7,52c	252,48a	65,92a	45,46b	8,87a	152,38a	4,95 <sup>a</sup>	1,35a	5,9a
INI	127,23a	11,06b	180,15a	60,67a	49,68b	10,95a	143,9a	5,12 <sup>a</sup>	1,29a	6,3a
MED	125,60a	22,18a	250,05 <sup>a</sup>	61,13a	58,70ab	27,46a	198,28a	5,13 <sup>a</sup>	1,39a	6,3a
AVA	115,85a	23,79a	254,62 <sup>a</sup>	121,42a	99,44a	32,24a	162,41a	5,60 <sup>a</sup>	1,27a	6,2a

\*Valores em colunas seguidos pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, comparação entre TFs e PT. Vol. Precipitado n=75;  $\text{K}^+$  n=72;  $\text{Fe}^{2+}$  e  $\text{Zn}^{2+}$  n=17; para os demais elementos n=76.

Todos os demais elementos, exceto  $\text{Na}^+$  e  $\text{Zn}^{2+}$  com maiores valores médios na TF MED, tenderam a apresentar os maiores valores na TF AVA. No caso do pH, o menor valor foi observado para PT.

Avaliando a ciclagem de nutrientes na Ilha do Mel, PR, BRITZ (1994) observou, para PT, valores médios de concentração semelhantes para  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{K}^+$  e inferiores para  $\text{Ca}^{2+}$ . SCHEER (2006), trabalhando em Guaraqueçaba-PR, encontrou valores médios semelhantes para  $\text{K}^+$  e  $\text{Na}^+$  e muito inferiores para  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$ .

MAIER; TAKINO & MIYAMARU (1992) observaram valores médios muito superiores de cálcio ( $114 \mu\text{mol}_c \text{L}^{-1}$ ) e magnésio ( $120,7 \mu\text{mol}_c \text{L}^{-1}$ ) na água da chuva em área na região central do Estado de São Paulo. Os autores associaram os elevados teores destes nutrientes às cinzas resultantes da queimada da cana antes da colheita, uma prática comum na região.

Avaliando a entrada de nutrientes em floresta altomontana no Panamá CAVALIER et al. (1997) observou valores de concentração similares para  $\text{K}^+$  e  $\text{Fe}^{2+}$ , superiores para  $\text{NO}_3^- \text{-N}$  ( $20,7 \mu\text{mol}_c \text{L}^{-1}$ ) e inferiores para  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^-$  (37; 11,5; 67,86 e  $55 \mu\text{mol}_c \text{L}^{-1}$  respectivamente). Estas diferenças também foram observadas por SCHRUMPFT et al. (2006) em florestas afrotropical montanas na Tanzânia.

Para a grande maioria dos elementos foi observado um enriquecimento nas soluções de precipitação à medida que estas atravessaram o dossel florestal. Também foi observado um efeito marcante da vegetação, onde se observa uma tendência de aumento das concentrações da tipologia mais jovem para a mais velha, sendo esse comportamento observado anteriormente por BERTÉ (2003), SOUZA et al. (2005) e BRÜSKE (2005).

O enriquecimento da precipitação interna foi observado por diversos autores. MARQUES e RANGER (1996), estudando dinâmica de nutrientes em povoamentos de *Pseudotsuga menziesii* na França observaram que a transferência da precipitação através do dossel foi caracterizada por um enriquecimento de íons nas soluções. Segundo os autores, o aumento das concentrações ocorreu em função da deposição seca ou através de processo de troca iônica entre elementos internos das plantas com a água da chuva (lixiviação).

McDOWELL (1998), caracterizando o fluxo interno de nutrientes em floresta Montana chuvosa, em Porto Rico também observou um forte aumento na precipitação interna, para todos os elementos analisados, com exceção de  $\text{NO}_3^-$ -N e  $\text{H}^+$ .

Na tipologia INI, o dossel florestal é pouco denso e com árvores de pequeno porte, o que certamente resulta em menor captação de deposição atmosférica e, relativamente às demais tipologias, menor lixiviação dos elementos, justificando as menores concentrações médias observadas.

Na TF AVA, o maior porte das árvores parece favorecer a captura de elementos da atmosfera e, adicionalmente, a maior diversidade vegetal, além da menor esclerofilia das folhas (BOEGER, 2000), pode estar relacionada com a maior lixiviação de alguns elementos da copa das árvores.

LACLAU et al. (2003), estudando a composição química de PT e PI no Congo, observou que concentrações de  $\text{NO}_3^-$ -N diminuíam durante a transferência da água de chuva através do dossel. Os autores concluíram que o nitrato estava sendo absorvido pelas folhas. A absorção de nitrogênio é observada em ecossistemas onde existe uma exigência muito alta deste elemento pelo povoamento (MARQUES, 1996). No presente trabalho não foi observada absorção de nitrato, muito pelo contrário, foi detectado um enriquecimento deste íon nas soluções de precipitação interna, sugerindo que o mesmo também esteja sendo depositado sobre a copa das árvores na forma de deposição seca e sendo então lavado durante a precipitação, ou mesmo lixiviado das partes internas das plantas.

### 5.2.1 Efeito Estacional na Composição Química das Soluções de Precipitação

A TABELA 5.3 apresenta as concentrações médias das soluções de precipitação por estação. Na precipitação total não se observam diferenças significativas entre estações, entretanto ocorre leve tendência de maiores valores médios de concentração no inverno (INV) para  $\text{Ca}^{2+}$ , e no inverno (INV) e primavera (PRI) para  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$  e  $\text{Na}^+$ , enquanto que para  $\text{NO}_3^-$ -N os maiores valores são observados no outono (OUT).

TABELA 5.3 - EFEITO ESTACIONAL NAS CONCENTRAÇÕES IÔNICAS VALORES DE pH NAS SOLUÇÕES DE PRECIPITAÇÃO TOTAL (PT), PRECIPITAÇÃO INTERNA (PI) DA TF INI, TF MED E TF AVA NA FLORESTA ESTADUAL DO PALMITO, PR

TF	Estação	Vol. precipitado (mm)	$\text{NO}_3^-$ -N	$\text{Ca}^{2+}$	$\text{Mg}^{2+}$	$\text{K}^+$	$\text{Na}^{2+}$	pH
PT	VER	948,15	4,04 a	53,85 a	27,90 a	5,48 a	125,36 a	6,2 a
	OUT	590,25	13,30 a	63,91 a	29,74 a	7,16 a	140,04 a	6,0 a
	INV	361,79	7,73 a	106,35 a	54,98 a	10,21 a	187,81 a	6,0 a
	PRI	555,86	6,99 a	68,27 a	73,82 a	8,64 a	168,28 a	5,8 a
INI	VER	844,51	8,78 a	58,44 a	26,14 ab	7,08 a	120,53 a	6,2 a
	OUT	538,64	9,46 a	48,49 a	24,15 b	6,44 a	96,11 a	6,2 a
	INV	292,3	10,21 a	69,47 a	37,89 ab	13,19 a	147,02 a	6,4 a
	PRI	493,14	17,56 a	75,65 a	277,27 a	19,33 a	334,76 a	6,7 a
MED	VER	823,18	15,48 a	51,80 a	32,32 b	21,44 a	142,93 b	6,5 a
	OUT	526,53	21,73 a	51,55 a	34,06 b	21,19 a	150,07 b	6,2 a
	INV	311,89	20,00 a	79,34 a	52,34 ab	32,43 a	219,64 ab	6,3 a
	PRI	504,69	23,93 a	76,40 a	124,24 a	36,80 a	290,13 a	6,4 a
AVA	VER	774,10	13,34 a	58,96 a	38,62 b	25,05 a	113,68 b	6,4 a
	OUT	468,72	24,14 a	59,92 a	40,50 b	23,35 a	120,85 ab	6,2 a
	INV	291,26	21,29 a	308,30 a	58,36 ab	33,78 a	174,72 ab	6,2 a
	PRI	453,31	29,12 a	107,75 a	261,07 a	45,18 a	241,00 a	6,1 a

\*Valores em colunas seguidos pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, comparação entre tipologias sucessionais e PT. Valores médios referentes aos anos de 2001, 2002, 2003 e 2004.

Nas soluções de precipitação interna, foram observadas diferenças significativas somente para  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{Na}^+$ , mas de maneira geral, inclusive para estes dois elementos, os maiores valores de concentração, independentemente da tipologia florestal, são observados no inverno e primavera. No caso do  $\text{Mg}^{2+}$ , observando-se apenas PI, nota-se valores muito mais elevados na primavera, o que parece estar ligado à lixiviação deste elemento das flores das árvores, conforme já tem sido observado mesmo em clima temperado (MARQUES, 1996). Para os demais elementos parece ter prevalecido um efeito de concentração devido à menor precipitação que ocorre no inverno, concentrando os elementos nas soluções de



lavagem/lixiviação das copas das árvores. Na TABELA 5.4, são mostradas as correlações entre volume precipitado (PT e PI) e concentração dos íons e valor de pH nas soluções. Observam-se relações negativas e quase sempre significativas para todos os íons, não ficando muita clara a influência sobre o pH.

TABELA 5.4 - COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO DE SPEARMAN ENTRE ÍONS E VOLUME PRECIPITADO NA TF INI, TF MED E TF AVA NA FLORESTA ESTADUAL DO PALMITO, PR

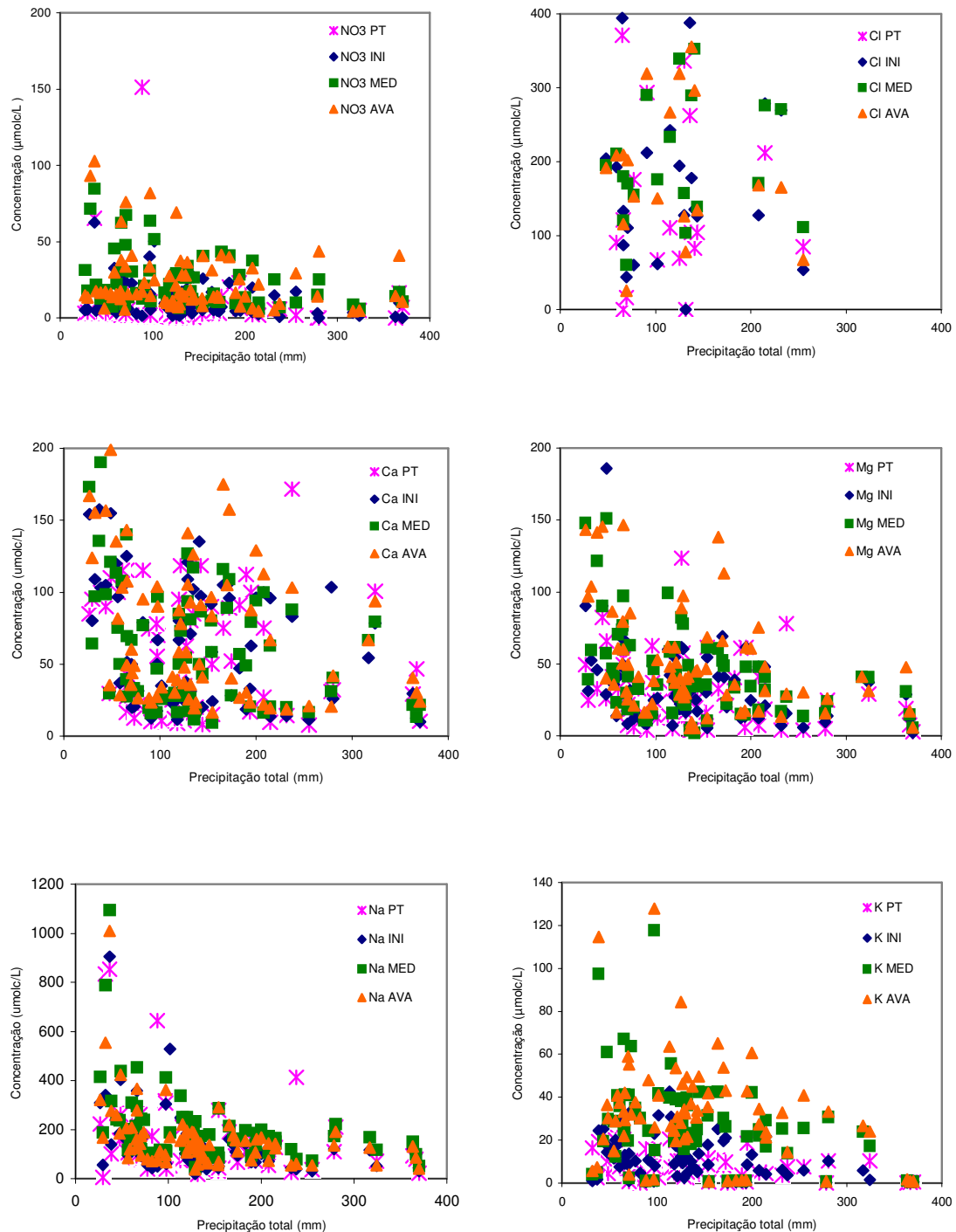
	PT (n=61)	PI INI (n=69)	PI MED (n=69)	PI AVA (n=69)
pH	0,38**	0,11	0,29*	0,21
Ca <sup>2+</sup>	-0,15	-0,23	-0,18	-0,29*
Na <sup>+</sup>	-0,31**	-0,36**	-0,22	-0,37**
Mg <sup>2+</sup>	-0,29*	-0,27*	-0,27*	-0,35**
K <sup>+</sup>	-0,34**	-0,46**	-0,33**	-0,15
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,02	-0,29*	-0,29*	-0,15
Cl <sup>-</sup> (n=19)	0,30	0,19	-0,54*	-0,51*

\* Coeficiente de correlação significativo ao nível de 5% \*\*Coeficiente de correlação significativo ao nível de 1%

Esta relação entre volume precipitado e concentração dos íons em solução pode ser melhor visualizada na FIGURA 5.2, onde se observa ainda que para alguns íons esta relação inversa entre volume precipitado e concentração iônica em solução são mais estreita que para outros.

Segundo MARQUES e RANGER (1996), alguns elementos mostram as maiores concentrações no início da chuva, sendo estas diminuídas com o aumento do volume precipitado. Entretanto, para outros elementos, vários picos de concentração podem ocorrer durante um único evento chuvoso. Os autores, relacionando as concentrações dos elementos com volume precipitado, separaram os elementos analisados em dois grupos. O primeiro grupo, formado por elementos como NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>-S, Cl<sup>-</sup>, Na<sup>+</sup>, Ca<sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Mn<sup>2+</sup>, Al<sup>3+</sup> e H<sup>+</sup>, seria caracterizado como o dos elementos que seriam rapidamente lavados do dossel; e o segundo grupo, formado por TOC e K<sup>+</sup>, seria o dos elementos lixiviados das partes internas da plantas. No presente estudo, Cl<sup>-</sup> e Ca<sup>2+</sup> apresentaram um comportamento parecido com elementos do segundo grupo. No caso do cloreto, o pequeno número de dados (19 datas de coleta) pode não ter sido suficiente para caracterizar a relação entre volume precipitado e concentração deste íon. E, no caso do cálcio, pode ser que esteja ocorrendo lixiviação, além de lavagem das copas das árvores.

FIGURA 5.2 - RELAÇÃO ENTRE VOLUME PRECIPITADO E A CONCENTRAÇÃO DOS ELEMENTOS NA PRECIPITAÇÃO INTERNA NA TF INI, TF MED E TF AVA NA FLORESTA ESTADUAL DO PÁLMITO, PR.



### 5.3 CONCENTRAÇÃO DE ELEMENTOS MINERAIS E pH NAS SOLUÇÕES DE SOLO, LENÇOL FREÁTICO

#### 5.3.1 Soluções de Solo

Na TABELA 5.5 são apresentados os valores médios de concentração dos elementos presentes nas soluções de solo (SS).

Para a profundidade de 15 cm a ordem crescente de dominância dos íons nas soluções de solo (SS) foi:

- INI:  $Al^{3+} > Cl^- > NO_3^- - N > Si > Ca^{2+} > Na^+ > K^+ > Mg^{2+} > Fe^{2+} > Zn^{2+}$
- MED :  $Al^{3+} > Cl^- > NO_3^- - N > Ca^{2+} > Si > Na^+ > Mg^{2+} > K^+ > Fe^{2+} > Zn^{2+}$
- AVA:  $Al^{3+} > Cl^- > NO_3^- - N > Na^+ > Si > Ca^{2+} > Mg^{2+} > K^+ > Fe^{2+} > Zn^{2+}$

Na profundidade de 40 cm a ordem foi:

- INI e MED:  $Al^{3+} > Cl^- > Ca^{2+} > NO_3^- - N > Si > Na^+ > Mg^{2+} > K^+ > Fe^{2+} > Zn^{2+}$
- AVA:  $Al^{3+} > Cl^- > NO_3^- - N > Na^+ > Si > Ca^{2+} > Mg^{2+} > Fe^{2+} > K^+ > Zn^{2+}$

De maneira geral, o alumínio é o cátion predominante nas soluções, sendo seguido por cálcio e sódio, os quais se invertem em posição conforme a tipologia ou profundidade considerada. Com relação aos ânions, o cloreto predomina, seguido pelo nitrato. Além do alumínio, o silício, que também não foi detectado nas soluções de precipitação, aparece em concentrações próximas àquelas do cálcio e do sódio.

Comparativamente com os valores mostrados na precipitação interna Tabela 5.5, observa-se, nas soluções de solo, maiores valores de  $NO_3^- - N$ ,  $Cl^-$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Fe^{2+}$  e  $Zn^{2+}$ . Sódio e magnésio tendem a diminuir e potássio não mostra valores muito maiores que em PI. Os altos valores de nitrato sugerem a ocorrência de mineralização da serapilheira sobre o solo e/ou da matéria orgânica presente nos horizontes minerais do solo.

TABELA 5.5- COMPOSIÇÃO QUÍMICA MÉDIA DE SOLUÇÕES DE SOLO COLETADAS A 15 CM E 40 CM NA TF INI, TF MED E TF AVA NA FLORESTA ESTADUAL DO PALMITO, PR

TF	Prof (cm)	NO <sub>3</sub> -N		Cl <sup>-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>2+</sup>	Fe <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	Zn <sup>2+</sup>	pH	Si
		μmol L <sup>-1</sup>											
INI	15	184,62 b	411,65 b	137,47 a	29,70 a	56,00 a	120,80 b	10,89 a	573,37 a	7,83 a	4,7 a	144,49 a	
MED	15	200,52 ab	370,76 b	168,60 a	35,11 a	26,99 ab	115,17 b	10,06 a	626,47 a	7,55 ab	4,7 a	131,76 a	
AVA	15	262,10 a	597,49 a	80,46 b	76,57 a	23,76 b	216,73 a	11,60 a	641,18 a	4,39 b	3,7 a	109,89 a	
Média		215,75	459,97	128,84	47,13	35,58	150,9	10,85	613,67	6,59	4,4	128,71	
INI	40	132,31 a	348,37 b	176,39 a	30,11 a	20,80 a	98,05 b	9,60 a	622,76 a	6,99 a	5,3 a	101,35 b	
MED	40	168,28 a	456,41 b	213,49 a	50,22 a	40,61 a	104,94 b	10,77 a	678,22 a	6,90 a	5,2 a	179,04 a	
AVA	40	243,47 a	488,34 a	84,33 b	65,22 a	11,60 b	160,99 a	11,90 a	641,99 a	3,86 b	3,8 a	96,01 b	
Média		181,35	431,04	158,07	48,52	24,34	121,33	10,76	647,66	5,92	4,8	125,47	

\*Valores em colunas seguidos pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, comparação entre tipologias florestais a 15 e 40 cm de profundidade. Fe<sup>2+</sup>, Al<sup>3+</sup>, Zn<sup>2+</sup>, 15 e 40 cm n=14 Si 15 cm n= 13 40 cm n=12 Demais elementos 15 cm n=41 e 40 cm n=40

Comparando os resultados entre as diferentes tipologias, observa-se que ocorrem diferenças significativas nas concentrações dos elementos, ao nível de 5% de probabilidade, exceto para os valores de  $Mg^{2+}$ ,  $Fe^{2+}$  e  $Al^{3+}$  a 15 e 40 cm de profundidade, Si a 15 cm e  $NO_3^-$ -N a 40 cm.

A 15 cm de profundidade, independentemente ou não das diferenças estatísticas, as concentrações de  $K^+$  e  $Zn^{2+}$  tendem a diminuir da TF INI para a TF AVA. O nitrato tem sua concentração média aumentada em sentido inverso.  $Ca^{2+}$  mostra menor concentração na TF AVA;  $Na^+$  e  $Cl^-$  mostraram maiores valores de concentração nesta mesma tipologia. As concentrações de zinco e cálcio parecem ter sido influenciadas pelo pH, com menores valores em menor pH. Já para sódio, cloreto e nitrato, em menor pH as concentrações observadas para estes elementos foram maiores (TABELA 5.5).

Na profundidade de 40 cm, somente  $Zn^{2+}$ ,  $Na^+$  e  $Cl^-$  mostraram valores de concentração diferentes entre as tipologias. As concentrações de  $Na^+$  e  $Cl^-$  aumentaram de TF INI para TF AVA, enquanto que  $Zn^{2+}$  apresentou comportamento oposto.  $Ca^{2+}$ ,  $K^+$  e Si apresentaram concentrações mais altas na TF MED. A influência do pH sobre as concentrações dos elementos à 40 cm de profundidade foi observada para  $Cl^-$  e  $Na^+$ , com maiores valores em menor pH, e para  $Ca^{2+}$ ,  $K^+$  e  $Zn^{2+}$ , com menores valores em menor pH (TABELA 5.5).

Mesmo não apresentando diferenças significativas,  $Mg^{2+}$  mostra comportamento semelhante nas duas profundidades, com tendência de valores crescentes de TF INI para TF AVA.

De uma maneira geral, não foram observadas grandes diferenças nas concentrações iônicas entre as duas profundidades, apesar do solo no horizonte A (correspondente a 15 cm de profundidade) apresentar teores de carbono superiores aos do horizonte E (correspondente a 40 cm de profundidade), conforme pode ser visto na Tabela 4.4. A composição iônica da solução de solo pode ser considerada como o resultado da entrada e saída dos íons a uma determinada profundidade. Assim, a 15 cm de profundidade, a entrada poderia estar ocorrendo via transferência de íons da solução de precipitação interna (PI) ou pela mineralização de serapilheira e matéria orgânica do solo. A saída seria representada por absorção radicular, imobilização pela biota do solo, retenção no complexo de troca do solo ou por lixiviação através do perfil do solo.

É difícil avaliar qual ou quais destes processos seriam os responsáveis pelas concentrações iônicas observadas nas soluções. Quanto à contribuição de PI, foram observados concentrações mais elevadas para quase todos os íons na TF AVA. Quanto à mineralização, ensaios de decomposição realizados nas áreas de estudo mostram menores taxas na TF INI em comparação com as outras duas tipologias (WISNIEWSKI et al., 1997; ROCHA; MARQUES & CINTRA, 2003). A respiração microbiana, medida através da evolução de CO<sub>2</sub> de amostras de solo também é menor na TF INI (PEÑA, 2002). A CTC (capacidade de troca de cátions) tende a aumentar da TF INI para a TF AVA (TABELA 4.3). Por outro lado, a taxa de crescimento das plantas, se considerada a renovação de biomassa foliar expressa pela deposição de serapilheira (WISNIEWSKI et al. 1997; PINTO, 2001; ROCHA, 2006), é menor na TF INI, o que resultaria em menor demanda de nutrientes pelas plantas e conseqüentemente menor extração destes do solo. Ou seja, onde as árvores crescem mais lentamente, a oferta de nutrientes também é menor, o que pode explicar as pequenas diferenças observadas para as concentrações dos elementos em solução a 15 cm de profundidade.

A 40 cm de profundidade, devido aos teores muito baixos de carbono no solo, que resulta em pouca mineralização e baixa CTC, o processo de entrada que parece prevalecer seria a transferência de íons em solução da camada de solo imediatamente superior. E a saída seria também principalmente por lixiviação através do perfil do solo, uma vez que poucas raízes são encontradas a esta profundidade nas parcelas de estudo.

Com relação aos valores encontrados para os diferentes elementos algumas explicações podem existir. As altas concentrações de NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N nas soluções de solo sugerem a ocorrência de mineralização da serapilheira e/ou da matéria orgânica do solo. Parte deste nitrogênio pode ser oriundo da fixação biológica deste elemento da atmosfera, uma vez que espécies leguminosas são encontradas nas parcelas de estudo.

O cloreto apresentou, nas soluções de solo, concentrações muito altas, duas a três vezes superiores às observadas em PI. E também bem superiores às observadas em estudos conduzidos em outros sítios. MARQUES & RANGER (1996), estudando dinâmica de nutrientes em uma cronosequência de *Pseudotsuga menziesii* nas Montanhas Beaujolais, observaram concentrações muito inferiores,

sendo os maiores valores, à profundidade de 15 e 30 cm, respectivamente de 100,4  $\mu\text{mol}_c \text{ L}^{-1}$  e 146,9  $\mu\text{mol}_c \text{ L}^{-1}$ . Em savana no Congo, também em área próxima ao oceano, LACLAU et al. (2003) observaram valores de 36,1 e 21,8  $\mu\text{mol}_c \text{ L}^{-1}$ , respectivamente nas profundidades de 15 e 40 cm. Segundo EPSTEIN & BLOOM (2006), a concentração de cloreto nos tecidos vegetais varia de 10 a 80.000  $\text{mg kg}^{-1}$ , com base em peso seco. Infelizmente ainda não foram gerados dados sobre os teores foliares de Cl para espécies da Floresta do Palmito, não sendo possível afirmar que este elemento esteja sendo liberado pelo processo de mineralização, mas pelos valores de concentração nas soluções de solo é bem possível que esta liberação possa estar ocorrendo.

As altas concentrações de cálcio observadas nas TF INI e MED podem ser explicadas pela presença expressiva de caúna (*Ilex theezans*), nestas duas tipologias (TABELA 4.1), espécie que apresenta altos teores de cálcio nas folhas (BOEGER, 2005; PINTO, 2001; PROTIL 2006) podendo liberar este elemento durante a mineralização de sua serapilheira.

Magnésio também poderia estar sendo liberado por este processo uma vez que *Ilex theezans* também apresenta altos teores deste elemento. Entretanto, as concentrações mais baixas nas soluções de solo, comparativamente com PI, sugerem que a absorção desse elemento pelas plantas esteja sendo muito superior às suas entradas, seja esta via infiltração das soluções de PI no solo ou via mineralização.

O potássio também teria como possíveis fontes de entrada a infiltração de solução de PI no solo ou sua liberação via mineralização. A entrada via precipitação interna, em ecossistemas florestais é normalmente a principal via de chegada deste elemento ao solo (MARQUES, 1996). A concentração deste elemento na precipitação interna da TF AVA tende a ser superior àquela observada nas outras duas tipologias (TABELA 5.2). Por outro lado, observa-se na solução do solo, notadamente a 40 cm de profundidade, valores mais baixos de concentração. Este comportamento poderia estar associado à lixiviação de  $\text{K}^+$  no perfil do solo, que seria favorecida na TF AVA pela presença de lençol freático mais próximo à superfície do solo.

O sódio foi outro elemento que apresentou concentrações mais baixas nas soluções de solo, quando comparado aos valores na precipitação interna. Este

comportamento parece bastante lógico uma vez que a principal fonte deste elemento seriam os aerossóis marinhos que entram pela atmosfera. Mas a mineralização poderia também atuar como fonte de sódio uma vez que foi constatada presença de Na em material vegetal de espécies da área de estudo (DICKOW, 2000; PINTO, 2001; ROCHA, 2006; PROTIL, 2006).

O alumínio foi um dos cátions dominantes nas duas profundidades, apresentando concentrações elevadas, que podem ser explicadas pela liberação deste elemento da serapilheira, através da mineralização, uma vez que espécies como caúna (*Ilex theezans*), vermelho (*Ternstroemia brasiliensis*), araçá (*Psidium cattleianum*), bico-de-pato (*Guarea macrophylla*), mangue do mato (*Clusia cruiva*), canela lageana (*Ocotea pulchella*), guanandi (*Callophylum brasiliensis*), cupiúva (*Tapirira guianensis*) entre outras, e de ocorrência na área de estudo, apresentam altos teores deste elemento nas folhas verdes e serapilheira (BRITTEZ, 1994). Estas espécies também apresentam altos teores de silício, o que poderia explicar as altas concentrações deste elemento nas duas profundidades. Adicionalmente pode estar ocorrendo intemperização das partículas de areia do solo, ricas em SiO<sub>2</sub>.

No caso do Zn<sup>2+</sup>, assim como do Fe<sup>3+</sup>, também presentes em material vegetal de espécies da Floresta do Palmito (PINTO, 2001) a mineralização da serapilheira e da matéria orgânica do solo parecem ser as principais fontes, uma vez que suas concentrações nas soluções de PI são mais baixas do que nas soluções do solo.

Os menores valores de pH na TF AVA parecem estar ligados à maior espessura de horizonte orgânico, nesta tipologia (TABELA 4.5), que atuaria como fonte de maior quantidade de ácidos orgânicos para as soluções de solo.

#### 5.3.1.1 Efeito Estacional na Composição Química das Soluções de Solo

Na TABELA 5.6 são mostrados as concentrações médias dos íons e valores de pH nas diferentes estações do ano. Estatisticamente, nenhuma diferença significativa foi detectada e mesmo tendências claras não foram observadas (TABELA 5.6). Na área de estudo, apesar de, historicamente, ocorrerem duas estações climáticas mais ou menos definidas, ou seja, inverno seco e frio e verão quente úmido, nos anos de realização deste trabalho o clima apresentou-se



relativamente atípico em 2001 e 2004, com vários picos de chuva no inverno o que pode ter contribuído para a ausência de um efeito estacional claro sobre os valores de concentração iônica e de pH nas soluções. Nas mesmas parcelas de estudo, em 2001, PEÑA (2002) avaliou a respiração microbiana do solo e também não observou efeito estacional, o que também parece estar relacionado com este ano climaticamente atípico.

TABELA 5.6 - EFEITO ESTACIONAL NAS CONCENTRAÇÕES IÔNICAS E VALORES DE pH NAS SOLUÇÕES DE SOLO A 15 CM E 40 CM NAS TF INI, TF MED E TF AVA NA FLORESTA ESTADUAL DO PALMITO, PR

TF	Estação	prof (cm)	NO <sub>3</sub> -N	Cl <sup>-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>2+</sup>	pH
			μmolc.L <sup>-1</sup>						
INI	VER	15	162,60 a	377,57 a	190,94 a	29,83 a	14,28 a	87,17 a	4,8 a
	OUT	15	232,28 a	515,85 a	130,15 a	26,29 a	38,78 a	100,91 a	4,5 a
	INV	15	225,39 a	342,98 a	97,83 a	21,59 a	43,95 a	127,25 a	4,4 a
	PRI	15	167,56 a	437,16 a	123,52 a	31,22 a	122,53 a	170,81 a	4,4 a
MED	VER	15	194,96 a	376,33 a	172,46 a	38,85 a	16,45 a	102,34 a	4,5 a
	OUT	15	219,77 a	369,46 a	173,45 a	29,72 a	20,94 a	105,37 a	4,7 a
	INV	15	218,94 a	334,06 a	148,44 a	22,47 a	29,38 a	97,85 a	4,7 a
	PRI	15	181,74 a	427,14 a	133,89 a	32,10 a	21,84 a	133,56 a	4,5 a
AVA	VER	15	228,98 a	703,90 a	91,25 a	64,98 a	8,05 a	170,81 a	3,7 a
	OUT	15	273,90 a	733,32 a	72,07 a	81,35 a	51,96 a	264,54 a	3,8 a
	INV	15	296,28 a	476,07 a	71,64 a	72,09 a	23,27 a	231,05 a	3,8 a
	PRI	15	235,25 a	543,38 a	76,20 a	83,30 a	15,17 a	221,05 a	3,7 a
INI	VER	40	149,12 a	378,80 a	193,45 a	32,47 a	15,35 a	89,80 a	5,0 a
	OUT	40	157,59 a	303,14 a	183,08 a	24,93 a	19,46 a	92,35 a	5,2 a
	INV	40	149,80 a	258,70 a	166,89 a	27,62 a	28,56 a	105,27 a	5,1 a
	PRI	40	91,02 a	412,78 a	127,08 a	31,92 a	21,42 a	103,00 a	5,1 a
MED	VER	40	158,88 a	529,93 a	263,51 a	52,57 a	43,48 a	106,79 a	5,5 a
	OUT	40	214,97 a	386,90 a	197,65 a	46,78 a	41,22 a	110,78 a	5,0 a
	INV	40	193,93 a	344,73 a	186,23 a	39,11 a	31,26 a	91,63 a	5,0 a
	PRI	40	159,66 a	402,10 a	151,77 a	31,51 a	21,15 a	103,89 a	4,2 a
AVA	VER	40	215,51 a	542,94 a	94,58 a	66,87 a	8,42 a	140,72 a	3,7 a
	OUT	40	236,40 a	509,81 a	73,64 a	57,40 a	16,76 a	164,76 a	3,7 a
	INV	40	299,14 a	498,40 a	72,23 a	60,89 a	14,32 a	178,95 a	3,8 a
	PRI	40	205,54 a	442,37 a	87,38 a	77,62 a	10,22 a	166,30 a	3,8 a

valores em colunas seguidos pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, comparação entre tipologias e PT. Valores médios referentes aos de 2003 e 2004.

### 5.3.2 Lençol Freático

Os valores médios de concentração dos elementos e pH nas de soluções de lençol freático são mostrados TABELA 5.7. As seqüências decrescentes de concentração dos elementos foram:

- INI: Al<sup>3+</sup> > Ca<sup>2+</sup> > Cl<sup>-</sup> > Na<sup>+</sup> > Mg<sup>2+</sup> > NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N > K<sup>+</sup> > Fe<sup>2+</sup> > Zn<sup>2+</sup>

- MED:  $\text{Al}^{3+} > \text{Ca}^{2+} > \text{Cl}^- > \text{Na}^+ > \text{Mg}^{2+} > \text{K}^+ > \text{NO}_3^- \text{-N} > \text{Fe}^{2+} > \text{Zn}^{2+}$

- AVA:  $\text{Al}^{3+} > \text{Cl}^- > \text{Ca}^{2+} > \text{Na}^+ > \text{NO}_3^- \text{-N} > \text{Mg}^{2+} > \text{K}^+ > \text{Fe}^{2+} > \text{Zn}^{2+}$

Observa-se no lençol freático, assim como também foi observado nas soluções de solo, que o alumínio é o cátion dominante, sendo seguido pelo cálcio. No caso dos ânions, o cloreto domina, seguido do nitrato.

Comparativamente aos valores mostrados nas soluções de solo, observa-se uma diminuição das concentrações de  $\text{NO}_3^- \text{-N}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$  e  $\text{Zn}^{2+}$ . Magnésio, potássio e sódio mantêm-se em concentrações da mesma ordem de grandeza e cálcio e pH têm seus valores elevados. Esta elevação do pH parece indicar que os ácidos orgânicos presentes na solução do solo teriam se complexado com alumínio e ferro, processo pedogenético típico nesta classe de solo (Espodosolo) e origina a formação do horizonte B espódico. Como alumínio foi dosado como elemento total por absorção atômica e teve sua concentração iônica estimada, pode ter ocorrido uma superestimação de sua concentração como cátion trivalente, pois nesta faixa de pH ele certamente não estaria totalmente como cátion trivalente (DRISCOLL, 1989).

TABELA 5.7 - COMPOSIÇÃO QUÍMICA MÉDIA DAS SOLUÇÕES LENÇOL FREÁTICO NA TF INI, TF MED E TF AVA NA FLORESTA ESTADUAL DO PALMITO, PR

TF	$\text{NO}_3^- \text{-N}$	$\text{Cl}^-$	$\text{Ca}^{2+}$	$\text{Mg}^{2+}$	$\text{K}^+$	$\text{Na}^{2+}$	$\text{Al}^{3+}$	$\text{Fe}^{2+}$	$\text{Zn}^{2+}$	pH
	$\mu\text{mol}_e \text{L}^{-1}$									
INI	42,75 a	184,44 ab	280,00 a	70,61 a	28,72 a	127,70 a	466,68 a	8,52 a	1,62 a	6,8 a
MED	15,87 b	171,00 b	189,07 b	55,20 a	31,76 a	111,25 a	486,43 a	8,27 a	1,14 a	6,6 a
AVA	61,64 a	296,61 a	135,19 b	48,11 a	37,70 a	114,97 a	529,03 a	9,01 a	1,37 a	6,0 b

\*Valores em colunas seguidos pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, comparação entre tipologias.  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$  e  $\text{Zn}^{2+}$  n=6; para os demais n=12

Diferenças significativas entre as tipologias florestais foram observadas somente para  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{NO}_3^- \text{-N}$ ,  $\text{Cl}^-$  e pH. O cálcio e o pH mostram uma tendência de menores valores para a TF AVA, como já havia sido observado para as soluções de solo. O oposto é observado para  $\text{Cl}^-$ , com maiores valores médios de concentração na TF AVA. A menor concentração de nitrato na TF MED talvez não seja muito consistente uma vez que o número de dados que gerou esta média é muito pequeno.

BRITEZ (1994), estudando a ciclagem de nutrientes em florestas de planície litorânea na Ilha do Mel, PR observou concentrações no lençol freático superiores

para cálcio, magnésio, ferro e zinco, sendo que somente o alumínio apresentou valores de concentração menores aos observados neste estudo.

## 5.4 DINÂMICA DE ELEMENTOS MINERAIS E pH NAS SOLUÇÕES DE PRECIPITAÇÃO, SOLO E LENÇOL FREÁTICO

A dinâmica dos íons nas soluções PT, PI, SS e LF são apresentados nas FIGURAS 5.3, 5.4, 5.5, 5.6, 5.7, 5.8 e 5.9 respectivamente para pH,  $\text{NO}_3^-$ -N,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{Na}^+$ .

De uma maneira geral, nas diferentes soluções, para todos os íons e também para pH, ocorreu uma grande variação dos valores observados ao longo do tempo. Além dos vários fatores atmosféricos (partículas e gases em suspensão, incidência de ventos, regime pluviométrico, entre outros), que influenciam de maneira mais direta as soluções de precipitação, fatores pedológicos e também fatores bióticos presentes nas diferentes tipologias florestais estão envolvidos com as variações observadas na dinâmica de íons nas diferentes soluções, ao longo do tempo.

A seguir é discutida a dinâmica do pH e de alguns dos íons analisados nas diferentes soluções.

### 5.4.1 pH

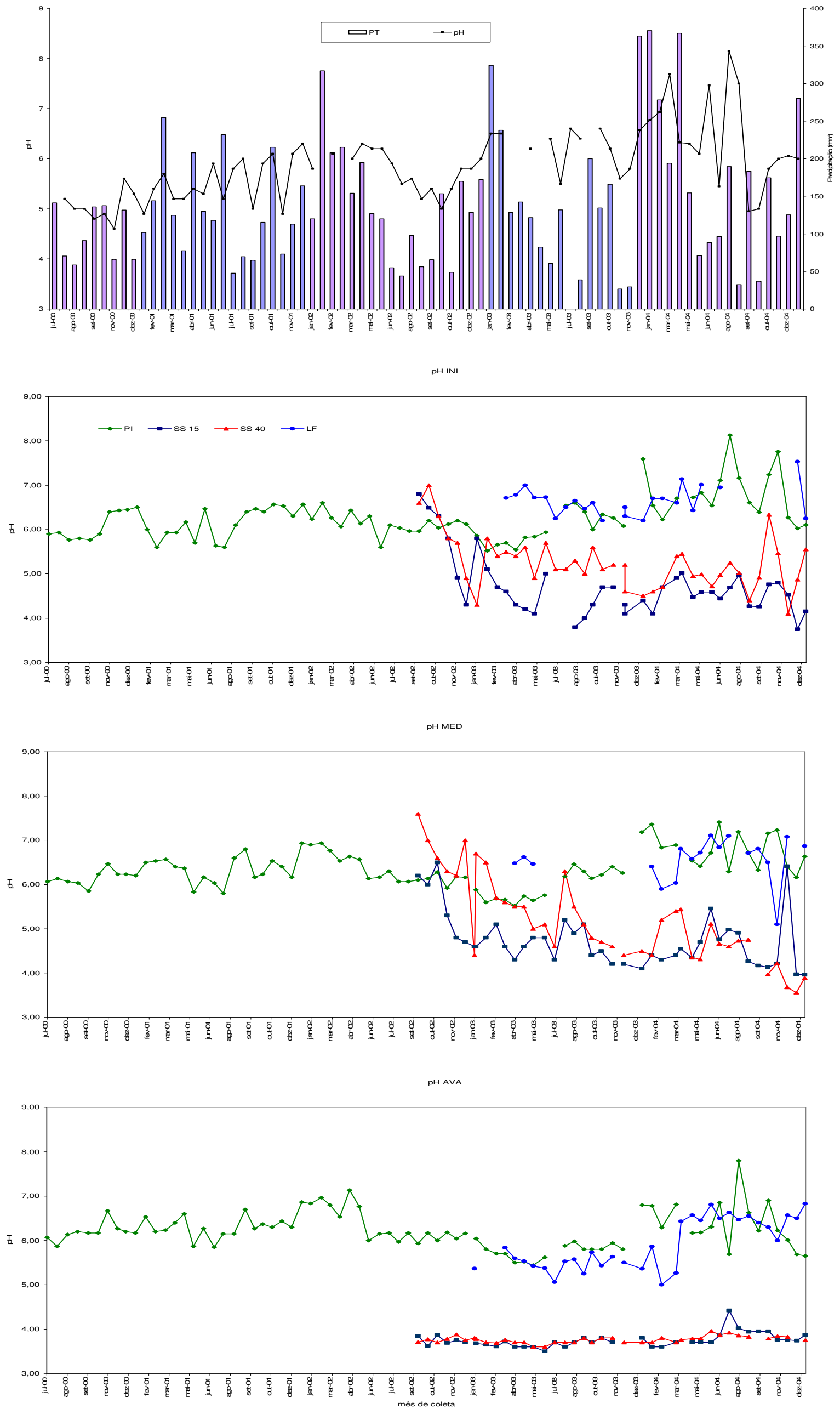
De uma maneira geral, os valores de pH em PT variaram bastante de 2000 a 2004, com picos crescentes e decrescentes não totalmente explicados pelas variações no volume de precipitação (FIGURA 5.3). Isto, possivelmente em resposta aos diversos fatores que, segundo ARCOVA; CICCIO e SHIMOMICHI (1993) afetam a composição química da água da chuva, como variação na quantidade, intensidade e distribuição das precipitações, alterações na trajetória de massas de ar e contribuição de diferentes fontes injetoras de íons na atmosfera. Os dados mostram uma tendência de aumento dos valores de pH com o passar dos anos, o que merece investigação mais detalhada para poder explicar as possíveis causas desta tendência de alcalinização das soluções. Interessantemente, como será visto mais adiante, este comportamento também é observado para Ca, o que mostra uma estreita relação entre estes dois parâmetros químicos na precipitação total.

Nas soluções de precipitação interna (PI), nas diferentes tipologias florestais, observam-se picos de pH que se assemelham aos observados em PT, o que sugere

que estas variações em PI estão relacionadas com as mesmas fontes que interferem nos valores de pH em PT.

Nas soluções de solo ( $SS_{15}$  e  $SS_{40}$ ), o comportamento é bastante diferente do observado em PT e PI. Os valores de pH são bem mais baixos. Como já havia sido mostrado na TABELA 5.5, com os dados médios. As soluções a 15 e 40 cm de profundidade mostram variações, quando estas ocorrem, quase sempre em mesmo sentido, o que sugere que em ambas as profundidades os fatores que atuam sobre os valores de pH são os mesmos. Entretanto, na TF AVA a dinâmica de pH é bem distinta da observada em TF INI e TF MED. A pouca variabilidade dos valores observados sugere que isto estaria ocorrendo pela presença constante de lençol freático alguns centímetros abaixo das cápsulas (a cerca de 80-100 cm da superfície do solo) mas estranhamente as soluções coletadas dentro dos piezômetros (LF) apresentam valores de pH bem superiores. De alguma maneira os ácidos orgânicos responsáveis pela acidez das soluções estariam sendo neutralizados. Uma provável explicação seria a complexação destes com alumínio, o qual se apresenta em elevadas concentrações na solução do solo e é normalmente presente, complexado com a matéria orgânica, nos horizontes B desta classe de solo (Espodosolo).

FIGURA 5.3 - VALORES DE pH NAS SOLUÇÕES PT, PI, SS E LF EM TF INI, MED E AVA NA FLORESTA ESTADUAL DO PALMITO, PR



#### 5.4.2 Nitrato

Também, como observado, para o pH, de maneira geral, nitrato em PT varia bastante de 2000 a 2004, com picos crescentes e decrescentes não totalmente explicados pelas variações no volume de precipitação (FIGURA 5.4).

Na precipitação interna (PI) das tipologias INI, MED e AVA, o nitrato se comportou de maneira muito parecida. Na TF INI, em alguns períodos de coleta, o nitrato apresentou comportamento semelhante a PT, que se mostrou, na maioria das vezes bem diferente de PI sob a floresta. Nas tipologias MED e AVA, o dossel florestal é mais desenvolvido, apresentando maior densidade e diversidade de espécies, resultando em maior área para captura de partículas e gases que se encontram livres na atmosfera. Essas partículas e gases são lavadas da superfície das folhas e galhos pelas águas das chuvas, aumentando as concentrações de muitos nutrientes nas tipologias mais desenvolvidas da floresta, entre eles, o nitrato.

Em PI, diferentemente do foi observado em PT, a influência do volume precipitado sobre a concentração de nitrato traduz-se por picos nas datas de coleta com menores volumes de precipitação (FIGURA 5.4). McDOWELL (1998), entretanto, estudando fluxos internos de nutrientes em Porto Rico, não observou nenhuma relação significativa de nitrato com volume precipitado.

Apesar de apresentarem correlação negativa com o volume precipitado, as concentrações variaram entre os anos, sendo que os maiores valores de concentração ocorreram no ano de 2004, com picos nos meses de março, junho, outubro e novembro, aparentemente associados aos menores volumes de precipitação. Os menores valores foram no ano de 2002, e, mesmo nos meses com baixa precipitação, não observou-se picos de concentração para este nutriente. Também não foi observado um efeito sazonal claro sobre a concentração de nitrato.

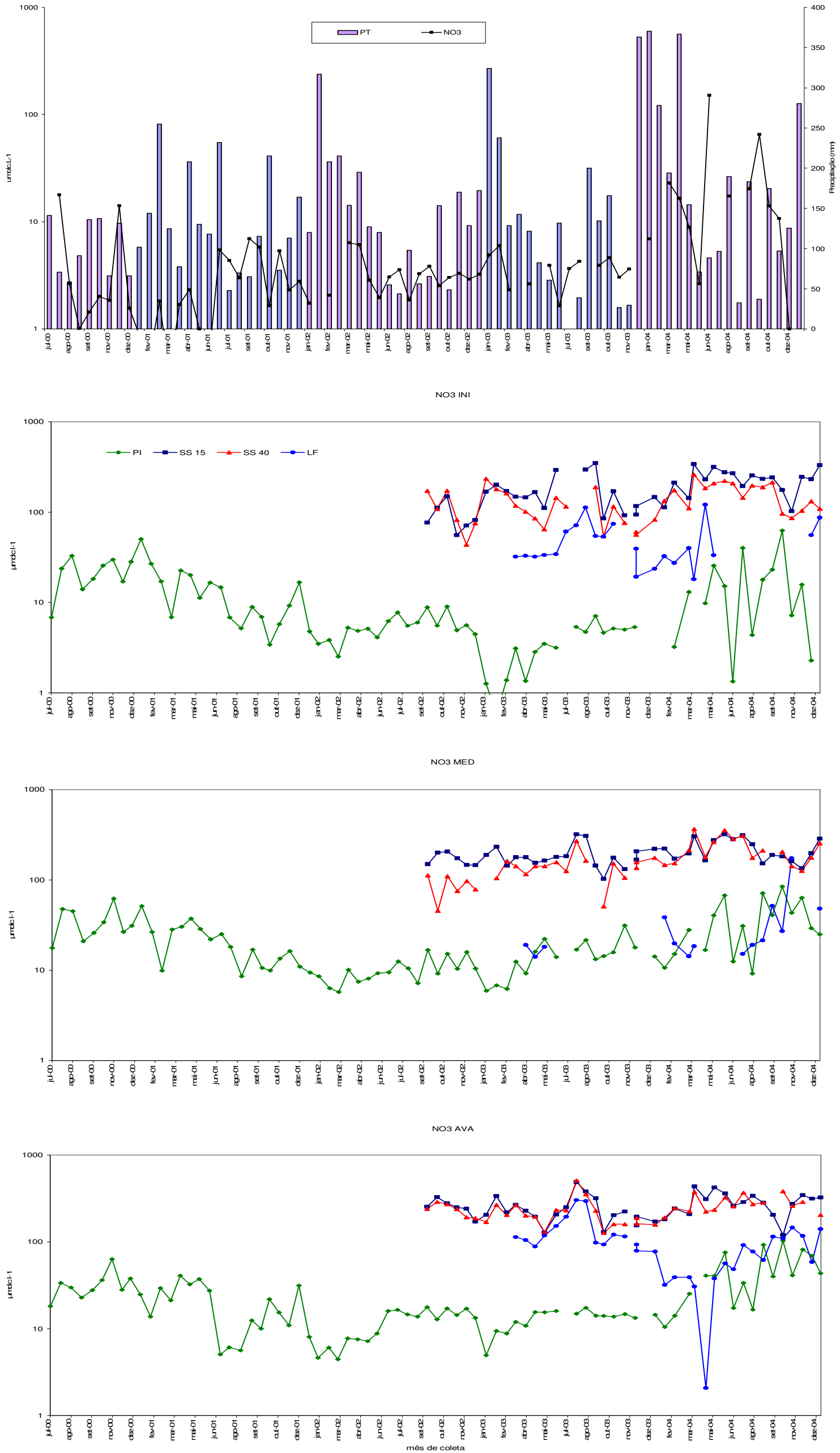
Nesse caso fica clara a importância de estudos de longa duração quando se avalia a dinâmica de elementos minerais na precipitação. De um ano para outro, variações significativas podem ocorrer com relação à concentração dos elementos nas soluções, como observado para o nitrato.

A dinâmica de  $\text{NO}_3^-$ -N nas soluções de solo, nas duas profundidades estudadas, mostra-se bem variável e semelhante. Esta similaridade pode indicar uma transferência do íon da profundidade de 15 cm para a profundidade de 40 cm

no solo. Estas variações devem estar mais associadas à grande demanda das plantas por nitrogênio e também à interação íntima que ocorre com a atividade da biota do solo. Na TF AVA, onde a umidade do solo é mais constante, a dinâmica parece ser menos variável do que nas outras duas tipologias. Não se observa um padrão estacional definido. Entretanto, tanto em 2003 quanto em 2004 é observado um decréscimo das concentrações do inverno para a primavera. Na transição da primavera de 2003 e verão de 2004, observa-se uma tendência de aumento das concentrações, mais marcante a 40 cm. Quando relacionado à precipitação, este comportamento parece estar sendo influenciado pelo aumento dos volumes precipitados (FIGURA 5.4), evidenciando o efeito da precipitação sobre as concentrações de nitrato.



FIGURA 5.4 - CONCENTRAÇÃO DE NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N NAS SOLUÇÕES PT, PI, SS E LF EM TF INI, MED E AVA NA FLORESTA ESTADUAL DO PALMITO, PR



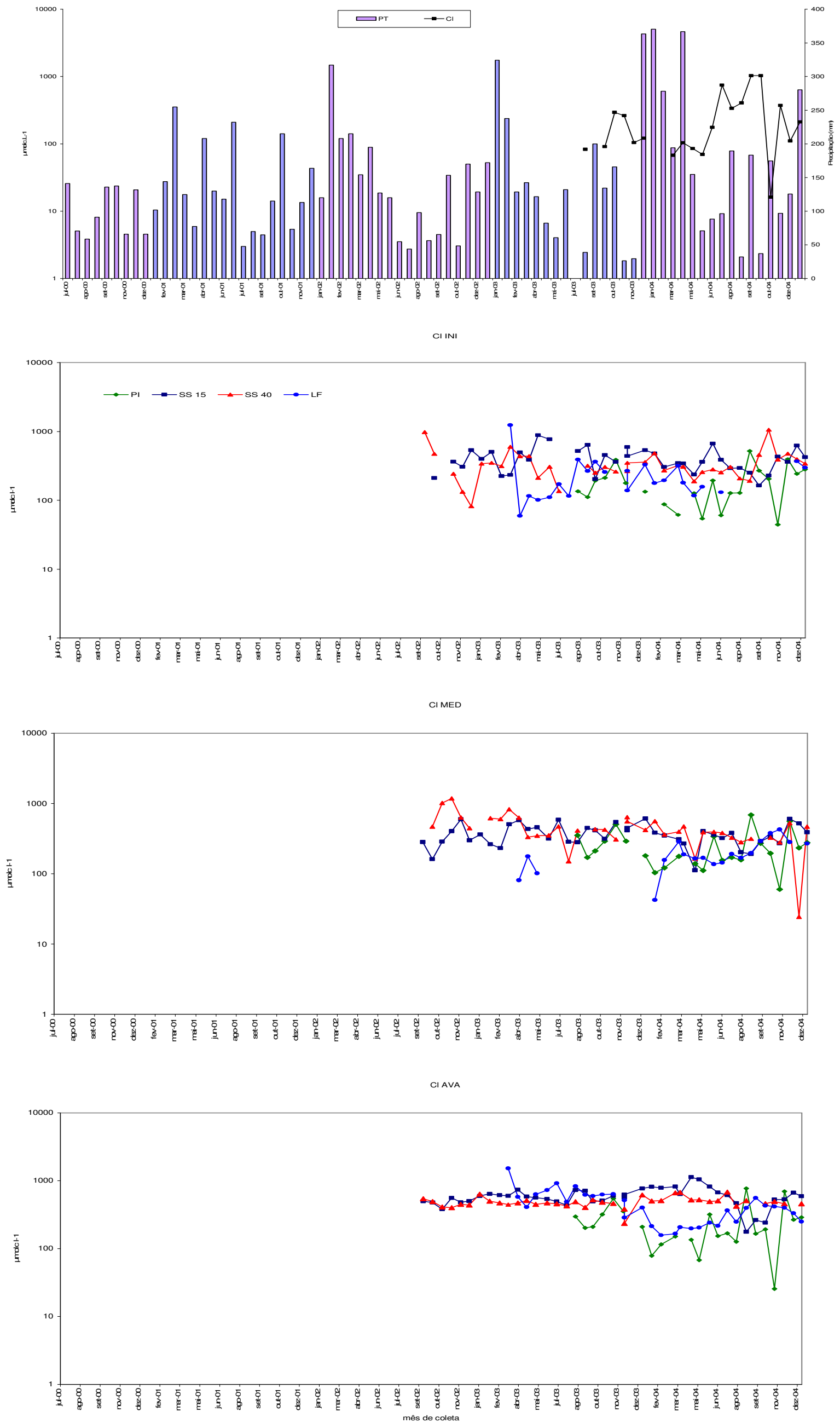
### 5.4.3 Cloreto

Na precipitação externa ou total (PT) e em PI, o cloreto foi analisado somente de agosto de 2003 em diante. O período parece ser curto para que se possa identificar uma influência clara do volume precipitado sobre sua concentração nestas soluções (FIGURA 5.5). A dinâmica deste íon, entretanto, é bem parecida tanto em PT quanto em PI, o que se explica facilmente pela sua origem (marinha) e pela pouca interação esperada com a vegetação, uma vez que este elemento é exigido em pequena quantidade pelas plantas. A interação maior que se observa diz respeito à sua captura da atmosfera pelo dossel florestal, o que justifica os maiores valores de concentração em PI AVA (TABELA 5.2), onde as árvores apresentam maior porte e a estrutura florestal é composta por mais estratos arbóreos. Nas tipologias florestais MED e AVA a correlação com volume precipitado foi negativa e significativa (TABELA 5.4), evidenciando o efeito de concentração/diluição das soluções, o qual estaria relacionado com a lavagem do cloro depositado sobre a vegetação.

Na solução de solo, tanto a 15 quanto a 40 cm, nas diferentes tipologias, observam-se valores mais elevados deste elemento (TABELA 5.5) que, como já foi comentado anteriormente, poderiam ser resultado da lavagem do  $Cl^-$  depositado na serapilheira e/ou resultado de sua liberação deste material por mineralização. A dinâmica nestas soluções, nas duas profundidades estudadas, apresenta grande similaridade indicando que o cloreto a 15 cm ( $SS_{15}$ ) estaria sendo lixiviado para a profundidade de 40 cm ( $SS_{40}$ ). E, aparentemente, também para o lençol freático (LF), uma vez que a dinâmica nesta última solução assemelha-se bastante com aquelas das soluções de solo.

Outra coisa que se observa tanto em  $SS_{15}$  e  $SS_{40}$ , e mesmo em LF, é uma menor variação dos valores de  $Cl^-$ , ao longo do tempo, na TF AVA, o que parece ter relação com o lençol freático mais próximo da superfície na parcela de estudo desta tipologia florestal, ou seja, com úmidade mais constante no perfil do solo as variações em concentração iônica se tornam menos expressivas.

FIGURA 5.5 - CONCENTRAÇÃO DE  $Cl^-$  NAS SOLUÇÕES PT, PI, SS E LF EM TF INI, MED E AVA NA FLORESTA ESTADUAL DO PALMITO, PR



#### 5.4.4 Potássio

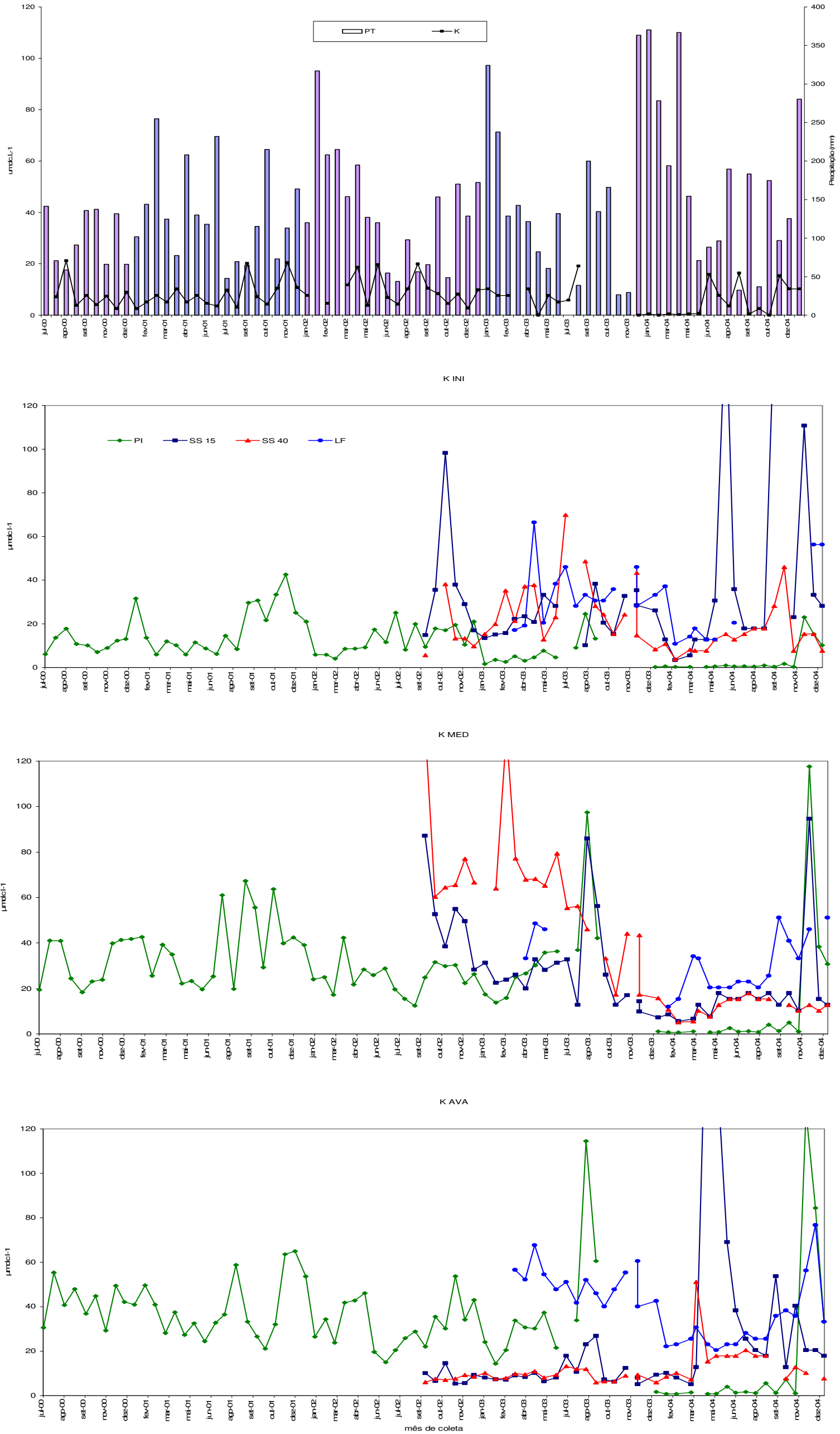
Na FIGURA 5.6 podem ser observados os teores de potássio nas soluções de precipitação, de solo e lençol freático, ao longo do período de estudo.

Nas soluções de precipitação (PT e PI), a variação dos valores de concentração apresenta correlação negativa e significativa com a precipitação (TABELA 5.4), o que, também para este íon, caracteriza o efeito diluição/concentração relacionado com o volume precipitado. No ano de 2004, este efeito de diluição ficou mais claro, onde os volumes precipitados reduziram drasticamente a concentração de  $K^+$  em solução. Mas, no caso deste elemento, a relação não parece ser tão simples, pois, em algumas datas, maiores valores de precipitação se relacionaram positivamente com a concentração de potássio. Isto pode ser facilmente explicado para a concentração em PI como resultado da lixiviação deste elemento das folhas das árvores. Segundo MALAVOLTA (1980), trata-se de um elemento que apresenta grande mobilidade, não possui nenhuma função estrutural na planta e se encontra acumulado no suco vascular, o que o torna facilmente lixiviado. PINTO (2001), analisando a contribuição de espécies florestais arbóreas para a ciclagem de nutrientes, na mesma área de estudo, observou que os elementos mais lixiviados foram  $K^+$  e  $Ca^{2+}$ , concluindo ser o processo de lixiviação de grande importância para o aporte de nutrientes ao solo. Esse efeito de lixiviação também foi observado por outros autores (MEGURO; VINUEZA; DELITTI, 1979; MARQUES; 1996).

Nas soluções de solo ( $SS_{15}$  e  $SS_{40}$ ), observa-se uma dinâmica bastante variável, sobretudo em TF INI e TF MED (TABELA 5.6). As concentrações de potássio não apresentaram variações sazonais, entretanto mostram uma tendência a maiores valores em períodos de menor volume precipitado, ou seja, parecido com a dinâmica de PI, sendo isto mais claro para  $SS_{15}$ . Na TF MED, sobretudo em 2002 e 2003, as concentrações a 40 cm de profundidade se mostram bastante superiores que nas soluções a 15 cm. Isto merece uma investigação mais detalhada, uma vez que este comportamento não se repetiu posteriormente. Na TF AVA, tanto a 15 cm quanto a 40 cm de profundidade, a concentração de  $K^+$  se mostrou bastante estável durante quase todo o período, o que, como já comentado anteriormente, parece estar relacionado com a posição do lençol freático nesta parcela de estudo,

proporcionando menores variações nos teores de umidade do solo. Mas picos de concentração aparecem em 2004, ocorrendo também nas outras duas tipologias, complicando a interpretação da dinâmica nestas soluções. Nas soluções de lençol freático (LF), a dinâmica de  $K^+$  se mostrou, em TF INI e TF MED, relacionada à dinâmica das soluções de solo, mas em TF AVA, isto não ficou muito claro. Como o potássio é um elemento altamente solúvel e como a principal fonte deste elemento para estas soluções seria a serapilheira, vários fatores poderiam estar relacionados com as variações de concentração observadas. Entre estes, estaria a heterogeneidade existente na composição da serapilheira devido à diversidade de espécies; as variações relacionadas com a fenologia das diferentes espécies, contribuindo de forma diferenciada para deposição de folhas, ramos ou flores; e a decomposição/lixiviação desta serapilheira. Além disso, é claro, as variações com relação à demanda de potássio pelas plantas, sendo que seria necessário conhecer, por exemplo, a taxa de absorção de potássio pelas plantas presentes nas áreas de estudo para poder explicar o efeito da vegetação sobre as concentrações na solução de solo.

FIGURA 5.6 - CONCENTRAÇÃO DE K<sup>+</sup> NAS SOLUÇÕES PT, PI, SS E LF EM TF INI, MED E AVA NA FLORESTA ESTADUAL DO PALMITO, PR



#### 5.4.5 Cálcio

Nas soluções PT e PI, observa-se dinâmica bastante semelhante, com variações relacionadas com a influência da precipitação sobre a concentração do cálcio, ou seja, as concentrações desse elemento tendem a ser maiores com menores volumes precipitados (FIGURA 5.7). Isso é claramente observado no período entre maio a outubro de 2002, fevereiro a novembro de 2003 e os picos em agosto, outubro e novembro de 2004 para PT, de maio a novembro de 2002, fevereiro a novembro de 2003 e agosto e outubro de 2004 para INI, maio a dezembro de 2002, fevereiro a novembro de 2003, também agosto e outubro 2004 para MED e AVA, evidenciando o efeito de diluição/concentração, assim como aconteceu com pH, cloreto e potássio. A presença de  $\text{Ca}^{2+}$  em PT pode ser atribuída aos aerossóis de origem marinha em suspensão na atmosfera, devido à proximidade da área de estudo com o oceano.

Nas soluções de precipitação interna (PI), além da lavagem destes aerossóis depositados sobre a vegetação, a lixiviação pode ter contribuído para o aumento nas concentrações de  $\text{Ca}^{2+}$  nestas soluções. PINTO (2001), em ensaio de pulverização e imersão de folhas verdes de espécies florestais da mesma área de estudo, observou que o  $\text{Ca}^{2+}$  foi o segundo elemento mais lixiviado das espécies estudadas, ficando atrás somente do potássio.

Nas soluções de solo ( $\text{SS}_{15}$  e  $\text{SS}_{40}$ ), as dinâmicas apresentam-se semelhantes e com pequenas variações de concentração, para as duas profundidades avaliadas, sugerindo tratarem-se de mesma solução, a qual estaria sendo simplesmente transferida de 15cm para 40 cm de profundidade no perfil do solo. Também para  $\text{Ca}^{2+}$ , como já mostrado para outros elementos, na TF AVA, as concentrações apresentaram pouca variação durante o período avaliado, devido à proximidade do lenço freático, responsável por umidade de solo mais estável ao longo do tempo.

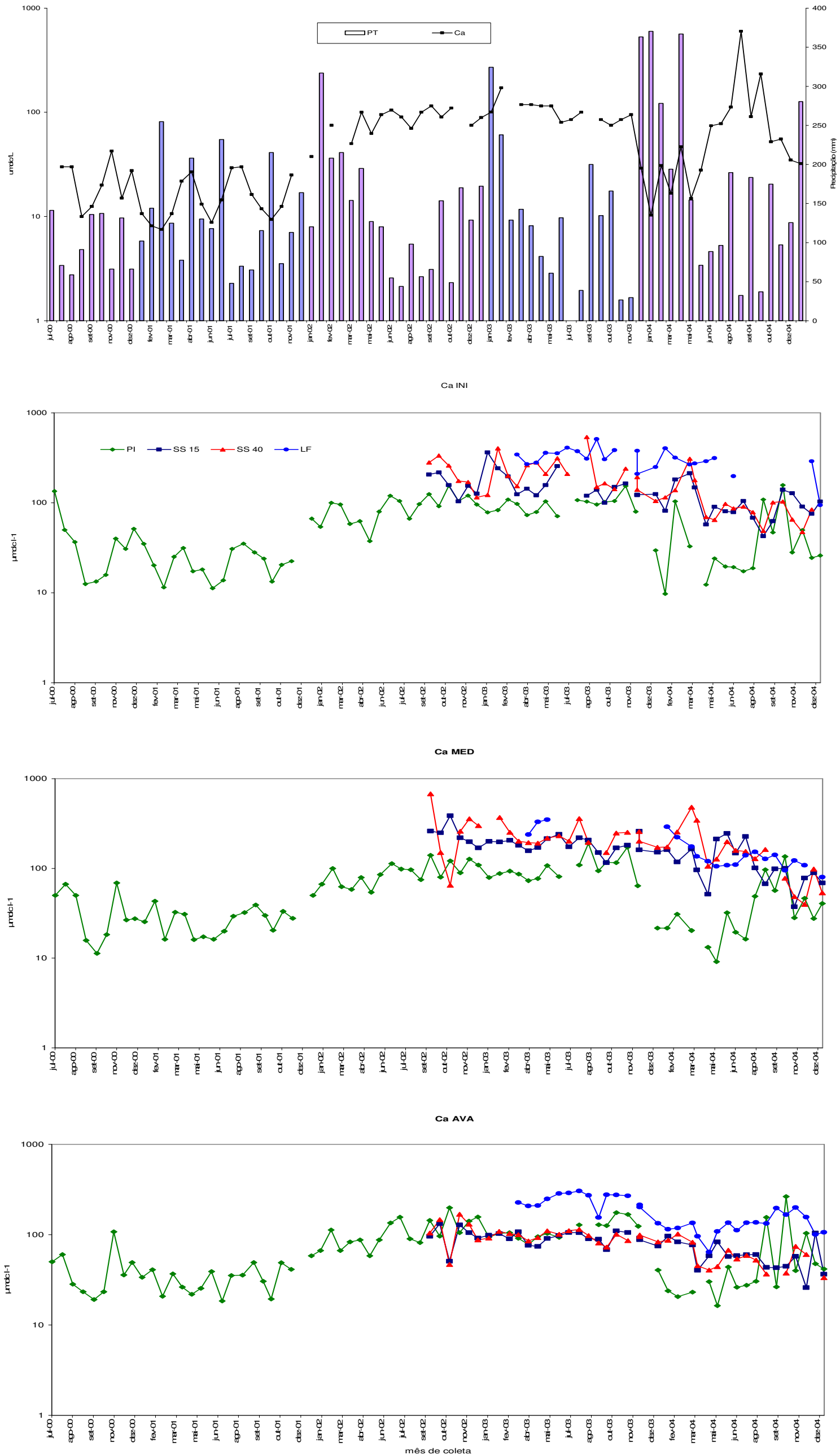
Nas soluções de lençol freático (LF), a dinâmica observada em PT, PI e SS se repete, ou seja, apresentando estreita relação negativa com o volume precipitado.

Ao analisar em conjunto as soluções PI,  $\text{SS}_{15}$  e  $\text{SS}_{40}$  e LF nas diferentes tipologias, observa-se que as variações de concentração nestas soluções acompanham as variações de concentração em PT, sugerindo a transferência deste

elemento verticalmente na floresta. Ou seja, ele estaria sendo depositado na forma de aerossol, tanto sobre a vegetação como sobre o solo e/ou serapilheira e sendo lavado das copas das árvores e lixiviado no perfil do solo até o lençol freático. Liberação deste elemento pela mineralização da serapilheira poderia também estar ocorrendo, o que justificaria concentrações mais elevadas em LF (TABELA 5.7).



FIGURA 5.7 - CONCENTRAÇÃO DE Ca<sup>2+</sup> NAS SOLUÇÕES PT, PI, SS E LF EM TF INI, MED E AVA NA FLORESTA ESTADUAL DO PALMITO, PR



#### 5.4.6 Magnésio e Sódio

As dinâmicas do magnésio e do sódio são discutidas em conjunto pois estes elementos mostraram dinâmica bastante semelhante, nas diferentes soluções. Estas dinâmicas são mostradas nas FIGURAS 5.8 e 5.9, respectivamente para  $Mg^{2+}$  e  $Na^+$ .

Nas soluções PT e PI, para ambos os elementos, observa-se a mesma relação já identificada para outros elementos de origem marinha, onde os maiores volumes precipitados resultam em soluções mais diluídas.

Nas soluções de solo ( $SS_{15}$  e  $SS_{40}$ ) e também no lençol freático (LF), a mesma dinâmica se repete e os valores de concentração não se diferenciam entre diferentes soluções, o que sugere a pouca interação destes dois elementos no perfil do solo. A liberação destes elementos da serapilheira não estaria sendo suficiente para afetar a concentração dos mesmos nas soluções ou a quantidade liberada estaria sendo consumida pela vegetação e/ou biota do solo, não enriquecendo, assim as soluções, como ocorreu no caso do cálcio.

As menores variações para os valores de concentração nas soluções de solo da TF AVA, também se repetem para  $Mg^{2+}$  e  $Na^+$ , assim como foi já discutido para vários outros elementos.

FIGURA 5.8 - CONCENTRAÇÃO DE Mg<sup>2+</sup> NAS SOLUÇÕES PT, PI, SS E LF EM TF INI, MED E AVA NA FLORESTA ESTADUAL DO PALMITO, PR

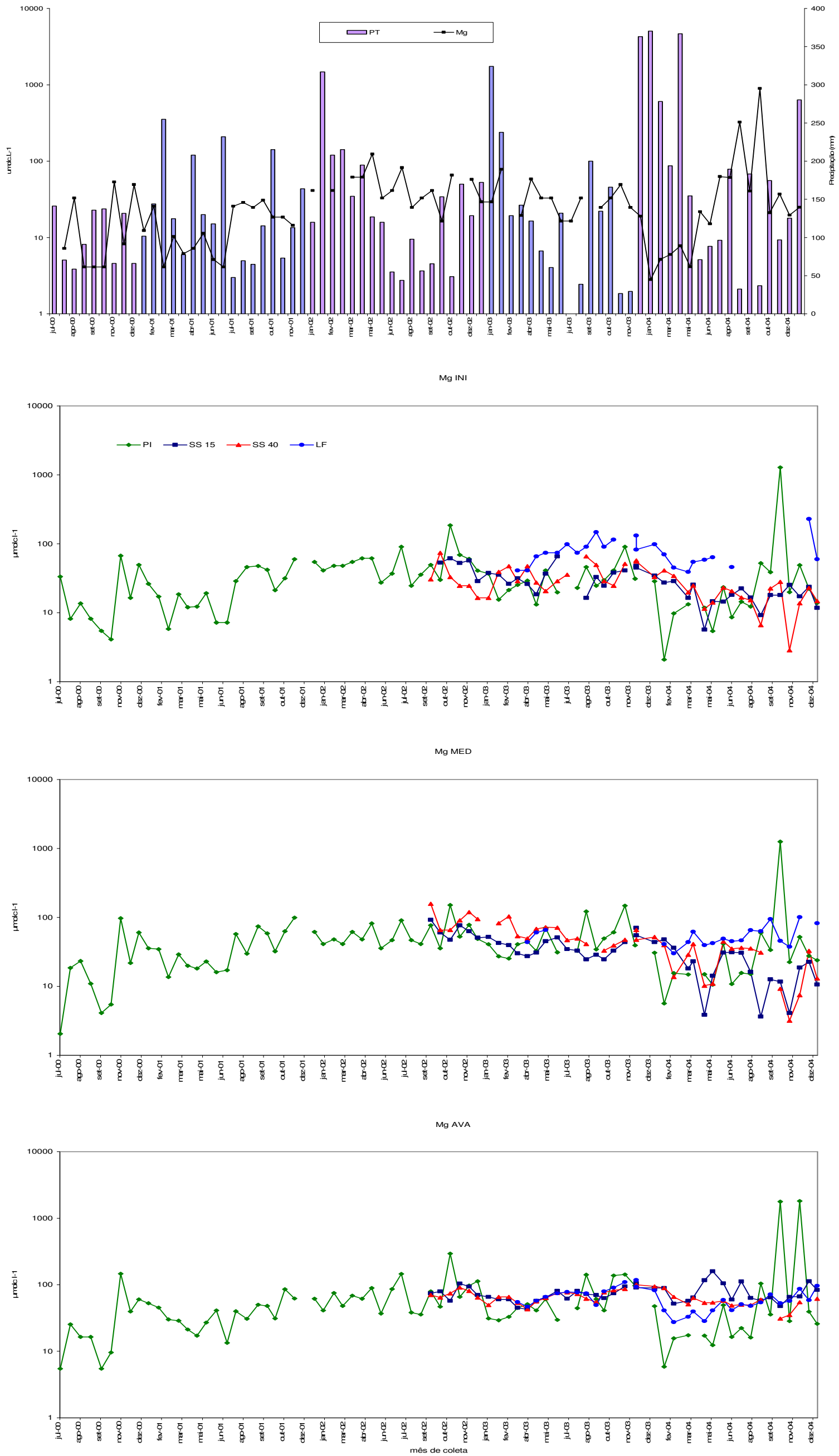


FIGURA 5.9 - CONCENTRAÇÃO DE Na<sup>2+</sup> NAS SOLUÇÕES PT, PI, SS E LF EM TF INI, MED E AVA NA FLORESTA ESTADUAL DO PALMITO, PR



## 5.5 FLUXOS DE NUTRIENTES NAS SOLUÇÕES DE PRECIPITAÇÃO INTERNA

Os fluxos dos elementos N (como nitrato), K, Ca, Mg e Na nas soluções de precipitação externa ou total (PT) e precipitação interna (PI), nas tipologias florestais Inicial (INI), Média (MED) e Avançada (AVA) são apresentados na TABELA 5.9, para diferentes anos de estudo e diferentes estações do ano.

Com relação ao aporte destes elementos nos diferentes anos de estudo, e para todas as soluções, pode-se observar que os fluxos variaram de um ano para outro, não ficando muito claro o efeito do volume precipitado sobre a quantidade dos diferentes elementos em solução.

De uma maneira geral, os fluxos de nutrientes apresentaram a seguinte ordem decrescente de valores:

- PT: Na > Ca > Mg > K > NO<sub>3</sub>-N
- PI INI, PI MED e PI AVA: Na > Ca > K > Mg > NO<sub>3</sub>-N

As quantidades médias de NO<sub>3</sub>-N, K, Ca, Mg e Na em kg.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> na precipitação externa (PT) foram, respectivamente, 2,31; 5,81, 27,35; 9,33 e 73,93. Na TF INI, as quantidades médias depositadas para os mesmos elementos foram 2,51; 7,34; 24,08; 8,88 e 59,99 kg.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>. Nas TFs MED e AVA, as quantidades médias que alcançaram o piso florestal foram, 5,48 e 5,93 kg NO<sub>3</sub>-N.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>, 18,48 e 20,37 kg K.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>, 24,04 e 30,10 kg Ca.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>, 10,64 e 17,16 kg Mg.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>, 82,99 e 61,07 kg Na.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> (TABELA 5.9).

Avaliando-se comparativamente os fluxos dos diferentes elementos em PT e PI (TABELA 5.9), nota-se certa tendência de fluxos mais elevados de nitrato em PI, sobretudo nas tipologias MED e AVA. Para o potássio, observa-se a mesma tendência do nitrato e, para o magnésio, os maiores fluxos são observados em PI AVA. Cálcio e sódio não mostram grandes diferenças de fluxo entre PT e PI e, dependendo do ano e da tipologia considerada, foram observados, inclusive, fluxos mais altos em PT, o que sugere que parte destes elementos ficou retido no dossel florestal, sendo, possivelmente, absorvido via foliar pelas árvores ou retido pelas epífitas que são numerosas, sobretudo nas tipologias MED e AVA.

Para  $\text{NO}_3$  e K ficou clara a influência da vegetação sobre a quantidade desses elementos. A precipitação externa carregou da atmosfera 2,31 e 5,81  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$ , respectivamente de nitrato e potássio. Quando atravessou a cobertura florestal, as quantidades de nitrato lavadas pela chuva foram de 2,51; 5,48; 5,93  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$  nas TF INI, TF MED e TF AVA, respectivamente, enquanto que para potássio foi de 7,34; 18,48; 20,37  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$ , nas mesmas tipologias (TABELA 5.9). Os valores de nitrato são maiores aos encontrados por McDOWELL (1998), em Floresta Tropical em Porto Rico e menores aos observados por PROTIL (2006), também na Floresta Estadual do Palmito. BRITTEZ (1994) e SCHEER (2006), ambos trabalhando em Mata Atlântica, e MEGURO *et al* (1979) e ARCOVA E CICCO (1989) encontraram quantidades superiores às do presente estudo; já LACLAU *et al* (2003), trabalhando no Congo observaram valores quantitativos inferiores (TABELA 5.10).

Cálcio apresentou maiores quantidades médias em PT do que em PI, sugerindo que a vegetação está absorvendo tal elemento, conforme também comentado para o sódio. Nas TF INI e TF MED, os volumes precipitados foram praticamente os mesmos e isso refletiu nas quantidades de cálcio, com valores de 24,08  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$  na TF INI e 24,04  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$  na TF MED (TABELA 5.9). McDOWELL (1998) encontrou valores de cálcio próximos aos observados nas TF INI e TF MED. SCHEER (2006), trabalhando também em Floresta Atlântica, e PROTIL (2006), trabalhando nas mesmas áreas do presente estudo, porém utilizando metodologia de coleta diferente, encontraram quantidades inferiores às observadas nas três tipologias estudadas (TABELA 5.10).

O magnésio, mesmo apresentando uma pequena diferença, assim como cálcio mostrou maiores quantidades em PT que na TF INI (TABELA 5.9). Os valores quantitativos foram aumentando da TF INI para a TF AVA, sendo observada influência da vegetação sobre o magnésio lavado das copas das árvores. As quantidades que alcançaram o piso florestal foram de 8,88  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$  na TF INI, 10,64  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$  na TF MED e 17,16  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$  na TF AVA, valor esse 2 vezes maior que o observado na TF INI. As quantidades de magnésio observadas nas TF MED e TF AVA foram semelhantes às relatadas por BRITTEZ (1994) e McDOWELL (1998), enquanto PROTIL (2006) observou valores semelhantes aos observados nas TFs INI e MED.

Durante o período de estudo, a quantidade média anual de sódio que entrou pela precipitação total (PT) na Floresta do Palmito foi  $73,93 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$ . A quantidade desse elemento nas TF INI e TF AVA foi menor ( $59,99$  e  $61,07 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$  respectivamente), o que pode sugerir, como já mencionado anteriormente, que a vegetação esteja absorvendo sódio. Já na TF MED, observa-se um aumento na quantidade de sódio (TABELA 5.9); este comportamento já foi observado nos valores qualitativos desse elemento. PINTO (2001), trabalhando na mesma área de estudo, avaliando a contribuição de espécies arbóreas para a ciclagem de nutrientes, através de lixiviação de folhas verdes coletadas nas copas das árvores, observou o mesmo comportamento para o sódio. Em termos quantitativos, valores semelhantes ao deste estudo foram relatados por McDOWELL (1998), enquanto SCHEER (2006) e PROTIL (2006) reportaram valores muito superiores aos das três tipologias.

Com relação ao efeito estacional sobre fluxos dos nutrientes, nas soluções de precipitação, os dados mostram pouca clareza. Isto porque os fluxos seriam dependentes de muitos fatores, que segundo ARCOVA; CICCIO e SHIMOMICHI (1993) afetam a composição química da água da chuva, como variação na quantidade, intensidade e distribuição das precipitações, alterações na trajetória de massas de ar e contribuição de diferentes fontes injetoras de íons na atmosfera. Entretanto, correlações positivas e significativas entre volume precipitado e quantidade dos elementos (TABELA 5.8) foram detectadas, ou seja, os maiores volumes de chuva proporcionaram maior quantidade dos elementos nas soluções de precipitação. Este comportamento foi mais expressivo nas TF MED e TF AVA. Como a vegetação nestas duas tipologias é mais complexa e diversa, a captura dos elementos da atmosfera deve ser superior e resulta numa maior liberação destes durante os eventos de precipitação.

TABELA 5.8 - COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO DE SPEARMAN ENTRE QUANTIDADE DOS ELEMENTOS E VOLUME PRECIPITADO NA TF INI, TF MED E TF AVA NA FLORESTA ESTADUAL DO PALMITO, PR

	PT (n=74)	PI INI (n=74)	PI MED (n=74)	PI AVA (n=74)
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,31**	0,24**	0,53**	0,59**
K	0,31**(n=68)	0,17 (n=71)	0,39**(n=71)	0,37**(n=71)
Ca	0,35**	0,51**	0,57**	0,47**
Mg	0,29**	0,40**	0,47**	0,39**
Na	0,39**	0,51**	0,68**	0,61**

\*\* Coeficiente de correlação significativo ao nível de 1%

Em PT, os dados (TABELA 5.9) mostram uma tendência de maiores valores de fluxos nas estações com maior volume precipitado. Isto ficou mais marcado nos anos em que a precipitação foi bastante distinta entre as estações, como é o caso dos anos de 2002 e 2003, onde no verão o volume precipitado foi superior ao observado nas demais estações, o que resultou também em maiores fluxos de nutrientes. Por outro lado, em 2004, isto não ocorreu, provavelmente pelo fato da primavera de 2003, que antecedeu o verão de 2004, ter também apresentado volumes expressivos de precipitação, o que teria contribuído para uma diminuição da quantidade de elementos em suspensão na atmosfera.

Em PI, independentemente da tipologia florestal, o efeito estacional se caracterizou por uma tendência de maiores fluxos de nutrientes no verão e na primavera (TABELA 5.9), que são, normalmente, as duas estações com maiores precipitações e maior incidência de ventos, apesar de não ter sido sempre o caso nos anos de estudo deste trabalho. Os ventos podem ter papel importante nestes fluxos, pois seriam responsáveis pelo transporte de partículas de aerossóis, ou outras em suspensão na atmosfera, as quais seriam depositadas sobre o dossel da floresta. Infelizmente os dados de vento da estação meteorológica de Paranaguá não foram ainda obtidos, o que ajudaria a compreensão de sua importância sobre estes fluxos de nutrientes. Outra fonte de nutrientes para as soluções de precipitação interna seria a lixiviação de nutrientes das partes internas das plantas (TUKEY, 1970), mas no presente estudo isto não foi investigado.



TABELA 5.9 - FLUXO ESTACIONAL DE ELEMENTOS (kg.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>) ATRAVÉS DA PT E PI NA FLORESTA ESTADUAL DO PALMITO, PR

	Ano	Estação	Vol chuva (mm)	NO <sub>3</sub>	K	Ca	Mg	Na
PT		verão	625,58	0,09	1,40	1,10	0,89	18,64
		outono	765,40	0,29	1,65	2,67	0,61	11,80
		inverno	297,63	0,22	1,10	1,18	1,02	12,03
		primavera	565,20	0,20	2,26	2,64	1,36	17,89
		<b>2001</b>	<b>2253,81</b>	<b>0,80</b>	<b>6,42</b>	<b>7,60</b>	<b>3,87</b>	<b>60,36</b>
		verão	1014,00	0,38	2,16	9,27	4,66	34,19
		outono	496,70	0,27	2,69	8,92	4,12	17,41
		inverno	263,68	0,11	1,17	4,79	1,29	6,29
		primavera	672,95	0,28	1,94	10,31	2,72	13,71
		<b>2002</b>	<b>2447,33</b>	<b>1,04</b>	<b>7,96</b>	<b>33,29</b>	<b>12,78</b>	<b>71,59</b>
		verão	832,98	0,62	2,76	19,56	4,25	33,39
		outono	396,56	0,27	1,30	8,28	1,70	9,41
		inverno	373,08	0,30	1,02	6,08	1,35	10,50
		primavera	221,67	0,13		3,50	0,91	8,67
		<b>2003</b>	<b>1824,29</b>	<b>1,32</b>	<b>5,07</b>	<b>37,41</b>	<b>8,21</b>	<b>61,97</b>
		verão	1205,87	0,98	0,11	5,24	1,28	19,54
		outono	680,56	2,94	0,64	5,59	0,77	23,42
		inverno	501,49	1,29	0,80	12,95	4,32	24,84
		primavera	714,46	0,84	2,24	7,29	6,07	33,97
		<b>2004</b>	<b>3102,39</b>	<b>6,06</b>	<b>3,79</b>	<b>31,07</b>	<b>12,45</b>	<b>101,77</b>
	<b>MÉDIA</b>	<b>2406,96</b>	<b>2,31</b>	<b>5,81</b>	<b>27,35</b>	<b>9,33</b>	<b>73,93</b>	
INI		verão	578,71	1,81	2,90	2,30	1,00	18,64
		outono	703,08	1,65	2,16	2,44	0,97	11,80
		inverno	266,13	0,26	2,35	1,52	1,38	12,03
		primavera	519,54	0,67	5,74	2,95	2,19	17,89
		<b>2001</b>	<b>2067,46</b>	<b>4,38</b>	<b>13,16</b>	<b>9,22</b>	<b>5,55</b>	<b>60,36</b>
		verão	1012,32	0,53	2,96	15,47	5,90	34,70
		outono	455,35	0,32	1,89	5,82	2,94	15,63
		inverno	223,93	0,21	1,18	4,16	1,16	5,73
		primavera	607,91	0,46	4,20	13,00	4,51	17,97
		<b>2002</b>	<b>2299,51</b>	<b>1,51</b>	<b>10,23</b>	<b>38,46</b>	<b>14,51</b>	<b>74,02</b>
		verão	707,23	0,14	0,84	12,52	2,18	6,62
		outono	389,12	0,14	0,72	6,19	1,19	6,58
		inverno	291,12	0,41	1,55	7,49	1,50	11,47
		primavera	201,57	0,15		4,37	1,13	7,74
		<b>2003</b>	<b>1589,05</b>	<b>0,84</b>	<b>3,11</b>	<b>30,57</b>	<b>6,00</b>	<b>32,41</b>
		verão	1079,79	0,50	0,13	8,74	1,80	20,50
		outono	607,02	1,13	0,11	2,04	0,84	11,96
		inverno	388,01	1,06	0,08	2,81	1,25	10,38
		primavera	643,56	0,62	2,55	4,47	5,56	30,31
		<b>2004</b>	<b>2718,38</b>	<b>3,31</b>	<b>2,87</b>	<b>18,06</b>	<b>9,45</b>	<b>73,15</b>
	<b>MÉDIA</b>	<b>2168,61</b>	<b>2,51</b>	<b>7,34</b>	<b>24,08</b>	<b>8,88</b>	<b>59,99</b>	

continuação

	Ano	Estação	Vol chuva (mm)	NO <sub>3</sub>	K	Ca	Mg	Na
MED		verão	576,86	1,91	7,89	3,20	1,77	17,89
		outono	658,37	2,69	6,16	2,46	1,49	18,97
		inverno	260,57	0,45	5,10	1,68	1,74	12,90
		primavera	511,74	0,84	7,87	3,80	3,19	24,87
		<b>2001</b>	<b>2007,54</b>	<b>5,89</b>	<b>27,02</b>	<b>11,14</b>	<b>8,18</b>	<b>74,62</b>
		verão	911,22	0,99	9,56	12,59	5,29	40,10
		outono	462,77	0,53	4,57	7,12	3,12	19,17
		inverno	221,80	0,36	1,53	4,56	1,58	7,84
		primavera	626,46	1,01	6,82	12,81	4,55	26,31
		<b>2002</b>	<b>2222,25</b>	<b>2,89</b>	<b>22,48</b>	<b>37,07</b>	<b>14,54</b>	<b>93,42</b>
		verão	693,99	0,72	4,69	11,88	2,86	14,50
		outono	343,49	0,69	4,31	5,65	1,77	12,13
		inverno	341,58	1,01	5,45	8,74	2,48	20,33
		primavera	219,38	0,55		5,19	1,84	11,81
		<b>2003</b>	<b>1598,44</b>	<b>2,96</b>	<b>14,45</b>	<b>31,46</b>	<b>8,95</b>	<b>58,77</b>
		verão	1110,67	2,41	0,39	5,22	2,30	31,37
	outono	641,50	2,48	0,25	1,95	1,29	16,34	
	inverno	423,63	1,75	0,21	4,10	1,30	17,43	
	primavera	661,16	3,53	9,11	5,22	5,99	40,01	
	<b>2004</b>	<b>2836,97</b>	<b>10,17</b>	<b>9,97</b>	<b>16,50</b>	<b>10,88</b>	<b>105,15</b>	
	<b>MÉDIA</b>	<b>2166,30</b>	<b>5,48</b>	<b>18,48</b>	<b>24,04</b>	<b>10,64</b>	<b>82,99</b>	
AVA		verão	546,43	1,80	8,64	3,33	2,45	13,22
		outono	599,75	2,09	7,13	2,93	1,58	12,87
		inverno	230,70	0,29	3,32	1,67	1,22	9,38
		primavera	440,32	1,34	7,50	4,50	3,07	16,21
		<b>2001</b>	<b>1817,21</b>	<b>5,51</b>	<b>26,58</b>	<b>12,43</b>	<b>8,32</b>	<b>51,67</b>
		verão	810,12	0,65	10,42	12,57	5,51	30,07
		outono	383,93	0,46	5,29	6,52	3,05	14,01
		inverno	190,08	0,41	1,84	4,24	1,48	5,36
		primavera	532,41	1,08	8,57	13,95	6,23	19,26
		<b>2002</b>	<b>1916,53</b>	<b>2,60</b>	<b>26,11</b>	<b>37,28</b>	<b>16,27</b>	<b>68,70</b>
		verão	664,60	0,76	5,67	13,05	2,67	8,34
		outono	288,39	0,58	3,23	5,24	1,52	6,95
		inverno	317,30	1,09	6,51	26,32	3,24	15,66
		primavera	178,75	0,35		6,07	2,95	9,37
		<b>2003</b>	<b>1449,06</b>	<b>2,78</b>	<b>15,41</b>	<b>50,68</b>	<b>10,38</b>	<b>40,33</b>
		verão	1075,27	1,59	0,47	5,12	2,55	19,91
	outono	602,81	4,21	0,28	4,26	1,83	17,27	
	inverno	426,97	1,90	0,24	2,85	1,47	12,60	
	primavera	661,75	5,14	12,37	7,77	27,81	33,78	
	<b>2004</b>	<b>2766,80</b>	<b>12,83</b>	<b>13,36</b>	<b>20,01</b>	<b>33,66</b>	<b>83,56</b>	
	<b>MÉDIA</b>	<b>1987,40</b>	<b>5,93</b>	<b>20,37</b>	<b>30,10</b>	<b>17,16</b>	<b>61,07</b>	

TABELA 5.10 - QUANTIDADE DE ELEMENTOS MINERAIS ( $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$ ) NA PRECIPITAÇÃO INTERNA EM DIFERENTES ECOSSISTEMAS FLORESTAIS

LOCAL	ECOSSISTEMA	NO <sub>3</sub>	K	Ca	Mg	Na	REFERÊNCIA
São Paulo	Floresta mesófila secundária	n.d*	126,00	n.d*	n.d*	n.d*	MEGURO <i>et al.</i> , 1979
São Paulo	Cerrado	n.d*	67,80	6,80	7,10	0,00	LIMA, 1986
São Paulo	Floresta secundária	n.d*	79,80	11,50	7,20	20,65	ARCOVA e CICCO, 1989
Paraná	Floresta Atlântica	n.d*	44,80	12,10	14,20	n.d*	BRITEZ, 1994
	Restinga alta	n.d*	49,90	11,40	14,60	n.d*	
Porto Rico	Floresta tropical	0,2	51,6	22,7	13,14	81,30	McDOWELL, 1998
Congo	Savana	n.d*	2,80	3,30	1,40	n.d*	LACLAU <i>et al.</i> , 2005
	Eucaliptus	n.d*	6,80	7,80	3,20	n.d*	
Paraná	Capoeira mais desenvolvida	n.d*	51,60	4,90	2,90	95,80	
	Capoeira menos desenvolvida	n.d*	28,60	4,20	2,10	91,80	SCHEER, 2006
Paraná	Tipologia inicial	3,50	25,20	13,70	7,60	127,30	
	Tipologia média	9,30	55,90	15,30	10,60	148,50	PROTIL, 2006
	Tipologia avançada	14,50	73,10	17,40	8,20	155,08	
	Tipologia inicial	2,51	7,34	24,08	8,88	59,99	
Paraná	Tipologia média	5,48	18,48	24,04	10,64	82,99	Presente estudo
	Tipologia avançada	5,93	20,37	30,10	17,16	61,07	

n.d\* não determinado

## 6 CONCLUSÕES

A dinâmica da precipitação ao longo do tempo, nos diferentes anos de estudo, apresentou-se semelhante à dinâmica anual histórica, mas a ocorrência de períodos atípicos de precipitação, ou, ainda, alterações observadas na distribuição de precipitação ao longo tempo, evidenciam a necessidade de monitoramento de longa duração para que a dinâmica da precipitação seja melhor compreendida;

Diferentes tipologias vegetais, por apresentarem diferenças com relação à cobertura vegetal e aos estratos verticais da vegetação, podem apresentar maior ou menor interceptação da precipitação pluviométrica;

As soluções de precipitação total na região são compostas principalmente por sódio e cloreto; e isto se repete na precipitação interna, caracterizando a influência da vegetação, sobretudo como captadora dos aerossóis de origem marinha;

As soluções de solo apresentam composição diferente das soluções de precipitação sendo caracterizadas principalmente por íons resultantes do processo de mineralização da serapilheira e da matéria orgânica do solo;

As soluções de lençol freático se caracterizaram por apresentar composição e concentrações de íons próximas às observadas nas soluções de solo, mas com valores de pH bem mais elevados o que indica a neutralização dos ácidos orgânicos, provavelmente pela complexação destes com o alumínio em solução;

As estações do ano podem influenciar a composição química das soluções de precipitação, pelo efeito de diluição ou concentração conforme o volume precipitado;

A vegetação apresenta efeito marcante sobre a composição das soluções de solo e de lençol freático, uma vez que suas composições são resultantes, sobretudo, da mineralização da serapilheira e da matéria orgânica do solo;

As soluções de precipitação contribuem com quantidades expressivas de sódio e cloro aos ecossistemas florestais, mas também mostram contribuição considerada de cálcio, potássio e magnésio.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados gerados no presente trabalho permitiram caracterizar a importância das soluções de precipitação e da própria vegetação (indiretamente pela liberação de nutrientes de sua serapilheira) para a autossustentabilidade destas florestas sobre Espodosolo. Entretanto, estudos mais detalhados devem ser efetuados, com o intuito de compreender melhor o papel dos ácidos orgânicos na dinâmica dos íons nas soluções de solo e de lençol freático.

Outros estudos biogeoquímicos foram desenvolvidos nestas mesmas parcelas de estudo e, em conjunto com outros resultados do Projeto Solobioma, devem contribuir para uma compreensão mais holística da dinâmica biogeoquímica nestas florestas; de sua relação com a dinâmica das comunidades vegetais e com os organismos do solo, o que deve resultar em conhecimento de base para contribuir com a proteção destas florestas e com a definição de ações que possam ser usadas para recuperar áreas degradadas em mesma situação de solo e clima.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARCOVA, F. C. S.; CICCIO, V. de. Fluxo de nutrientes através da precipitação interna e escoamento pelo tronco em floresta natural secundária no Parque Estadual da Serra do Mar – Núcleo Cunha – SP. **Boletim Técnico do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 41, n. 1, p. 37-58, 1987.

ARCOVA; F. C. S.; CICCIO, V.; LIMA, W. P. Balanço de nutrientes  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  e  $\text{NO}_3^-$  em bacia hidrográfica experimental com vegetação natural do Parque Estadual da Serra do Mar – Núcleo Cunha – SP. **IPEF**, Piracicaba, n. 31, p. 61-67, 1985.

ARCOVA, F. C. S.; CICCIO, V. de; SHIMOMICHI, P. Y. Qualidade da água e dinâmica dos nutrientes em bacia hidrográfica recoberta por floresta de Mata Atlântica. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 5, n.1, p. 1-20, 1993.

ARCOVA, F. C. S.; CICCIO, V. de; ROCHA, P. A. B. Precipitação efetiva e interceptação das chuvas por floresta de Mata Atlântica em uma microbacia experimental em Cunha – São Paulo. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 2, p. 257-262, 2003.

BERTÉ L. **Análise da Dinâmica de Precipitação, N-NO<sub>3</sub> e pH em Componentes Hidrológicos na Floresta Estadual do Palmito, Paranaguá-PR**. UFPR, Curitiba, 2003. (Relatório de Iniciação Científica)

BERTÉ, L.; MARQUES, R.; PIAZZA, G. E. Dinâmica hidrológica em sucessão ecológica da Floresta Ombrófila das Terras Baixas no litoral paranaense. In: 11 Evento de Iniciação Científica da UFPR, 2003, Curitiba. **Inclusão e Cidadania. Anais...** Curitiba : UFPR-PRPPG, 2003. p. 12-12.

BERTÉ, L.; MARQUES, R.; PIAZZA, G. E.; SCHWARZBACH, J. Contribuição de Floresta Atlântica em regeneração para a deposição de nitrogênio e potássio através da água da chuva. In: SEMINÁRIO NACIONAL DEGRADAÇÃO E RECUPERAÇÃO AMBIENTAL, 2003, Foz do Iguaçu. **Seminário Nacional Degradação e Recuperação Ambiental - Perspectiva Social**. Curitiba : FUPEF, 2003.

BIGARELLA, J. J. 1978. **A Serra do Mar e a porção oriental do Estado do Paraná: contribuição à geografia, geologia e ecologia regional**. Curitiba, Secretaria de Estado do Planejamento. 248 pp.

BIHN, J. VERHAAGH, M.; BRANDL, R.; MARQUES, R.; HOEFER, H. Ant Diversity in Secondary Forests of the Mata Atlântica in Brazil - Methods and Approaches (Project SOLOBIOMA).. In: XIVth INTERNATIONAL COLLOQUIUM ON SOIL ZOOLOGY AND ECOLOGY, 2004, Rouen. **Soil animals and ecosystem services**. Rouen : Université de Rouen, 2004.

BLUM, W.E.H. **Ecosystemas Florestais, Ciclo de Bioelementos**. Curitiba, V. 09, nº 01, p. 39-50, 1978.

BOERGER, M.R.T. **Morfologia Foliar e Aspectos Nutricionais de Espécies Arbóreas em Três Estágios Sucessionais, da Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas, Paranaguá – PR**. Tese de Doutorado. UFPR. Curitiba, 2000.

BOERGER, 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. Brasileira**, v. 19, n.1, p. 167-181.

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

BREYMEYER, A.; DEGORSKI, M.; REED, D. Decomposition of pine-litter organic matter and chemical properties of upper soil layer: transect studies. **Environmental Pollution**, Barking, v. 98, p.361-367, 1997.

BRÜSKE, J.A. **Dinâmica da Precipitação, pH e Nutrientes na Floresta Estadual do Palmito, Paranaguá/ PR**. In: 13º Evento de Iniciação Científica da UFPR. 2005, Curitiba. **Anais...** Curitiba, 2005, p.16

CAMPOS, M. L.; MARCHI, G.; LIMA, D. M.; SILVA, C. A. S. **Ciclagem de nutrientes em florestas e pastagens**. Lavras: UFLA, s.d. 61 p.

CAVALIER, J.; JARAMILLO, M.; SOLIS, D. Water balance and nutrient inputs in bulk precipitation in tropical montane cloud forest in Panamá. **Journal of hydrology**, v. 193 p. 83-96, 1997.

CURCIO, G.R. – Principais tipos de solos da planície litorânea do estado do Paraná e suas distribuições na paisagem. Impresso. 2002

De VRIES, W.; VAN GRINSVEN, J. J.; VAN BREMEN, N.; LEETERS, E. E. J. M.; JANSEN, P. C. Impacts of acid deposition on concentration and fluxes of solutes in acid sandy forest soils in the Netherlands. **Geoderma**. V. 67, p. 17-43, 1995.

DICKOW, K.M.C. **Influência estacional e sucessional na lixiviação de nutrientes de serapilheira de Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas**. Curitiba, 2000, 50 f. Monografia apresentada ao Programa especial de Treinamento do Curso de engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná.

DICKOW, K. M. C.; MARQUES, R. Avaliação da lixiviação de nutrientes da serapilheira de Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas no Litoral

Paranaense. In: VI Evento de Iniciação Científica da UFPR. 1998, Curitiba. **Anais...** Curitiba, 1998, p.363

DICKOW, K. M. C.; MARQUES, R. Influência estacional e sucessional na lixiviação de nutrientes de serapilheira de Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas.. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DO SOLO, XXVII, 1999, Brasília. CD-ROM.

DICKOW, K. M. C.; MARQUES, R.; WISNIEWSKI, C. Avaliação da lixiviação de nutrientes da serapilheira de um ecossistema florestal no Litoral Paranaense. . In: Forest 99, 1999, Curitiba. **Anais...**: Curitiba: FUPEF **ANAIS....**1999.

DOMINGOS, M.; LOPES, M. I. M. S.; VUONO, Y. S. Nutrient cycling disturbance in Atlantic Forest sites affected by air pollution coming from the industrial complex of Cubatão, Southeast Brazil. **Revista Brasileira de Botânica**. São Paulo, v. 23, n. 1, p.77-85, mar. 2000.

DRICOLL, C. T. The chemistry of aluminum in surface waters. In: SPOSITO, G. (Ed) **The environmental chemistry of aluminum**. Boca Raton, CRC Press, 1989, p. 242-273.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Nutrição Mineral de Plantas**: princípios e perspectivas. 2º ed. Editora Planta, 2006.

FERREIRA; S. J.; LUIZÃO, F. J.; DALLAROSA, R. L. G. Precipitação interna e interceptação da chuva em floresta de terra firme submetida à extração seletiva de madeira na Amazônia Central. **Acta Amazônica**. v. 35, n. 1, p. 55-62, 2005.

GOLLEY, F. B.; MCGINNIS, J.; CLEMENTS, R. G.;CHILD, G. I.; DUEVER, M. J. **Ciclagem de minerais em um ecossistema de floresta tropical úmida**. Tradução: Euripedes Malavolta. São Paulo: EDUSP, 1978.

GOLLEY, F. B. Nutrient cycling and nutrient conservation. In: GOLLEY, F. B. **Tropical Rainforest Ecosystem**: structure and function. 2. ed. Amsterdam: Elsevier Science B. V., 1996. p. 137-156.

GRAF NETO, J.; MARQUES, R; ROCHA, A. A. Contribuição de frações da serapilheira para o aporte de fitomassa em floresta atlântica. In: 10 Evento de Iniciação Científica da UFPR. 2002, Curitiba. **Anais....**Curitiba, 2002 p. 262.

HAAG, H.P. **Ciclagem de Nutrientes em Florestas Tropicais**. Fundação CARGIL. Campinas, 1985.

HÖLSCHER, D.; SÁ, T. D.; MÖLLER, R. F.; DENICH, M.; FÖLSTER, H. Rainfall partitioning and relates hydrochemical fluxes in a diverse and in a mono specific (*Phenakospermum guyannense*) secondary vegetation stand in eastern Amazonia. **Oecologia**. V. 114, p. 251-257, 1998.



IAPAR – INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **Cartas climáticas básicas do Estado do Paraná**. Londrina, 41 p. 1978.

IBGE. **Manual técnico da vegetação brasileira**: série manuais técnicos em geociências. Rio de Janeiro, n. 1, 1992. 92 p.

JONHSON, D. W.; HANSON, P. J.; TODD Jr, D. E. The effects of throughfall manipulation on soil leaching in a deciduous forest. **Journal of Environmental Quality**. V. 31, p. 204-216, 2002.

JORDAN, C.F. The nutrient balance of an Amazonian Rain Forest. **Ecology**, Athens, V.63,n.3, p.647-654, 1982.

JORDAN, C. F. **Nutrient cycling in tropical Forest ecosystems**. New York: John Wiley, 1985. 190 p.

LACLAU, J. P.; RANGER, J.; NZILA, J. P.; DELEPORTE, P. Nutrient cycling in a clonal stand of *Eucalyptus* and na adjacent savanna ecosystem in Congo. 2. Chemical composition of soil solutions. **Forest Ecology and Management**. V. 180, p. 527-544, 2003.

LEITE, P. F. **As diferentes unidades fitoecológicas da Região Sul do Brasil: proposta de classificação**. Curitiba, 1994. 160p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias. Universidade Federal do Paraná.

LEITE, P. F.; KLEIN, R. M. Vegetação. In: IBGE. **Geografia do Brasil: Região Sul**. V.2. Rio de Janeiro, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. P. 141-142, 1990.

LEININGER, T. D.; WINNER, W. E. Throughfall chemistry beneath *Quercus rubra*: atmospheric, foliar, and soil chemistry considerations. **Canadian Journal Forest Research**, v. 18, p.478-482, 1988.

LIMA, P. H. C.; VIEIRA, M. E. M.; MARQUES, R. Atividade microbiana em frações da camada superficial de Espodossolo sob Floresta Ombrófila Densa no Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, XXVIII, 2001, Londrina. **Ciência do Solo: Fator de Produtividade Competitiva com Sustentabilidade**. Londrina : SBCS, 2001. p. 89-89.

LIMA, P. R. A. **Retenção de água de chuva por mata ciliar na região central do Estado de São Paulo**. Botucatu, 1998, 99p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP

LIMA, W. P. **O regime da água do solo sob florestas de pinheiros tropicais e sob vegetação de cerrado**. Piracicaba, 1979. 79 p. Tese (Livre Docência)- Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo.

LIMA, W. P. **Entrada de Nutrientes Pela Chuva e Pela Lixiviação das Copas Em Florestas Homogêneas de Pinheiros Tropicais e Em Vegetação Natural de Cerradão.** Acta Limnologica Brasiliensis, São Carlos, v. I, p. 59-62, 1986.

LOESCHER, H. W.; POWERS, J. S.; OBERBAUER, S. F. Spatial variation of throughfall volume in an old-growth tropical wet forest, Costa Rica. **Journal of Tropical Ecology.** V. 18, p. 397-407, 2002.

MAIER, M. H.; TAKINO, M.; MIYAMARU, L. L. Alguns aspectos da composição da água da chuva. (Microbacia do córrego do Salto Grande 22°09`S e 48°19`W). **Acta Limnol. Brasil.** V. 4, p. 247-254, 1992.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas.** São Paulo: Ed. Agronômica Ceres, 1980.

MARQUES, R. **Dynamique du Fonctionnement Mineral de une Plantation de Douglas (*Pseudotsuga mensiessi*) Dans les Monts du Beaujolais (France).** Nancy, ENGREF-INRA, 1996 (Tese de Doctorat).

MARQUES, R.; GERUM, M.; WISNIEWSKI, C. Lixiviação de nutrientes de hojarasca de Mata Atlântica del Litoral Sul del Brasil. In: PRIMER CONGRESO LATINOAMERICANO / IUFRO, 1998, Valdivia. **Anais...**

MARQUES, R.; RANGER, J. Nutrient dynamics in a chronosequence of Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) stands on the Beaujolais Mountains (France). 1- Qualitative approach.. **Forest Ecology and Management**, v. 91, p. 255-277, 1997

MARQUES, R.; ANDRADE, G. C.; LOPEZ, M. R. Q.; LIMA, P. H. C.; WISNIEWSKI, C. Dinâmica de micronutrientes na decomposição da serapilheira em fases sucessionais de Floresta Ombrófila Densa no litoral paranaense.. In: FERTBIO 2002, Rio de Janeiro. **Anais...**Rio de Janeiro> UFRJ, 2002. CD-ROM

MARQUES, R.; BERTÉ, L.; PIAZZA, G. E.; SANTOS, S. Dinâmica de N,P,K e pH no ciclo hidrológico de Floresta Atlântica em regeneração, no litoral paranaense.. In: SINRAD, V, 2002, Belo Horizonte. **V Simpósio Nacional sobre Recuperação de Áreas Degradadas - Água e Biodiversidade.** Belo Horizonte: SOBRAD, 2002b. p. 37-39.

MARQUES, R ; ROCHA, A. A. ; PINTO, C. B. . Contribution of tree species to litter and nutrient cycling in an Atlantic rainforest of Brazil. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM - SUSTAINABLE USE AND CONSERVATION OF BIOLOGICAL DIVERSITY, 2003, Berlim. **A challenge for society.** Berlin : PT-DLR/BMBF, 2003. v. A.

McDOWELL, W. H. Internal nutrient fluxes in a Puerto Rican rain forest. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v. 14, p. 521-536. 1998.

MEGURO, M.; VINUZA, G. N.; DELITTI, W. B. C. Ciclagem de nutrientes na mata mesófila secundária – São Paulo. II – O papel da precipitação na importação e

transferência de potássio e fósforo. **Boletim de Botânica**, São Paulo, v. 7, p. 61-67, 1979.

MELLO, W. Z.; MOTTA, J. S. T. Acidez na chuva. **Ciência Hoje**, Rio de Janeiro, v. 6, n. 34, p. 40-43. 1987.

MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. **Principles of plant nutrition**. Bem, International Potash Institute, 1978, 593 p.

MEURER, E. J.; ANGHINONI, I. A solução do solo. In: MEURER, E. **Fundamentos de química do solo. 2ª ed.** Porto Alegre: Genesis, 2004. p. 1001-129

MINEROPAR **Atlas Geológico do Estado do Paraná**. Governo do Estado do Paraná. Curitiba, 2001. CD-ROM.

MOLCHANOV, A. A. **Hidrologia Florestal**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian. 420 p., 1963.

NALON, M. A.; VELLARDI, A. C. V. Interceptação na floresta secundária das encostas da Serra do Mar, região de Cubastão, SP In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSENCIAS NATIVAS, 2, São Paulo. **Revista do Instituto Florestal**. São Paulo. v. 4, p.894-899, 1992.

NORMAN, R. J.; STUCKI, J. W. The determination of nitrate and nitrite in soil extracts by ultraviolet spectrophotometry, **Soil Science Society of America Journal**, Madison, n. 45, p. 347-353, 1981.

ODUM, E. P. **Ecologia**. Rio de Janeiro. Editora Guanabara, 434 p. 1986.

OLIVEIRA JUNIOR, J. C.; DIAS, H. C. T. Precipitação efetiva em fragmento secundário em Mata Atlântica. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 29, n. 21, p. 9-15, 2005.

PEÑA, M.L.P. **Indicadores microbiológicos de solo na avaliação da recuperação de área degradada de Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas no litoral paranaense**. Curitiba, 2002. 71 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

PEÑA, M. L. P.; JAHNEL, M. C.; MARQUES, R. Bioindicadores microbiológicos de solo e recuperação de área degradada de Floresta Ombrófila Densa no Litoral Paranaense. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, XXVIII, 2001, Londrina. **Ciência do Solo: Fator de Produtividade Competitiva com Sustentabilidade**. Londrina : SBCS, 2001. p. 84-84.

PIAZZA, G. E.; MARQUES, R.; BERTÉ, L. **Teores de Ca, Mg, Na e Al em soluções de precipitação e de drenagem em Floresta Atlântica**. In: 10 Evento de Iniciação científica da UFPR, 10, Curitiba. UFPR, 2002. **Anais...**Curitiba, 2002, p. 266-266.

PINTO, C. B.; MARQUES, R.; WISNIEWSKI, C. Lixiviação de nutrientes de espécies arbóreas em três estágios sucessionais da Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas no Paraná. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, XXVIII, 2001, Londrina. **Anais...Ciência do Solo: Fator de Produtividade Competitiva com Sustentabilidade**. Londrina: SBCS, 2001. p. 119.

PINTO, C.B. **Contribuição de Espécies Arbóreas para a Ciclagem de Nutrientes em Sucessão Vegetal na Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas**. UFPR. Curitiba, 2001. (Dissertação de Mestrado).

PINTO, C. B.; MARQUES, R. Aporte de nutrientes por frações da serapilheira em sucessão ecológica de um ecossistema da Floresta Atlântica. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 33, n. 3, p. 257-264, 2003.

POGGIANI, F. Alterações dos ciclos biogeoquímicos em florestas. In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSENCIAS NATIVAS, 2, São Paulo. **Revista do Instituto Florestal**. São Paulo. v. 4, p. 734-739, 1992.

POGGIANI, F.; SCHUMACHER, M. V. Ciclagem de nutrientes em florestas nativas. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. (Eds.). **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000. p.287-308.

PRESCOTT, C. E. The influence of the Forest canopy on nutrient cycling. **Tree Physiology**, Victoria, v. 22, p. 1193-1200, 2002.

PROTIL, C. Z. **Contribuição de quatro espécies arbóreas ao ciclo biogeoquímico em Floresta Atlântica na Planície Litorânea do Paraná**. Curitiba, 2006. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

RACHWAL, M. F. G.; CURCIO, G. R. Principais tipos de solo do Estado do Paraná: suas características e distribuição na paisagem. In: IPARDES. **A vegetação natural do estado do Paraná**. Curitiba: IPARDES, 1994.

RANGER, J.; MARQUES, R.; JUSSY, J. H. Forest soil dynamics during stand development assessed by lysimeter and centrifuge solutions. **Forest Ecology and Management**. V. 144, p. 129-145, 2001.

RIZZINI, C. T. **Tratado de fitogeografia do Brasil**. 2. São Paulo: Ed. Da Universidade de São Paulo, 1979, 374p.

ROBERTSON, S. M. C.; HORNUNG, M.; KENNEDY, V. H. Water chemistry of throughfall and soil water under four tree species at Gisburn, northwst England, before and after felling. **Forest Ecology and Management**. V. 129, p. 101-117. 2000.

ROCHA, A. A. **Deposição, decomposição e acumulação de serapilheira e nutrientes na Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas, Paranaguá, PR**.

Curitiba, 2006. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

ROCHA, A. A.; CORRÊA, D. R.; GRAF NETO, J.; MARQUES, R. Concentração e conteúdo de nutrientes em frações da serapilheira de Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas no Paraná. In: Fertbio 2002, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: UFRJ, 2002. CD-ROM

ROCHA, A. A.; MARQUES, R.; CINTRA, A. P. de U. Dinâmica da decomposição e liberação de nitrogênio de duas espécies arbóreas em Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas no Paraná. In: CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL, VI, 2003, Fortaleza. **Anais** de Trabalhos Completos. Fortaleza: Editora da Universidade Federal do Ceará, 2003. p. 172-173.

RODERJAN, C. V.; GALVÃO, F.; KUNYOSHI, Y.S.; HATSCHBACH, G.; KRICHNER, F. F. **Levantamento da vegetação da área de proteção ambiental de Guaratuba – APA Guaratuba.** Curitiba: Departamento de Silvicultura e Manejo, 1997. 78 p. Relatório Técnico.

RODERJAN, C. V.; GALVÃO, F.; KUNYOSHI, Y.S.; HATSCHBACH, G. As unidades fitogeográficas do Estado do Paraná. **Ciência e Ambiente.** N. 24, p. 75-92, 2002.

SCHEER, M. B. **Ciclagem de nutrientes em um trecho de Floresta Ombrófila Densa Aluvial em regeneração, Guaraqueçaba, PR.** Curitiba, 2006. 155 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal), Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

SCHRUMPF, M., ZECH, W. Biogeochemistry of an afrotropical montane rain forest on Mt. Kilimanjaro, Tanzania. **Journal of Tropical Ecology.** 22:77-89, 2006.

SCHROTH, G.; ELIAS, M. E. A.; UGUEM, K.; SEIXAS, R.; ZECH, W. Nutrient fluxes in rainfall, throughfall and stemflow in tree-based land use system and spontaneous tree vegetation of central Amazônia. **Agriculture, Ecosystems and Environment.** V. 87, p. 37-49, 2001.

SCHWARZBACH, J. **Dinâmica química da solução do solo em três fases sucessionais da Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas no Litoral do Paraná.** Curitiba, 2005. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

SOUZA, L.C.; MARQUES, R. & BRÜSKE, J.A. **Fluxo de Nutrientes Através da Precipitação em Três Fases Sucessionais da Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas.** In: XXX Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. 2005, Recife. **Anais...** Recife, 2005.

SUGUIO, K; MARTIN, L. Geomorfologia das restingas. In: SIMPOSIO DE ECOSSISTEMAS DA COSTA SUL E SUDESTE BRASILEIRA: ESTRUTURA, FUNÇÃO E MANEJO. São Paulo, 1990. **Anais...** São Paulo: ACIESP, v. 3, p. 185-205

SWITZER, G.; NELSON, L. E. Nutrient accumulation and cycling in loblolly pine (*Pinus taeda* L.). *Plantation Ecosystems: the first twenty years. Soil Science Society of America Proceeding*, v. 36, p. 143-147, 1972.

TUCCI, C. M. E. Interceptação. In: TUCCI, C. M. E. **Hidrologia: ciência e aplicação**. Porto Alegre: ABRH/Editora da Universidade/UFRGS, EDUSP, 1993. p. 243-252.

TUKEY JR, H. B. The leaching of substances from plants. **Annual Review of Plant Physiology**. V.21, p. 305-329, 1970.

WISNIEWSKI, C.; ZILLER, S. R.; CURCIO, G. R.; RACHWAL, M. F. G.; TREVISAN, E.; SOUZA, J. P. **Caracterização do ecossistema e estudo das relações solo cobertura vegetal em planície pleistocênica do litoral paranaense**. Curitiba, 1997, 55 p. CNPq. Projeto Integrado.

WISNIEWSKI, C.; MARQUES, R.; DICKOW, K. M. C. Decomposição de serapilheira e liberação de nutrientes em fases sucessionais de Floresta Ombrófila Densa, na Planície Pleistocênica Paranaense. . In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DO SOLO, XXVII, Brasília, 1999. CD-ROM.

**APÊNDICE 1 - ANÁLISES ESTATÍSTICAS**

**1.1 PRECIPITAÇÃO**

COMPARAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO INTERNA ENTRE AS TIPOLOGIAS FLORESTAIS

**One-Way ANOVA - Na by Fase**

ANOVA Table for Na by Fase

Analysis of Variance				
Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio P-Value
Between groups	130390,0	3	43463,4	2,14 0,0948
Within groups	6,08266E6	300	20275,5	
Total (Corr.)	6,21305E6	303		

Multiple Range Tests for Na by Fase

Method: 95,0 percent Tukey HSD

Fase	Count	Mean	Homogeneous Groups
INI	76	143,914	X
PT	76	152,38	X
AVA	76	162,409	X
MED	76	198,277	X

Variance Check

Bartlett's test: 1,01185 P-Value = 0,31894

**One-Way ANOVA - sqrt(NO3) by Fase**

ANOVA Table for sqrt(NO3) by Fase

Analysis of Variance				
Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio P-Value
Between groups	305,549	3	101,85	37,73 0,0000
Within groups	809,798	300	2,69933	
Total (Corr.)	1115,35	303		

Multiple Range Tests for sqrt(NO3) by Fase

Method: 95,0 percent Tukey HSD

Fase Count Mean Homogeneous Groups

PT	76	2,17982	X
INI	76	2,95588	X
MED	76	4,44014	X
AVA	76	4,54953	X

Variance Check

Bartlett's test: 1,00606 P-Value = 0,614241

**One-Way ANOVA - Log(Ca) by Fase**

ANOVA Table for log(Ca) by Fase

Analysis of Variance				
Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio P-Value
Between groups	4,96533	3	1,65111	2,40 0,0683
Within groups	207,187	300	0,690622	
Total (Corr.)	212,152	303		

Multiple Range Tests for log(Ca) by Fase

Method: 95,0 percent Tukey HSD

Fase	Count	Mean	Homogeneous Groups
PT	76	3,78435	X
INI	76	3,82918	X
MED	76	3,8696	X
AVA	76	4,11453	X

Variance Check

Bartlett's test: 1,01433 P-Value = 0,236096

**One-Way ANOVA - log(Mg) by Fase**

ANOVA Table for log(Mg) by Fase

Analysis of Variance				
Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio P-Value
Between groups	18,1926	3	6,06421	6,59 0,0003
Within groups	276,241	300	0,920804	
Total (Corr.)	294,434	303		

Multiple Range Tests for log(Mg) by Fase

-----  
 Method: 95,0 percent Tukey HSD  
 Phase Count Mean Homogeneous Groups  
 -----  
 AVA 17 1,26535 X  
 INI 17 1,293 X  
 PT 17 1,35351 X  
 MED 17 1,39124 X  
 -----  
 Variance Check  
 Bartlett's test: 1,00061 P-Value = 0,998026

**One-Way ANOVA - sin(CI) by Fase**

ANOVA Table for sin(CI) by Fase  
 -----  
 Analysis of Variance  
 Source Sum of Squares Df Mean Square F-Ratio P-Value  
 -----  
 Between groups 1,94193 3 0,647309 1,42 0,2431  
 Within groups 40,1923 88 0,456731  
 -----  
 Total (Corr.) 42,1342 91

Multiple Range Tests for sin(CI) by Fase

Method: 95,0 percent Tukey HSD  
 Phase Count Mean Homogeneous Groups  
 -----  
 MED 23 -0,0308499 X  
 AVA 23 0,0267639 X  
 INI 23 0,26691 X  
 PT 23 0,302234 X  
 -----  
 Variance Check  
 Bartlett's test: 1,0027 P-Value = 0,972055

**One-Way ANOVA - sin(exp10(pH)) by fase**

ANOVA Table for sin(exp10(pH)) by fase  
 -----  
 Analysis of Variance  
 Source Sum of Squares Df Mean Square F-Ratio P-Value  
 -----  
 Between groups 3,58063 3 1,19354 2,41 0,0668  
 Within groups 148,355 300 0,494518  
 -----

Total (Corr.) 151,936 303

Multiple Range Tests for sin(exp10(pH)) by fase

Method: 95,0 percent Tukey HSD  
 fase Count Mean Homogeneous Groups  
 -----  
 PT 76 -0,232399 X  
 AVA 76 -0,114822 X  
 INI 76 0,0172662 X  
 MED 76 0,0356718 X  
 -----

-  
 Variance Check  
 Bartlett's test: 1,00248 P-Value = 0,864304

**One-Way ANOVA - sin(exp10(k.)) by fase**

ANOVA Table for sin(exp10(k.)) by fase  
 -----  
 Analysis of Variance  
 Source Sum of Squares Df Mean Square F-Ratio P-Value  
 -----  
 Between groups 0,94556 3 0,315187 0,76 0,5165  
 Within groups 117,551 284 0,413913  
 -----  
 Total (Corr.) 118,497 287

Multiple Range Tests for sin(exp10(k.)) by fase

Method: 95,0 percent Tukey HSD  
 fase Count Mean Homogeneous Groups  
 -----  
 MED 72 0,000102662 X  
 INI 72 0,064408 X  
 AVA 72 0,0836514 X  
 PT 72 0,160767 X  
 -----

Variance Check  
 Bartlett's test: 1,01918 P-Value = 0,146997

**COMPARAÇÃO ENTRE ESTAÇÕES EM CADA TIPOLOGIA FLORESTAL**

**TIPOLOGIA INICIAL**

**One-Way ANOVA - Ca by estacao**



ANOVA Table for Ca by estacao

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-value
Between groups	1731,82	3	577,272	0,41	0,7475
Within groups	16821,4	12	1401,79		
Total (Corr.)	18553,3	15			

Multiple Range Tests for Ca by estacao

Method: 95,0 percent Tukey HSD

estacao	Count	Mean	Homogeneous Groups
OUT	4	48,4932	X
VER	4	58,4351	X
INV	4	69,4681	X
PRI	4	75,6425	X

Variance Check  
Bartlett's test: 1,04695 P-Value = 0,922517

**One-Way ANOVA - K by estacao**

ANOVA Table for K by estacao

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	436,799	3	145,6	2,66	0,0956
Within groups	656,722	12	54,7268		
Total (Corr.)	1093,52	15			

Multiple Range Tests for K by estacao

Method: 95,0 percent Tukey HSD

estacao	Count	Mean	Homogeneous Groups
OUT	4	6,44424	X
VER	4	7,07832	X
INV	4	13,1858	X
PRI	4	19,326	X

Variance Check  
Bartlett's test: 1,10762 P-Value = 0,782641

**One-Way ANOVA - LOG (Mg) by estacao**

ANOVA Table for LOG(Mg) by estacao

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	4,72292	3	1,57431	3,98	0,0350
Within groups	4,74433	12	0,395361		
Total (Corr.)	9,46725	15			

Multiple Range Tests for LOG(Mg) by estacao

Method: 95,0 percent Tukey HSD

estacao	Count	Mean	Homogeneous Groups
OUT	4	3,01475	X
VER	4	3,1354	XX
INV	4	3,61123	XX
PRI	4	4,39794	X

Variance Check  
Bartlett's test: 1,38352 P-Value = 0,33122

**One-Way ANOVA - Na by estacao**

ANOVA Table for Na by estacao

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	1361,3	3	10453,8	3,05	0,0700
Within groups	41144,0	12	3428,67		
Total (Corr.)	72505,4	15			

Multiple Range Tests for Na by estacao

Method: 95,0 percent Tukey HSD

estacao	Count	Mean	Homogeneous Groups
OUT	4	96,1098	X
VER	4	120,529	X
INV	4	147,022	X
PRI	4	214,627	X

Variance Check  
Bartlett's test: 1,42672 P-Value = 0,290409

**One-Way ANOVA - NO3 by estacao**  
ANOVA Table for NO3 by estacao

Analysis of Variance					
Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	4,17089	3	,3903	0,02	0,9954
Within groups	767,236	12	63,9363		
Total (Corr.)	771,407	15			

Multiple Range Tests for NO3 by estacao

Method: 95,0 percent Tukey HSD					
estacao	Count	Mean	Homogeneous Groups		
VER	4	8,77502			X
PRI	4	9,35743			X
OUT	4	9,46367			X
INV	4	10,2105			X

Variance Check  
Bartlett's test: 1,13798 P-Value = 0,714475

**One-Way ANOVA - pH by estacao**  
ANOVA Table for pH by estacao

Analysis of Variance					
Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	0,167789	3	0,0559296	0,32	0,8083
Within groups	2,07431	12	0,172859		
Total (Corr.)	2,2421	15			

Multiple Range Tests for pH by estacao

Method: 95,0 percent Tukey HSD					
estacao	Count	Mean	Homogeneous Groups		
OUT	4	6,17079			X
VER	4	6,2015			X

PRI 4 6,37317 X  
INV 4 6,40408 X

Variance Check  
Bartlett's test: 1,12772 P-Value = 0,737098

**TIPOLOGIA MÉDIA**

**One-Way ANOVA - Ca by estacao**

ANOVA Table for Ca by estacao

Analysis of Variance					
Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	2762,58	3	920,861	0,61	0,6183
Within groups	17969,5	12	1497,46		
Total (Corr.)	20732,1	15			

Multiple Range Tests for Ca by estacao

Method: 95,0 percent Tukey HSD					
estacao	Count	Mean	Homogeneous Groups		
OUT	4	51,5514			X
VER	4	51,7971			X
PRI	4	76,3975			X
INV	4	79,3446			X

Variance Check  
Bartlett's test: 1,03785 P-Value = 0,942002

**ANOVA Table for K by estacao**

Analysis of Variance					
Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	745,436	3	248,479	0,82	0,5052
Within groups	3616,24	12	301,354		
Total (Corr.)	4361,68	15			

Multiple Range Tests for K by estacao

Method: 95,0 percent Tukey HSD

Multiple Range Tests for Na by estacao

estacao	Count	Mean	Homogeneous Groups
OUT	4	21,1892	X
VER	4	21,4428	X
INV	4	32,4285	X
PRI	4	36,7959	X

Variance Check  
Bartlett's test: 1,54553 P-Value = 0,204636

**One-Way ANOVA - LOG(Mg) by estacao**  
ANOVA Table for LOG(Mg) by estacao

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	3,97456	3	1,32485	4,98	0,0180
Within groups	3,1935	12	0,266125		
Total (Corr.)	7,16807	15			

Multiple Range Tests for LOG(Mg) by estacao

Method: 95,0 percent Tukey HSD

estacao	Count	Mean	Homogeneous Groups
VER	4	3,3997	X
OUT	4	3,42045	X
INV	4	3,92142	XX
PRI	4	4,62558	X

Variance Check  
Bartlett's test: 1,1344 P-Value = 0,722337

**One-Way ANOVA - Na by estacao**  
ANOVA Table for Na by estacao

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	57025,1	3	19008,4	5,27	0,0150
Within groups	43243,6	12	3603,63		
Total (Corr.)	100269,0	15			

Multiple Range Tests for Na by estacao

Method: 95,0 percent Tukey HSD

estacao	Count	Mean	Homogeneous Groups
VER	4	142,935	X
OUT	4	150,069	X
INV	4	219,645	XX
PRI	4	290,127	X

Variance Check  
Bartlett's test: 1,40039 P-Value = 0,314564

**One-Way ANOVA - pH by estacao**  
ANOVA Table for pH by estacao

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	0,144439	3	0,0481462	0,29	0,8333
Within groups	2,00715	12	0,167263		

Multiple Range Tests for pH by estacao

Method: 95,0 percent Tukey HSD

estacao	Count	Mean	Homogeneous Groups
VER	4	15,479	X
INV	4	20,0008	X
OUT	4	21,7334	X
PRI	4	23,9315	X

Variance Check  
Bartlett's test: 1,09015 P-Value = 0,823131

Multiple Range Tests for Na by estacao

Method: 95,0 percent Tukey HSD

estacao	Count	Mean	Homogeneous Groups
VER	4	142,935	X
OUT	4	150,069	X
INV	4	219,645	XX
PRI	4	290,127	X

Variance Check  
Bartlett's test: 1,40039 P-Value = 0,314564

**One-Way ANOVA - NO3 by estacao**  
ANOVA Table for NO3 by estacao

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	154,294	3	51,4314	0,30	0,8266
Within groups	2074,75	12	172,895		
Total (Corr.)	2229,04	15			

Multiple Range Tests for NO3 by estacao

Method: 95,0 percent Tukey HSD

estacao	Count	Mean	Homogeneous Groups
VER	4	15,479	X
INV	4	20,0008	X
OUT	4	21,7334	X
PRI	4	23,9315	X

Variance Check  
Bartlett's test: 1,09015 P-Value = 0,823131

-----  
 Total (Corr.) 2,15159 15  
 -----  
 Multiple Range Tests for pH by estacao  
 -----  
 Method: 95,0 percent Tukey HSD  
 estacao Count Mean Homogeneous Groups  
 -----  
 OUT 4 6,24238 X  
 INV 4 6,34488 X  
 PRI 4 6,36993 X  
 VER 4 6,50871 X  
 -----  
 Variance Check  
 Bartlett's test: 1,3993 P-Value = 0,315608

**TIPOLOGIA AVANÇADA**

**One-Way ANOVA - LOG(Ca) by estacao**  
 ANOVA Table for LOG(Ca) by estacao

-----  
 Analysis of Variance  
 -----  
 Source Sum of Squares DF Mean Square F-Ratio P-Value  
 -----  
 Between groups 2,57798 3 0,859327 1,00 0,4276  
 Within groups 10,3469 12 0,86224  
 -----  
 Total (Corr.) 12,9249 15  
 -----  
 Multiple Range Tests for LOG(Ca) by estacao  
 -----  
 Method: 95,0 percent Tukey HSD  
 estacao Count Mean Homogeneous Groups  
 -----  
 OUT 4 3,92123 X  
 VER 4 3,93292 X  
 PRI 4 4,5453 X  
 INV 4 4,85392 X  
 -----  
 Variance Check  
 Bartlett's test: 1,32327 P-Value = 0,399188

**One-Way ANOVA - K by estacao**  
 ANOVA Table for K by estacao

-----  
 Analysis of Variance  
 -----  
 -Source Sum of Squares Df Mean Square F-Ratio P-Value  
 -----  
 Between groups 1199,51 3 399,837 1,20 0,3511  
 Within groups 3994,34 12 332,862  
 -----  
 Total (Corr.) 5193,85 15  
 -----  
 Multiple Range Tests for K by estacao  
 -----  
 Method: 95,0 percent Tukey HSD  
 estacao Count Mean Homogeneous Groups  
 -----  
 OUT 4 23,3546 X  
 VER 4 25,0493 X  
 INV 4 33,784 X  
 PRI 4 45,1811 X  
 -----  
 Variance Check  
 Bartlett's test: 1,82308 P-Value = 0,0967167

**One-Way ANOVA - LOG(Mg) by estacao**  
 ANOVA Table for LOG(Mg) by estacao

-----  
 Analysis of Variance  
 -----  
 Source Sum of Squares Df Mean Square F-Ratio P-Value  
 -----  
 Between groups 5,92244 3 1,97415 4,72 0,0212  
 Within groups 5,01638 12 0,418032  
 -----  
 Total (Corr.) 10,9388 15  
 -----  
 Multiple Range Tests for LOG(Mg) by estacao  
 -----  
 Method: 95,0 percent Tukey HSD  
 estacao Count Mean Homogeneous Groups  
 -----  
 VER 4 3,59183 X  
 OUT 4 3,59936 X  
 INV 4 4,03259 XX  
 PRI 4 5,08453 X  
 -----  
 Variance Check  
 Bartlett's test: 1,59056 P-Value = 0,180039

**One-Way ANOVA - Na by estacao**

ANOVA Table for Na by estacao

Analysis of Variance					
Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	41720,0	3	13906,7	4,24	0,0293
Within groups	39370,8	12	3280,9		
Total (Corr.)	81090,8	15			

Multiple Range Tests for Na by estacao

Method: 95,0 percent Tukey HSD				
estacao	Count	Mean	Homogeneous Groups	
VER	4	113,683		X
OUT	4	120,849		XX
INV	4	174,72		XX
PRI	4	241,003		X

Variance Check

Bartlett's test: 1,54016 P-Value = 0,207819

**One-Way ANOVA - NO3 by estacao**

ANOVA Table for NO3 by estacao

Analysis of Variance					
Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	523,643	3	174,548	0,57	0,6473
Within groups	3694,91	12	307,909		
Total (Corr.)	4218,56	15			

Multiple Range Tests for NO3 by estacao

Method: 95,0 percent Tukey HSD				
estacao	Count	Mean	Homogeneous Groups	
VER	4	13,3352		X
INV	4	21,2886		X
OUT	4	24,1425		X
PRI	4	29,1231		X

Variance Check

Bartlett's test: 1,40714 P-Value = 0,30816

**One-Way ANOVA - pH by estacao**

ANOVA Table for pH by estacao

Analysis of Variance					
Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	0,192955	3	0,0643184	0,48	0,7000
Within groups	1,59657	12	0,133048		
Total (Corr.)	1,78953	15			

Multiple Range Tests for pH by estacao

Method: 95,0 percent Tukey HSD				
estacao	Count	Mean	Homogeneous Groups	
PRI	4	6,1001		X
OUT	4	6,15154		X
INV	4	6,206		X
VER	4	6,39096		X

Variance Check

Bartlett's test: 1,18515 P-Value = 0,617135

**PRECIPITAÇÃO TOTAL (PT)**

**One-Way ANOVA - Ca by estacao**

ANOVA Table for Ca by estacao

Analysis of Variance					
Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	6334,54	3	2111,51	0,66	0,5918
Within groups	38341,0	12	3195,08		
Total (Corr.)	44675,5	15			

Multiple Range Tests for Ca by estacao

Method: 95,0 percent Tukey HSD				
estacao	Count	Mean	Homogeneous Groups	
VER	4	13,3352		X
INV	4	21,2886		X
OUT	4	24,1425		X
PRI	4	29,1231		X

Method: 95,0 percent Tukey HSD  
 estacao Count Mean Homogeneous Groups

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	49,3291	3	16,443	1,80	0,2000
Within groups	109,365	12	9,11379		
Total (Corr.)	158,695	15			

Multiple Range Tests for K by estacao

Method: 95,0 percent Tukey HSD  
 estacao Count Mean Homogeneous Groups

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	5779,71	3	926,57	0,74	0,5486
Within groups	31260,6	12	2605,05		
Total (Corr.)	37040,3	15			

Multiple Range Tests for Mg by estacao

Variance Check  
 Bartlett's test: 1,23777 P-Value = 0,522631

**One-Way ANOVA - K by estacao**  
 ANOVA Table for K by estacao

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	49,3291	3	16,443	1,80	0,2000
Within groups	109,365	12	9,11379		
Total (Corr.)	158,695	15			

Multiple Range Tests for K by estacao

Method: 95,0 percent Tukey HSD  
 estacao Count Mean Homogeneous Groups

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	5779,71	3	926,57	0,74	0,5486
Within groups	31260,6	12	2605,05		
Total (Corr.)	37040,3	15			

Multiple Range Tests for Mg by estacao

Variance Check  
 Bartlett's test: 1,13525 P-Value = 0,720458

**One-Way ANOVA - Mg by estacao**  
 ANOVA Table for Mg by estacao

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	5779,71	3	926,57	0,74	0,5486
Within groups	31260,6	12	2605,05		
Total (Corr.)	37040,3	15			

Multiple Range Tests for Mg by estacao

Method: 95,0 percent Tukey HSD  
 estacao Count Mean Homogeneous Groups

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	9417,69	3	3139,23	0,38	0,7684
Within groups	98835,7	12	8236,3		
Total (Corr.)	108253,0	15			

Multiple Range Tests for Na by estacao

Method: 95,0 percent Tukey HSD  
 estacao Count Mean Homogeneous Groups

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	9417,69	3	3139,23	0,38	0,7684
Within groups	98835,7	12	8236,3		
Total (Corr.)	108253,0	15			

Multiple Range Tests for Na by estacao

Variance Check  
 Bartlett's test: 1,81012 P-Value = 0,0999558

**One-Way ANOVA - Na by estacao**  
 ANOVA Table for Na by estacao

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	9417,69	3	3139,23	0,38	0,7684
Within groups	98835,7	12	8236,3		
Total (Corr.)	108253,0	15			

Multiple Range Tests for Na by estacao

Method: 95,0 percent Tukey HSD  
 estacao Count Mean Homogeneous Groups

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	9417,69	3	3139,23	0,38	0,7684
Within groups	98835,7	12	8236,3		
Total (Corr.)	108253,0	15			

Multiple Range Tests for Na by estacao

Variance Check  
 Bartlett's test: 1,10691 P-Value = 0,784262

**One-Way ANOVA - LOG(NO3) by estacao**  
 ANOVA Table for LOG(NO3) by estacao

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	0,94636	3	0,315453	0,30	0,8242
Within groups	12,5814	12	1,04845		
Total (Corr.)	13,5278	15			

Multiple Range Tests for Mg by estacao

Multiple Range Tests for LOG(N03) by estacao

Method: 95,0 percent Tukey HSD

estacao	Count	Mean	Homogeneous Groups
VER	4	1,14963	X
PRI	4	1,60774	X
OUT	4	1,71265	X
INV	4	1,76641	X

Variance Check  
Bartlett's test: 1,11314 P-Value = 0,76999

**One-Way ANOVA - pH by estacao**

ANOVA Table for pH by estacao

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	0,360328	3	0,120109	0,44	0,7302
Within groups	3,29403	12	0,274502		
Total (Corr.)	3,65436	15			

Multiple Range Tests for pH by estacao

Method: 95,0 percent Tukey HSD

estacao	Count	Mean	Homogeneous Groups
PRI	4	5,77217	X
OUT	4	6,03208	X
INV	4	6,04063	X
VER	4	6,18917	X

Variance Check  
Bartlett's test: 1,76492 P-Value = 0,112296

**1.2 SOLUÇÃO DE SOLO**

**SOLUÇÃO DE SOLO TODAS AS FASES A 15 CM**

**One-Way ANOVA - Al by fase**

ANOVA Table for Al by fase

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	5623,2	2	17811,6	0,32	0,7301
Within groups	2,19057E6	39	56168,4		
Total (Corr.)	2,22619E6	41			

Multiple Range Tests for Al by fase

Method: 95,0 percent Tukey HSD

fase	Count	Mean	Homogeneous Groups
INI	14	573,374	X
MED	14	626,468	X
AVA	14	641,184	X

Variance Check

Bartlett's test: 1,01345 P-Value = 0,777251

**One-Way ANOVA - LOG(Ca) by fase**

ANOVA Table for LOG(Ca) by fase

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	3,31051	2	1,65526	9,06	0,0006
Within groups	7,12909	39	0,182797		
Total (Corr.)	10,4396	41			

Multiple Range Tests for LOG(Ca) by fase

Method: 95,0 percent Tukey HSD

fase	Count	Mean	Homogeneous Groups
AVA	14	3,95122	X b
INI	14	4,452	X a
MED	14	4,60979	X a

Variance Check

Bartlett's test: 1,1067 P-Value = 0,147851

**One-Way ANOVA - LOG(Cl) by fase**

Variance Check  
 Bartlett's test: 1,01047 P-Value = 0,821631

**One-Way ANOVA - SIN(K) by fase**

ANOVA Table for SIN(K) by fase

Analysis of Variance					
Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	0,0971552	2	0,0485776	0,77	0,4710
Within groups	2,46814	39	0,0632857		
Total (Corr.)	2,5653	41			

Multiple Range Tests for SIN(K) by fase

Method: 95,0 percent Tukey HSD

fase	Count	Mean	Homogeneous Groups
MED	14	0,304297	X
INI	14	0,404724	X
AVA	14	0,407853	X

Variance Check  
 Bartlett's test: 1,11826 P-Value = 0,121544

**One-Way ANOVA - SIN(Mg) by fase**

ANOVA Table for SIN(Mg) by fase

Analysis of Variance					
Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	3,09637	2	1,54819	74,59	0,0000
Within groups	0,80953	39	0,0207572		
Total (Corr.)	3,9059	41			

Multiple Range Tests for SIN(Mg) by fase

Method: 95,0 percent Tukey HSD

fase	Count	Mean	Homogeneous Groups
MED	14	10,0574	X
INI	14	10,8873	X
AVA	14	11,5964	X

ANOVA Table for LOG(Cl) by fase

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	2,51687	2	1,25844	6,09	0,0050
Within groups	8,05712	39	0,206593		
Total (Corr.)	10,574	41			

Multiple Range Tests for LOG(Cl) by fase

Method: 95,0 percent Tukey HSD

fase	Count	Mean	Homogeneous Groups
MED	14	5,72611	X b
INI	14	5,82187	X b
AVA	14	6,28662	X a

Variance Check

Bartlett's test: 1,04157 P-Value = 0,463923

**One-Way ANOVA - Fe by fase**

ANOVA Table for Fe by fase

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	16,6127	2	8,30633	0,57	0,5697
Within groups	567,406	39	14,5489		
Total (Corr.)	584,018	41			

Multiple Range Tests for Fe by fase

Method: 95,0 percent Tukey HSD

fase	Count	Mean	Homogeneous Groups
MED	14	10,0574	X
INI	14	10,8873	X
AVA	14	11,5964	X



Multiple Range Tests for NO3 by fase

Method: 95,0 percent Tukey HSD

fase	Count	Mean	Homogeneous Groups
MED	14	0,284227	X
INI	14	0,29486	X
AVA	14	0,865451	X

Variance Check  
Bartlett's test: 1,10253 P-Value = 0,158749

**One-Way ANOVA - Na by fase**

ANOVA Table for Na by fase

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	232304,0	2	116152,0	22,81	0,0000
Within groups	198613,0	39	5092,63		
Total (Corr.)	430917,0	41			

Multiple Range Tests for Na by fase

Method: 95,0 percent Tukey HSD

fase	Count	Mean	Homogeneous Groups
MED	14	123,657	X
INI	14	149,565	X
AVA	14	292,772	X

Variance Check  
Bartlett's test: 1,02693 P-Value = 0,605864

**One-Way ANOVA - NO3 by fase**

ANOVA Table for NO3 by fase

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	48879,6	2	24439,8	4,92	0,0124
Within groups	193608,0	39	4964,31		
Total (Corr.)	242488,0	41			

Multiple Range Tests for NO3 by fase

Method: 95,0 percent Tukey HSD

fase	Count	Mean	Homogeneous Groups
MED	14	229,765	X
INI	14	245,533	XX
AVA	14	308,717	X

Variance Check  
Bartlett's test: 1,02325 P-Value = 0,648294

**One-Way ANOVA - 1/EXP10 (pH) by fase**

ANOVA Table for 1/EXP10 (pH) by fase

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	9,78546E-8	2	4,89273E-8	27,34	0,0000
Within groups	6,98059E-8	39	1,7899E-9		
Total (Corr.)	1,67661E-7	41			

Multiple Range Tests for 1/EXP10 (pH) by fase

Method: 95,0 percent Tukey HSD

fase	Count	Mean	Homogeneous Groups
INI	14	0,0000415832	X
MED	14	0,0000436836	X
AVA	14	0,000145011	X

Variance Check  
Bartlett's test: 1,01975 P-Value = 0,691551

**One-Way ANOVA - Zn by fase**

ANOVA Table for Zn by fase

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	102,22	2	51,1101	4,17	0,0228
Within groups	477,773	39	12,2506		

```

-----
Total (Corr.)          579,993      41

Multiple Range Tests for Zn by fase
-----
Method: 95,0 percent Tukey HSD
fase      Count      Mean      Homogeneous Groups
-----
AVA      14      4,38764      X
MED      14      7,55008      XX
INI      14      7,82665      X

Variance Check
Bartlett's test: 1,1588      P-Value = 0,062098
    
```

**SOLUÇÃO SOLO TODAS AS FASES A 40 CM**

**One-Way ANOVA - Al by fase**

```

ANOVA Table for Al by fase
-----
Source      Sum of Squares  Df  Mean Square  F-Ratio  P-Value
-----
Between groups  22202,0      2  11101,0      0,18      0,8350
Within groups  2,39027E6   39  61288,9
Total (Corr.)    2,41247E6   41

Multiple Range Tests for Al by fase
-----
Method: 95,0 percent Tukey HSD
fase      Count      Mean      Homogeneous Groups
-----
INI      14      622,765      X
AVA      14      641,989      X
MED      14      678,22       X

Variance Check
Bartlett's test: 1,01882      P-Value = 0,703598
    
```

**One-Way ANOVA - SIN(EXP10(Ca)) by fase**

```

ANOVA Table for SIN(EXP10(Ca)) by fase
-----
Source      Sum of Squares  Df  Mean Square  F-Ratio  P-Value
-----
Between groups  3,40512      2  1,70256      4,07      0,0249
Within groups  16,3303     39  0,418726
Total (Corr.)    19,7354     41

Multiple Range Tests for SIN(CI) by fase
-----
Method: 95,0 percent Tukey HSD
fase      Count      Mean      Homogeneous Groups
-----
INI      14      -0,223704      X
MED      14      -0,00411813     XX
AVA      14      0,459387       X

Variance Check
Bartlett's test: 1,0259      P-Value = 0,617481
    
```

```

-----
Source      Sum of Squares  Df  Mean Square  F-Ratio  P-Value
-----
Between groups  1,31957      2  0,659787     1,33      0,2753
Within groups  18,7862     38  0,494373
Total (Corr.)    20,1058     40

Multiple Range Tests for SIN(EXP10(Ca)) by fase
-----
Method: 95,0 percent Tukey HSD
fase      Count      Mean      Homogeneous Groups
-----
INI      14      -0,201095      X
AVA      14      0,0826735      X
MED      13      0,232582       X

Variance Check
Bartlett's test: 1,01041      P-Value = 0,826844
    
```

**One-Way ANOVA - SIN(CI) by fase**

```

ANOVA Table for SIN(CI) by fase
-----
Source      Sum of Squares  Df  Mean Square  F-Ratio  P-Value
-----
Between groups  3,40512      2  1,70256      4,07      0,0249
Within groups  16,3303     39  0,418726
Total (Corr.)    19,7354     41

Multiple Range Tests for SIN(CI) by fase
-----
Method: 95,0 percent Tukey HSD
fase      Count      Mean      Homogeneous Groups
-----
INI      14      -0,223704      X
MED      14      -0,00411813     XX
AVA      14      0,459387       X

Variance Check
Bartlett's test: 1,0259      P-Value = 0,617481
    
```

**One-Way ANOVA - Fe by fase**

```

ANOVA Table for Fe by fase
-----
Source      Sum of Squares  Df  Mean Square  F-Ratio  P-Value
-----
Between groups  3,40512      2  1,70256      4,07      0,0249
Within groups  16,3303     39  0,418726
Total (Corr.)    19,7354     41

Multiple Range Tests for SIN(CI) by fase
-----
Method: 95,0 percent Tukey HSD
fase      Count      Mean      Homogeneous Groups
-----
INI      14      -0,223704      X
MED      14      -0,00411813     XX
AVA      14      0,459387       X

Variance Check
Bartlett's test: 1,0259      P-Value = 0,617481
    
```

**One-Way ANOVA - SIN (EXP10 (Mg)) by fase**

ANOVA Table for SIN(EXP10(Mg)) by fase

Analysis of Variance				
Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	P-Value
Between groups	0,716698	2	0,358349	0,73
Within groups	19,1748	39	0,491662	0,4889
Total (Corr.)	19,8915	41		

Multiple Range Tests for SIN(EXP10(Mg)) by fase

Method: 95,0 percent Tukey HSD	Count	Mean	Homogeneous Groups
INI	14	0,0469095	X
MED	14	0,243005	X
AVA	14	0,36393	X

Variance Check

Bartlett's test: 1,01852 P-Value = 0,70756

**One-Way ANOVA - SIN (EXP10 (Na)) by fase**

ANOVA Table for SIN(EXP10(Na)) by fase

Analysis of Variance				
Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	P-Value
Between groups	1,21118	2	0,60559	1,27
Within groups	16,1515	34	0,475045	0,2925
Total (Corr.)	17,3627	36		

Multiple Range Tests for SIN(EXP10(Na)) by fase

Method: 95,0 percent Tukey HSD	Count	Mean	Homogeneous Groups
AVA	10	-0,145065	X
MED	13	0,185075	X
INI	14	0,303041	X

Variance Check

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	36,9668	2	18,4834	1,08	0,3495
Within groups	667,445	39	17,114		
Total (Corr.)	704,411	41			

Multiple Range Tests for Fe by fase

Method: 95,0 percent Tukey HSD	Count	Mean	Homogeneous Groups
INI	14	9,6049	X
MED	14	10,7672	X
AVA	14	11,9029	X

Variance Check

Bartlett's test: 1,00837 P-Value = 0,854625

**One-Way ANOVA - 1/SQRT(K) by fase**

ANOVA Table for 1/SQRT(K) by fase

Analysis of Variance					
Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	,00502351	2	0,00251176	0,85	0,4351
Within groups	0,115212	39	0,00295416		
Total (Corr.)	0,120236	41			

Multiple Range Tests for 1/SQRT(K) by fase

Method: 95,0 percent Tukey HSD	Count	Mean	Homogeneous Groups
AVA	14	0,256058	X
INI	14	0,273784	X
MED	14	0,282315	X

Variance Check

Bartlett's test: 1,17207 P-Value = 0,0500984

Bartlett's test: 1,0402 P-Value = 0,525173

**One-Way ANOVA - NO3 by fase**

ANOVA Table for NO3 by fase

Analysis of Variance				
Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio P-Value
Between groups	103709,0	2	51854,4	13,21 0,0000
Within groups	153046,0	39	3924,25	
Total (Corr.)	256755,0	41		

Multiple Range Tests for NO3 by fase

Method: 95,0 percent Tukey HSD				
fase	Count	Mean	Homogeneous Groups	
INI	14	167,974		X
MED	14	234,983		X
AVA	14	289,479		X

Variance Check

Bartlett's test: 1,04362 P-Value = 0,447062

**One-Way ANOVA - COS (EXP10 (pH)) by fase**

ANOVA Table for COS (EXP10 (pH)) by fase

Analysis of Variance				
Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio P-Value
Between groups	0,0980065	2	0,0490033	0,11 0,8941
Within groups	17,0308	39	0,436686	
Total (Corr.)	17,1288	41		

Multiple Range Tests for COS (EXP10 (pH)) by fase

Method: 95,0 percent Tukey HSD				
fase	Count	Mean	Homogeneous Groups	
INI	14	0,22475		X
MED	14	0,232059		X

AVA 14 0,330682 X

Variance Check

Bartlett's test: 1,00621 P-Value = 0,8898

**One-Way ANOVA - Zn by fase**

ANOVA Table for Zn by fase

Analysis of Variance				
Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio P-Value
Between groups	88,6425	2	44,3213	4,79 0,0138
Within groups	360,851	39	9,25259	
Total (Corr.)	449,494	41		

Multiple Range Tests for Zn by fase

Method: 95,0 percent Tukey HSD				
fase	Count	Mean	Homogeneous Groups	
AVA	14	3,85992		X
MED	14	6,89637		X
INI	14	6,98512		X

Variance Check

Bartlett's test: 1,11319 P-Value = 0,132407

**COMPARAÇÃO ENTRE ESTAÇÕES PARA TIPOLOGIA FLORESTAL INICIAL A 15 CM**

**One-Way ANOVA - Ca by estacao**

ANOVA Table for Ca by estacao

Analysis of Variance				
Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio P-Value
Between groups	9328,62	3	3109,54	1,47 0,3495
Within groups	8465,25	4	2116,31	
Total (Corr.)	17793,9	7		

Multiple Range Tests for Ca by estacao

Method: 95,0 percent Tukey HSD  
 estacao Count Mean Homogeneous Groups

INV	2	97,8297	X
PRI	2	123,524	X
OUT	2	130,155	X
VER	2	190,938	X

Variance Check  
 Bartlett's test: 1,24171 P-Value = 0,893846

**One-Way ANOVA - Cl by estacao**

ANOVA Table for Cl by estacao

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	34407,5	3	11469,2	0,94	0,4992
Within groups	48661,0	4	12165,3		
Total (Corr.)	83068,5	7			

Multiple Range Tests for Cl by estacao

Method: 95,0 percent Tukey HSD  
 estacao Count Mean Homogeneous Groups

INV	2	342,977	X
VER	2	377,573	X
PRI	2	437,164	X
OUT	2	515,849	X

Variance Check  
 Bartlett's test: 1,92049 P-Value = 0,605711

**One-Way ANOVA - K by estacao**

ANOVA Table for K by estacao

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	13206,2	3	4402,07	0,96	0,4927

Within groups 18329,1 4 4582,26

Total (Corr.) 31535,3 7

Multiple Range Tests for K by estacao

Method: 95,0 percent Tukey HSD  
 estacao Count Mean Homogeneous Groups

VER	2	14,2803	X
OUT	2	38,7806	X
INV	2	43,9483	X
PRI	2	122,527	X

Variance Check  
 Bartlett's test: 15,091 P-Value = 0,0535054

**One-Way ANOVA - Mg by estacao**

ANOVA Table for Mg by estacao

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	110,965	3	36,9885	0,26	0,8541
Within groups	578,282	4	144,57		
Total (Corr.)	689,247	7			

Multiple Range Tests for Mg by estacao

Method: 95,0 percent Tukey HSD  
 estacao Count Mean Homogeneous Groups

INV	2	21,586	X
OUT	2	26,2857	X
VER	2	29,8338	X
PRI	2	31,2246	X

Variance Check  
 Bartlett's test: 1,66038 P-Value = 0,69813

**One-Way ANOVA - SIN (EXP10 (Na)) by estacao**

ANOVA Table for SIN (EXP10 (Na)) by estacao

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	2,87559	3	0,958531	3,68	0,1563
Within groups	0,780687	3	0,260229		
Total (Corr.)	3,65628	6			

to another at the 95,0% confidence level.

Multiple Range Tests for SIN(EXP10(Na)) by estacao

estacao	Count	Mean	Homogeneous Groups
INV	2	-0,751349	X
VER	2	0,431242	X
OUT	2	0,60703	X
PRI	1	0,994492	X

Variance Check

Bartlett's test: 2,44231 P-Value = 0,395625

One-Way ANOVA - N03 by estacao

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	8202,1	3	2734,03	1,01	0,4761
Within groups	10846,3	4	2711,58		
Total (Corr.)	19048,4	7			

Multiple Range Tests for N03 by estacao

estacao	Count	Mean	Homogeneous Groups
VER	2	162,597	X
PRI	2	167,558	X
INV	2	225,391	X
OUT	2	232,279	X

Variance Check

Bartlett's test: 3,70919 P-Value = 0,295595

One-Way ANOVA - pH by estacao

ANOVA Table for pH by estacao

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	0,178932	3	0,059644	1,22	0,4111
Within groups	0,195609	4	0,0489024		
Total (Corr.)	0,374542	7			

Multiple Range Tests for pH by estacao

estacao	Count	Mean	Homogeneous Groups
INV	2	4,42248	X
PRI	2	4,42308	X
OUT	2	4,512	X
VER	2	4,7875	X

Variance Check

Bartlett's test: 2,45797 P-Value = 0,468227

One-Way ANOVA - CI by estacao

ANOVA Table for CI by estacao

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	34407,5	3	11469,2	0,94	0,4992
Within groups	48661,0	4	12165,3		
Total (Corr.)	83068,5	7			

Multiple Range Tests for CI by estacao

estacao	Count	Mean	Homogeneous Groups
INV	2	342,977	X

VER	2	377,573	X
PRI	2	437,164	X
OUT	2	515,849	X

Variance Check  
Bartlett's test: 1,92049 P-Value = 0,605711

**COMPARAÇÃO ENTRE ESTAÇÕES NA TIPOLOGIA FLOREAL INTERMEDIÁRIA  
SS A 15 CM**

**One-Way ANOVA - Ca by estacao**

ANOVA Table for Ca by estacao

Analysis of Variance					
Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	2233,72	3	744,574	0,29	0,8324
Within groups	10319,4	4	2579,85		
Total (Corr.)	12553,1	7			

Multiple Range Tests for Ca by estacao

Method: 95,0 percent Tukey HSD				
estacao	Count	Mean	Homogeneous Groups	
PRI	2	133,887	X	
INV	2	148,443	X	
VER	2	172,458	X	
OUT	2	173,446	X	

Variance Check  
Bartlett's test: 1,46568 P-Value = 0,782024

**One-Way ANOVA - Cl by estacao**

ANOVA Table for Cl by estacao

Analysis of Variance					
Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	8829,66	3	2943,22	0,49	0,7064
Within groups	23903,9	4	5975,98		

Total (Corr.)	32733,6	7			
---------------	---------	---	--	--	--

Multiple Range Tests for Cl by estacao

Method: 95,0 percent Tukey HSD				
estacao	Count	Mean	Homogeneous Groups	
INV	2	334,06	X	
OUT	2	369,461	X	
VER	2	376,328	X	
PRI	2	427,139	X	

Variance Check  
Bartlett's test: 3,72479 P-Value = 0,294169

**ANOVA Table for K by estacao**

Analysis of Variance					
Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	172,68	3	57,56	0,30	0,8275
Within groups	777,772	4	194,443		
Total (Corr.)	950,452	7			

Multiple Range Tests for K by estacao

Method: 95,0 percent Tukey HSD				
estacao	Count	Mean	Homogeneous Groups	
VER	2	16,449	X	
OUT	2	20,9382	X	
PRI	2	21,836	X	
INV	2	29,3799	X	

Variance Check  
Bartlett's test: 1,12135 P-Value = 0,95557

**One-Way ANOVA - Mg by estacao**

ANOVA Table for Mg by estacao

Analysis of Variance					
Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	8829,66	3	2943,22	0,49	0,7064
Within groups	23903,9	4	5975,98		

ANOVA Table for NO3 by estacao

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	274,286	3	91,4286	0,39	0,7700
Within groups	948,013	4	237,003		
Total (Corr.)	1222,3	7			

Multiple Range Tests for Mg by estacao

Method: 95,0 percent Tukey HSD

estacao	Count	Mean	Homogeneous Groups
INV	2	22,4659	X
OUT	2	29,7245	X
PRI	2	32,0994	X
VER	2	38,8525	X

Variance Check

Bartlett's test: 2,34206 P-Value = 0,49309

**One-Way ANOVA - Na by estacao**

ANOVA Table for Na by estacao

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	1565,11	3	521,703	0,88	0,5241
Within groups	2380,64	4	595,161		
Total (Corr.)	3945,75	7			

Multiple Range Tests for Na by estacao

Method: 95,0 percent Tukey HSD

estacao	Count	Mean	Homogeneous Groups
INV	2	97,8478	X
VER	2	102,344	X
OUT	2	105,372	X
PRI	2	133,559	X

Variance Check

Bartlett's test: 5,25486 P-Value = 0,196395

**One-Way ANOVA - NO3 by estacao**

ANOVA Table for NO3 by estacao

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	2098,72	3	699,572	0,51	0,6976
Within groups	5505,82	4	1376,45		
Total (Corr.)	7604,53	7			

Multiple Range Tests for NO3 by estacao

Method: 95,0 percent Tukey HSD

estacao	Count	Mean	Homogeneous Groups
PRI	2	181,739	X
VER	2	194,957	X
INV	2	218,943	X
OUT	2	219,774	X

Variance Check

Bartlett's test: 3,88911 P-Value = 0,279854

**One-Way ANOVA - pH by estacao**

ANOVA Table for pH by estacao

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	0,0801174	3	0,0267058	0,69	0,6059
Within groups	0,155714	4	0,0389284		
Total (Corr.)	0,235831	7			

Multiple Range Tests for pH by estacao

Method: 95,0 percent Tukey HSD

estacao	Count	Mean	Homogeneous Groups
PRI	2	4,4555	X
VER	2	4,5375	X
INV	2	4,68	X
OUT	2	4,6955	X



Variance Check  
 Bartlett's test: 1,67653 P-Value = 0,691763

**COMPARAÇÃO ENTRE ESTAÇÕES AVA SS A 15 CM**

**One-Way ANOVA - Ca by estacao**

ANOVA Table for Ca by estacao

Analysis of Variance					
Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	508,433	3	169,478	0,30	0,8261
Within groups	2273,43	4	568,357		
Total (Corr.)	2781,86	7			

Multiple Range Tests for Ca by estacao

Method: 95,0 percent Tukey HSD

estacao	Count	Mean	Homogeneous Groups
INV	2	71,638	X
OUT	2	72,0749	X
PRI	2	76,1974	X
VER	2	91,25	X

Variance Check  
 Bartlett's test: 1,30748 P-Value = 0,859723

**One-Way ANOVA - Cl by estacao**

ANOVA Table for Cl by estacao

Analysis of Variance					
Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	92664,0	3	30888,0	1,76	0,2934
Within groups	70218,3	4	17554,6		
Total (Corr.)	162882,0	7			

Multiple Range Tests for Cl by estacao

Method: 95,0 percent Tukey HSD

estacao	Count	Mean	Homogeneous Groups
INV	2	476,068	X
PRI	2	543,378	X
VER	2	703,901	X
OUT	2	733,32	X

Variance Check  
 Bartlett's test: 1,46662 P-Value = 0,781586

**One-Way ANOVA - LOG(K) by estacao**

ANOVA Table for LOG(K) by estacao

Analysis of Variance					
Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	1,87691	3	0,625636	0,68	0,6087
Within groups	3,67968	4	0,919919		
Total (Corr.)	5,55658	7			

Multiple Range Tests for LOG(K) by estacao

Method: 95,0 percent Tukey HSD

estacao	Count	Mean	Homogeneous Groups
VER	2	2,08498	X
PRI	2	2,59098	X
INV	2	3,11132	X
OUT	2	3,33669	X

Variance Check  
 Bartlett's test: 7,88601 P-Value = 0,120134

**One-Way ANOVA - Mg by estacao**

ANOVA Table for Mg by estacao

Analysis of Variance					
Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	434,673	3	144,891	0,56	0,6687

Within groups 1033,06 4 258,264

Total (Corr.) 1467,73 7

Multiple Range Tests for Mg by estacao

Method: 95,0 percent Tukey HSD

estacao	Count	Mean	Homogeneous Groups
VER	2	64,9827	X
INV	2	72,0883	X
OUT	2	81,3496	X
PRI	2	83,3029	X

Variance Check  
Bartlett's test: 2,4971 P-Value = 0,460316

**One-Way ANOVA - Na by estacao**

ANOVA Table for Na by estacao

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	9026,63	3	3008,88	0,50	0,7038
Within groups	24207,7	4	6051,91		
Total (Corr.)	33234,3	7			

Multiple Range Tests for Na by estacao

Method: 95,0 percent Tukey HSD

estacao	Count	Mean	Homogeneous Groups
VER	2	170,81	X
PRI	2	221,046	X
INV	2	231,054	X
OUT	2	264,545	X

Variance Check  
Bartlett's test: 3,41408 P-Value = 0,325059

**One-Way ANOVA - NO3 by estacao**

ANOVA Table for NO3 by estacao

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	6152,6	3	2050,87	0,42	0,7513
Within groups	19705,2	4	4926,3		
Total (Corr.)	25857,8	7			

Multiple Range Tests for NO3 by estacao

Method: 95,0 percent Tukey HSD

estacao	Count	Mean	Homogeneous Groups
VER	2	228,98	X
PRI	2	235,253	X
OUT	2	273,903	X
INV	2	296,279	X

Variance Check  
Bartlett's test: 1,90695 P-Value = 0,610026

**One-Way ANOVA - pH by estacao**

ANOVA Table for pH by estacao

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	0,0160031	3	0,00533437	0,22	0,8796
Within groups	0,0980152	4	0,0245038		
Total (Corr.)	0,114018	7			

Multiple Range Tests for pH by estacao

Method: 95,0 percent Tukey HSD

estacao	Count	Mean	Homogeneous Groups
VER	2	3,67	X
PRI	2	3,74328	X
INV	2	3,7775	X
OUT	2	3,7815	X

Variance Check  
Bartlett's test: 10,1308 P-Value = 0,0881691

**COMPARAÇÃO ENTRE ESTAÇÕES INI SS 40 CM**

**One-Way ANOVA - Ca by ESTACAO**

ANOVA Table for Ca by ESTACAO

Analysis of Variance				
Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio P-Value
Between groups	5100,62	3	1700,21	0,18 0,9070
Within groups	38501,2	4	9625,31	
Total (Corr.)	43601,8	7		

Multiple Range Tests for Ca by ESTACAO

ESTACAO	Count	Tukey HSD		Homogeneous Groups
		Mean	Mean	
PRI	2	127,076		X
INV	2	166,887		X
OUT	2	183,075		X
VER	2	193,448		X

Variance Check

Bartlett's test: 1,46529 P-Value = 0,782208

**One-Way ANOVA - Cl by ESTACAO**

ANOVA Table for Cl by ESTACAO

Analysis of Variance				
Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio P-Value
Between groups	29520,8	3	9840,28	1,16 0,4295
Within groups	34073,5	4	8518,38	
Total (Corr.)	63594,3	7		

Multiple Range Tests for Cl by ESTACAO

ESTACAO	Count	Tukey HSD		Homogeneous Groups
		Mean	Mean	
PRI	2	127,076		X
INV	2	166,887		X
OUT	2	183,075		X
VER	2	193,448		X

INV	2	258,699		X
OUT	2	303,143		X
VER	2	378,802		X
PRI	2	412,783		X

Variance Check

Bartlett's test: 2,55886 P-Value = 0,44829

**One-Way ANOVA - K by ESTACAO**

ANOVA Table for K by ESTACAO

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	182,7	3	60,8999	0,46	0,7267
Within groups	532,487	4	133,122		
Total (Corr.)	715,186	7			

Multiple Range Tests for K by ESTACAO

ESTACAO	Count	Tukey HSD		Homogeneous Groups
		Mean	Mean	
VER	2	15,354		X
OUT	2	19,4596		X
PRI	2	21,4205		X
INV	2	28,555		X

Variance Check

Bartlett's test: 1,43486 P-Value = 0,796538

**One-Way ANOVA - Mg by ESTACAO**

ANOVA Table for Mg by ESTACAO

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	77,566	3	25,8553	0,10	0,9530
Within groups	986,572	4	246,643		
Total (Corr.)	1064,14	7			

Multiple Range Tests for Mg by ESTACAO  
 -----  
 Method: 95,0 percent Tukey HSD  
 ESTACAO      Count      Mean      Homogeneous Groups  
 -----  
 OUT            2      24,9345      X  
 INV            2      27,6185      X  
 PRI            2      31,9151      X  
 VER            2      32,4742      X  
 -----  
 Variance Check  
 Bartlett's test: 4,95566    P-Value = 0,210586  
**One-Way ANOVA - Na by ESTACAO**  
 ANOVA Table for Na by ESTACAO

Analysis of Variance  
 -----  
 Source      Sum of Squares    Df    Mean Square    F-Ratio    P-Value  
 -----  
 Between groups    352,879      3    117,626      0,33      0,8048  
 Within groups    1421,87      4    355,469  
 Total (Corr.)    1774,75      7  
 -----

Multiple Range Tests for Na by ESTACAO  
 -----  
 Method: 95,0 percent Tukey HSD  
 ESTACAO      Count      Mean      Homogeneous Groups  
 -----  
 VER            2      89,7973      X  
 OUT            2      92,3534      X  
 PRI            2      103,0      X  
 INV            2      105,273      X  
 -----  
 Variance Check  
 Bartlett's test: 1,04009    P-Value = 0,990486  
**One-Way ANOVA - NO3 by ESTACAO**  
 ANOVA Table for NO3 by ESTACAO

Analysis of Variance  
 -----  
 Source      Sum of Squares    Df    Mean Square    F-Ratio    P-Value  
 -----  
 Between groups    1,10756      3    0,369187      0,0001    0,9999  
 Within groups    1,10756      4    0,27689      0,0001    0,9999  
 Total (Corr.)    2,21512      7  
 -----

Multiple Range Tests for NO3 by ESTACAO  
 -----  
 Method: 95,0 percent Tukey HSD  
 ESTACAO      Count      Mean      Homogeneous Groups  
 -----  
 PRI            2      91,0228      X  
 VER            2      149,125      X  
 INV            2      149,801      X  
 OUT            2      157,594      X  
 -----  
 Variance Check  
 Bartlett's test: 1,69803    P-Value = 0,683429  
**One-Way ANOVA - pH by ESTACAO**  
 ANOVA Table for pH by ESTACAO

Analysis of Variance  
 -----  
 Source      Sum of Squares    Df    Mean Square    F-Ratio    P-Value  
 -----  
 Between groups    0,0419164    3    0,0139721    0,22      0,8801  
 Within groups    0,257513    4    0,0643781  
 Total (Corr.)    0,299429    7  
 -----

Multiple Range Tests for pH by ESTACAO  
 -----  
 Method: 95,0 percent Tukey HSD  
 ESTACAO      Count      Mean      Homogeneous Groups  
 -----  
 VER            2      5,025      X  
 INV            2      5,055      X  
 PRI            2      5,1435      X  
 OUT            2      5,208      X  
 -----  
 Variance Check  
 Bartlett's test: 1,10756    P-Value = 0,962188

**COMPARAÇÃO ENTRE ESTAÇÕES SS MED 40 CM**

**One-Way ANOVA - Ca by ESTACAO**

ANOVA Table for Ca by ESTACAO

Analysis of Variance					
Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	13109,3	3	4369,76	0,93	0,5033
Within groups	18763,4	4	4690,85		
Total (Corr.)	31872,7	7			

Multiple Range Tests for Ca by ESTACAO

ESTACAO	Count	Tukey HSD		Homogeneous Groups
		Mean	Mean	
PRI	2	151,766		X
INV	2	186,231		X
OUT	2	197,655		X
VER	2	263,508		X

Variance Check

Bartlett's test: 4,66924 P-Value = 0,225964

**One-Way ANOVA - Cl by ESTACAO**

ANOVA Table for Cl by ESTACAO

Analysis of Variance					
Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	38201,1	3	12733,7	1,46	0,3525
Within groups	34981,8	4	8745,45		
Total (Corr.)	73182,9	7			

Multiple Range Tests for Cl by ESTACAO

ESTACAO	Count	Tukey HSD		Homogeneous Groups
		Mean	Mean	
PRI	2	151,766		X
INV	2	186,231		X
OUT	2	197,655		X
VER	2	263,508		X

INV	2	344,732		X
OUT	2	386,896		X
PRI	2	402,098		X
VER	2	529,935		X

Variance Check

Bartlett's test: 1,53774 P-Value = 0,749405

**One-Way ANOVA - K by ESTACAO**

ANOVA Table for K by ESTACAO

Analysis of Variance					
Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	628,708	3	209,569	0,18	0,9045
Within groups	4645,42	4	1161,35		
Total (Corr.)	5274,13	7			

Multiple Range Tests for K by ESTACAO

ESTACAO	Count	Tukey HSD		Homogeneous Groups
		Mean	Mean	
PRI	2	21,1487		X
INV	2	31,2576		X
OUT	2	41,2216		X
VER	2	43,478		X

Variance Check

Bartlett's test: 1,55244 P-Value = 0,74298

**One-Way ANOVA - Mg by ESTACAO**

ANOVA Table for Mg by ESTACAO

Analysis of Variance					
Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	504,016	3	168,005	0,32	0,8137
Within groups	2119,18	4	529,795		
Total (Corr.)	2623,19	7			

Multiple Range Tests for Mg by ESTACAO

Method: 95,0 percent Tukey HSD

ESTACAO	Count	Mean	Homogeneous Groups
PRI	2	31,5125	X
INV	2	39,1057	X
OUT	2	46,7834	X
VER	2	52,5705	X

Variance Check  
Bartlett's test: 1,487 P-Value = 0,772181

**One-Way ANOVA - Na by ESTACAO**

ANOVA Table for Na by ESTACAO

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	409,383	3	136,461	0,10	0,9584
Within groups	5700,32	4	1425,08		
Total (Corr.)	6109,7	7			

Multiple Range Tests for Na by ESTACAO

Method: 95,0 percent Tukey HSD

ESTACAO	Count	Mean	Homogeneous Groups
INV	2	91,6273	X
PRI	2	103,891	X
VER	2	106,79	X
OUT	2	110,777	X

Variance Check  
Bartlett's test: 1,65911 P-Value = 0,698633

**One-Way ANOVA - NO3 by ESTACAO**

ANOVA Table for NO3 by ESTACAO

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	4526,55	3	1508,85	0,39	0,7694
Within groups	15601,7	4	3900,42		
Total (Corr.)	20128,2	7			

Multiple Range Tests for NO3 by ESTACAO

Method: 95,0 percent Tukey HSD

ESTACAO	Count	Mean	Homogeneous Groups
VER	2	158,88	X
PRI	2	159,658	X
INV	2	193,935	X
OUT	2	214,973	X

Variance Check  
Bartlett's test: 2,14058 P-Value = 0,542075

**One-Way ANOVA - pH by ESTACAO**

ANOVA Table for pH by ESTACAO

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	1,75364	3	0,584547	1,82	0,2836
Within groups	1,28577	4	0,321442		
Total (Corr.)	3,03941	7			

Multiple Range Tests for pH by ESTACAO

Method: 95,0 percent Tukey HSD

ESTACAO	Count	Mean	Homogeneous Groups
PRI	2	4,1945	X
INV	2	4,97667	X
OUT	2	5,0245	X
VER	2	5,5	X

Variance Check  
Bartlett's test: 1,32738 P-Value = 0,849553

**COMPARAÇÃO ENTRE ESTAÇÕES AVA SS 40 CM**

**One-Way ANOVA - Ca by ESTACAO**

ANOVA Table for Ca by ESTACAO

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	705,104	3	235,035	0,40	0,7609
Within groups	2346,9	4	586,725		
Total (Corr.)	3052,0	7			

Multiple Range Tests for Ca by ESTACAO

Method: 95,0 percent Tukey HSD

ESTACAO	Count	Mean	Homogeneous Groups
INV	2	72,2311	X
OUT	2	73,6404	X
PRI	2	87,3764	X
VER	2	94,5833	X

Variance Check

Bartlett's test: 1,83921 P-Value = 0,632387

One-Way ANOVA - Cl by ESTACAO

ANOVA Table for Cl by ESTACAO

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	10506,4	3	3502,13	1,13	0,4377
Within groups	12420,4	4	3105,11		
Total (Corr.)	22926,8	7			

Multiple Range Tests for Cl by ESTACAO

Method: 95,0 percent Tukey HSD

ESTACAO	Count	Mean	Homogeneous Groups
PRI	2	442,367	X
INV	2	498,398	X
OUT	2	509,805	X
VER	2	542,935	X

Variance Check

Bartlett's test: 1,10274 P-Value = 0,96445

One-Way ANOVA - K by ESTACAO

ANOVA Table for K by ESTACAO

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	86,5468	3	28,8489	0,75	0,5765
Within groups	153,783	4	38,4456		
Total (Corr.)	240,329	7			

Multiple Range Tests for K by ESTACAO

Method: 95,0 percent Tukey HSD

ESTACAO	Count	Mean	Homogeneous Groups
VER	2	8,42433	X
PRI	2	10,2239	X
INV	2	14,3229	X
OUT	2	16,7633	X

Variance Check

Bartlett's test: 3,62596 P-Value = 0,303414

One-Way ANOVA - Mg by ESTACAO

ANOVA Table for Mg by ESTACAO

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	470,924	3	156,975	1,00	0,4805
Within groups	630,833	4	157,708		
Total (Corr.)	1101,76	7			

Multiple Range Tests for Mg by ESTACAO

Method: 95,0 percent Tukey HSD

Multiple Range Tests for NO3 by ESTACAO

Method: 95,0 percent Tukey HSD

ESTACAO	Count	Mean	Homogeneous Groups
OUT	2	57,4001	X
INV	2	60,8927	X
VER	2	66,8688	X
PRI	2	77,6205	X

Variance Check  
Bartlett's test: 1,93772 P-Value = 0,60029

**One-Way ANOVA - Na by ESTACAO**

ANOVA Table for Na by ESTACAO

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	1529,02	3	509,673	0,80	0,5550
Within groups	2547,98	4	636,994		
Total (Corr.)	4077,0	7			

Multiple Range Tests for Na by ESTACAO

Method: 95,0 percent Tukey HSD

ESTACAO	Count	Mean	Homogeneous Groups
VER	2	140,72	X
OUT	2	164,759	X
PRI	2	166,304	X
INV	2	178,953	X

Variance Check  
Bartlett's test: 3,02063 P-Value = 0,373293

**One-Way ANOVA - NO3 by ESTACAO**

ANOVA Table for NO3 by ESTACAO

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	10588,2	3	3529,41	1,85	0,2786
Within groups	7629,26	4	1907,32		
Total (Corr.)	18217,5	7			

Multiple Range Tests for NO3 by ESTACAO

Method: 95,0 percent Tukey HSD

ESTACAO	Count	Mean	Homogeneous Groups
PRI	2	205,542	X
VER	2	215,515	X
OUT	2	236,401	X
INV	2	299,137	X

Variance Check  
Bartlett's test: 2,29974 P-Value = 0,502737

**One-Way ANOVA - pH by ESTACAO**

ANOVA Table for pH by ESTACAO

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	0,00515318	3	0,00171773	0,24	0,8629
Within groups	0,0283089	4	0,00707723		
Total (Corr.)	0,0334621	7			

Multiple Range Tests for pH by ESTACAO

Method: 95,0 percent Tukey HSD

ESTACAO	Count	Mean	Homogeneous Groups
VER	2	3,72875	X
OUT	2	3,742	X
PRI	2	3,76783	X
INV	2	3,795	X

Variance Check  
Bartlett's test: 8,2162 P-Value = 0,114232

**1.3 LENÇOL FREÁTICO**

**COMPARAÇÃO PZ ENTRE FASES**

**One-Way ANOVA - Ca by FASE**

ANOVA Table for Ca by FASE



**One-Way ANOVA - K by FASE**

ANOVA Table for K by FASE

Analysis of Variance				
Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	P-Value
Between groups	518,36	2	259,18	0,79
Within groups	10854,9	33	328,938	
Total (Corr.)	11373,3	35		

Multiple Range Tests for K by FASE

FASE	Count	Mean	Homogeneous Groups
INI	12	28,6232	X
MED	12	31,7354	X
AVA	12	37,7642	X

Variance Check

Bartlett's test: 1,05222 P-Value = 0,446041

**One-Way ANOVA - LOG (Mg) by FASE**

ANOVA Table for LOG (Mg) by FASE

Analysis of Variance				
Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	P-Value
Between groups	0,602108	2	0,301054	1,94
Within groups	5,12814	33	0,155398	
Total (Corr.)	5,73025	35		

Multiple Range Tests for LOG (Mg) by FASE

FASE	Count	Mean	Homogeneous Groups
AVA	12	3,80931	X
MED	12	3,9542	X
INI	12	4,12572	X

Variance Check

Bartlett's test: 1,01095 P-Value = 0,841428

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	128748,0	2	64374,2	10,59	0,0003
Within groups	200512,0	33	6076,12		
Total (Corr.)	329260,0	35			

Multiple Range Tests for Ca by FASE

FASE	Count	Mean	Homogeneous Groups
AVA	12	135,103	X
MED	12	189,071	X
INI	12	280,024	X

Variance Check

Bartlett's test: 1,09611 P-Value = 0,233307

**One-Way ANOVA - LOG (Cl) by FASE**

ANOVA Table for LOG (Cl) by FASE

Analysis of Variance				
Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	P-Value
Between groups	2,22683	2	1,11342	4,16
Within groups	8,83081	33	0,2676	0,0245
Total (Corr.)	11,0576	35		

Multiple Range Tests for LOG (Cl) by FASE

FASE	Count	Mean	Homogeneous Groups
MED	12	5,02206	X
INI	12	5,09559	XX
AVA	12	5,58256	X

Variance Check

Bartlett's test: 1,01095 P-Value = 0,841428

Variance Check  
 Bartlett's test: 1,0349 P-Value = 0,580406

**One-Way ANOVA - Na by FASE**

ANOVA Table for Na by FASE

Analysis of Variance				
Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio P-Value
Between groups	1793,53	2	896,766	0,27 0,7617
Within groups	107799,0	33	3266,63	
Total (Corr.)	109592,0	35		

Multiple Range Tests for Na by FASE

Method: 95,0 percent Tukey HSD

FASE	Count	Mean	Homogeneous Groups
MED	12	111,196	X
AVA	12	114,959	X
INI	12	127,691	X

Variance Check

Bartlett's test: 1,10747 P-Value = 0,198126

**One-Way ANOVA - SQR(T NO3) by FASE**

ANOVA Table for SQR(T NO3) by FASE

Analysis of Variance				
Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio P-Value
Between groups	109,722	2	54,8609	7,58 0,0020
Within groups	238,853	33	7,23798	
Total (Corr.)	348,575	35		

Multiple Range Tests for SQR(T NO3) by FASE

Method: 95,0 percent Tukey HSD

FASE	Count	Mean	Homogeneous Groups
MED	12	3,16958	X

INI 12 6,01704 X  
 AVA 12 7,35631 X

Variance Check

Bartlett's test: 1,00564 P-Value = 0,914649

**One-Way ANOVA - pH by FASE**

ANOVA Table for pH by FASE

Analysis of Variance				
Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio P-Value
Between groups	4,28902	2	2,14451	10,16 0,0004
Within groups	6,96288	33	0,210996	
Total (Corr.)	11,2519	35		

Multiple Range Tests for pH by FASE

Method: 95,0 percent Tukey HSD

FASE	Count	Mean	Homogeneous Groups
AVA	12	5,99833	X
MED	12	6,58917	X
INI	12	6,8175	X

Variance Check

Bartlett's test: 1,15802 P-Value = 0,0976158

**One-Way ANOVA - Al by fase**

ANOVA Table for Al by fase

Analysis of Variance				
Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio P-Value
Between groups	12184,3	2	6092,14	0,06 0,9394
Within groups	1,45514E6	15	97009,4	
Total (Corr.)	1,46732E6	17		

Multiple Range Tests for Al by fase

Method: 95,0 percent Tukey HSD

fase	Count	Mean	Homogeneous Groups
INI	6	466,675	X
MED	6	486,431	X
AVA	6	529,026	X

Variance Check  
 Bartlett's test: 1,00196 P-Value = 0,986599  
 the standard deviations at the 95,0% confidence level.

**One-Way ANOVA - Fe by fase**

ANOVA Table for Fe by fase

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	1,7045	2	0,852251	0,04	0,9593
Within groups	306,879	15	20,4586		
Total (Corr.)	308,584	17			

Multiple Range Tests for Fe by fase

Method: 95,0 percent Tukey HSD

fase	Count	Mean	Homogeneous Groups
MED	6	8,27469	X
INI	6	8,5212	X
AVA	6	9,01483	X

Variance Check  
 Bartlett's test: 1,00669 P-Value = 0,955142