

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**

Instituto de Geociências e Ciências Exatas

Campus de Rio Claro

**ESTUDO DA PRESENÇA DE METAIS  
NAS BANANEIRAS DE SÃO BENTO DO SAPUCAÍ – SP,  
UTILIZANDO ANÁLISE QUÍMICA FOLIAR**

**Luis Gustavo Rodrigues da Silva**

*Orientador:* **Prof. Dr. Juércio Tavares de Mattos**

Dissertação de Mestrado elaborada  
junto ao Programa de Pós-Graduação em  
Geociências e Meio Ambiente – Área de  
Concentração em Geociências e Meio  
Ambiente, para obtenção do Título de  
Mestre em Geociências e Meio Ambiente.

Rio Claro (SP)

2006

551.9 Silva, Luis Gustavo Rodrigues da  
S586e Estudo da presença de metais nas bananeiras de São Bento do Sapucaí – SP, utilizando análise química foliar / Luis Gustavo Rodrigues da Silva. – Rio Claro : [s.n.], 2006  
91 f. : il., gráfs., tabs., fots.

Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas  
Orientador: Juércio Tavares de Mattos  
Data da defesa: 25 de maio 2006

1. Geoquímica. 2. Banana. 3. Análise foliar. 4. São Bento do Sapucaí (SP). 5. Serra da Mantiqueira. I. Título.

Ficha Catalográfica elaborada pela STATI – Biblioteca da UNESP

Campus de Rio Claro/SP

## **Comissão Examinadora**

**Prof. Dr. Juércio Tavares de Mattos** (*orientador*)

**Prof. Dr. Jairo Roberto Jimenez Rueda**

**Prof. Dr. Luiz Henrique Mazo**

*Aluno:* **Luis Gustavo Rodrigues da Silva**

**Rio Claro, 25 de maio de 2006**

**Resultado:** *Aprovado.*

Aos meus pais João e Suely e ao meu irmão Clayton...

...por sempre acreditarem e sonharem comigo.

## *AGRADECIMENTOS*

Aos meus pais, João e Suely por me ter dado como herança a determinação e oportunidade do estudo; E ao meu irmão Clayton pelo apoio, confiança e amizade.

Ao meu orientador Prof. Dr. Juércio Tavares de Mattos pela amizade e companheirismo; Por sempre me fazer sentir capaz e confiante e pela segurança e firmeza com que me orientou.

Aos professores Jairo Rueda, Margarita Moreno, Luiz Henrique Mazo e Sergio Espínola Machado, pelas colaborações, sugestões e críticas levantada ao trabalho.

A CAPES pela bolsa cedida, ao IGCE/UNESP pelas condições de estudo e pesquisa e da colaboração constante das funcionárias da secretaria da Pós Graduação.

Aos membros e funcionários dos departamentos e centros de pesquisa: IGCE/UNESP, FEG/UNESP, BIBLIOTECA/IB e IGCE, GMEME/USP; CAQI/USP, Secretaria da Agricultura de São Bento do Sapucaí – SP, CATI/Pindamonhangaba e APTA/Pindamonhangaba.

Ao meu grande amigo André Cantu Ribeiro, que mais que qualquer outra pessoa, é merecedor de todos os adjetivos positivos por ter agüentado lamentações, críticas e reclamações; Por me ensinar que amizade além de respaldo, apoio e confiança é também cobrar atitudes e mesmo sem nenhuma paciência, me ensinou a ter.

Aos melhores eternos amigos de todos os tempos da USP/São Carlos: Thiago Momenti, Tiago Venâncio, Ludmila, Flávia, Marina, Viviane, Fábio, Renata, Rogério, Rosana, Nicéa, Daniel, Claudinei, Christiane, Thiago Cristofolletti, Agnaldo, Daniela.

A outros também eternos amigos do GMEME/USP, que mesmo distante, nos fazemos próximos e infinitos nos raros momentos de encontros: Adriana Correia, Fernando Crnkovic', Deborah Comar, Marilza Terezo, João Tiengo, Mauro Coelho, Silmar Barbosa, Claudia Barin, Douglas Miwa e Djenane de Souza.

A aqueles que mais que amigos são pessoas que por escolha de Deus entram em nossas vidas: Jorge, Irene e família (é muita gente!); Meus avós D.Tereza e Sr.Antônio, Minha cunhada Graciane; Meus amigos Eva Maria, Marco Guarizzo e Alice; Professores e amigos do EE Dr. Manoel G. Casquel (Santo André – SP) e da saudosa escola EE Dr. Martinico Prado (Fazenda Curuputuba/Pindamonhangaba – SP).

Aos meus inesquecíveis (por razões diversas...) professores: D. Maria do Carmo, D.Izaura, Nilberto, Sônia, D.Leonor, Sr.João, Juércio e Mazo.

Agradeço a todas estas pessoas e peço desculpas a tantas outras, não menos importantes que não foram aqui citados, mas que estiveram presentes nesse momento de minha história e com mãos indiretas, colaboraram na elaboração deste trabalho.

***Agradeço a Deus.***

*"As grandes realizações estão destinadas aos que cultivam as manias de ter sonhos, fé, coragem e muita atitude".*

*Raquel de Carvalho (historiadora)*

## SUMÁRIO

ÍNDICE.....	i
LISTA DE TABELAS.....	iii
LISTA DE FIGURAS.....	iv
RESUMO.....	viii
ABSTRACT.....	ix
1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA.....	10
2 OBJETIVOS.....	12
3 REVISÃO DE LITERATURA.....	13
4 ÁREA DE ESTUDO.....	35
5 MATERIAIS E MÉTODOS.....	52
6 RESULTADOS EXPERIMENTAIS.....	63
7 CONCLUSÕES FINAIS.....	83
REFERÊNCIAS.....	86

## ÍNDICE

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA .....</b>	<b>10</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>12</b>
<b>3</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>13</b>
3.1	CARACTERÍSTICA NUTRICIONAL DA BANANEIRA.....	13
3.2	AVALIAÇÃO DO ESTADO NUTRICIONAL DAS BANANEIRAS .....	14
3.2.1	ASPECTOS GERAIS .....	14
3.2.2	MACRO E MICRONUTRIENTES PRESENTES NAS BANANEIRA .....	16
3.2.2.1	MACRONUTRIENTES .....	17
3.2.2.2	MICRONUTRIENTES.....	25
3.3	CONDIÇÕES AMBIENTAIS PARA A BANANICULTURA .....	33
3.3.1	– SOLO .....	33
3.3.2	– CLIMA .....	32
3.3.3	– TEMPERATURA .....	33
3.3.4	– UMIDADE RELATIVA.....	32
3.3.5	– ALTITUDE .....	33
3.3.6	– SISTEMA HÍDRICO.....	33
<b>4</b>	<b>ÁREA DE ESTUDO .....</b>	<b>35</b>
4.1	A MICRO BACIA HIDROGRÁFICA DA SERRA DA MANTIQUEIRA.....	35
4.2	O CULTIVO DA BANANA NA REGIÃO DA MICRO BACIA HIDROGRÁFICA DA SERRA DA MANTIQUEIRA .....	37
4.3	LOCALIZAÇÃO E CARACTERÍSTICAS DO SÍTIO .....	39
4.4	CARACTERÍSTICAS DO MEIO FÍSICO.....	41
4.4.1	GEOLOGIA .....	41
4.4.1.1	UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS .....	43
4.4.1.2	SUÍTES GRANÍTICAS.....	45
4.4.1.3	ROCHAS SEDIMENTARES E SEDIMENTOS RECENTES .....	46
4.4.2	PEDOLOGIA .....	47
4.4.2.1	ASSOCIAÇÃO I: Latossolo Vermelho Amarelo + Cambissolo .....	47
4.4.2.2	ASSOCIAÇÃO II: Latossolo Vermelho Amarelo + Podzólico Vermelho Amarelo.....	47
4.4.2.3	ASSOCIAÇÃO III: Podzólico Vermelho Amarelo .....	48
4.4.2.4	ASSOCIAÇÃO IV: Solos Litólicos e Cambissolos.....	48
4.4.3	CLIMA .....	49



4.4.3.1 Aspectos Climáticos Predominantes.....	49
4.4.4 GEOMORFOLOGIA .....	50
4.4.4.1 Aspectos Geomorfológicos da serra da Mantiqueira.....	50
<b>5 MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>52</b>
5.1 MÉTODOS UTILIZADOS .....	52
5.1.1 DIAGNOSE FOLIAR .....	52
5.1.1.1 AMOSTRAGEM DO TECIDO FOLIAR .....	53
5.1.2 ESPECTROFOTÔMETRIA DE ABSORÇÃO ATÔMICA – (AAS) .....	54
5.1.3 SURFER® .....	58
5.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS .....	60
5.2.1 SELEÇÃO E COLETA DE AMOSTRAS .....	60
5.2.2 PREPARAÇÕES DE AMOSTRAS E ANÁLISES QUÍMICAS .....	60
5.2.3 UTILIZAÇÃO DOS DADOS PARA MAPEAMENTO NUTRICIONAL DA ÁREA DE ESTUDO .....	602
<b>6 RESULTADOS EXPERIMENTAIS .....</b>	<b>63</b>
6.1 FATORES AMBIENTAIS DO LOCAL DE ESTUDO CARACTERÍSTICOS PARA A BANANICULTURA .....	64
6.2 ÁREA DO ESTUDO, DISPOSIÇÃO DOS PONTOS DE AMOSTRAGEM E PONTOS DE COLETA.....	64
6.3 VALORES NUTRICIONAIS, MAPAS DE CONTORNO E SUPERFÍCIE 3D DE ISOVALORES DOS METAIS ESTUDADOS DETERMINADOS POR ANÁLISE FOLIAR DAS BANANEIRAS .....	71
<b>7 CONCLUSÕES FINAIS .....</b>	<b>83</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>86</b>

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 3.1** Tempo de diferenciação floral, que a bananeira leva para demonstrar a falta de um determinado nutriente (MOREIRA, 1987) ..... **17**
- Tabela 3.2** Valores em peso em Kg, porcentagem de água(%) e quantidade de litros de água em valores médios de uma bananeira 'prata' (AAB) em seus diversos órgãos. (MOREIRA, 1999)..... **18**
- Tabela 3.3** Faixa padrões de macro e micronutrientes da análise foliar da bananeira. (MALAVOLTA, 1997)..... **30**
- Tabela 4.1** Relação hectare plantado, produção e rendimento médio de fruto em área de plantio na região da Micro Bacia Hidrográfica da serra da Mantiqueira. (COORDENADORIA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA INTEGRAL, 2005)..... **38**
- Tabela 4.2** Percentual de área de afloramento\* das unidades litoestratigráficas presentes na serra da Mantiqueira. (INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS, 1981)..... **42**
- Tabela 6.1** Apresenta os valores de concentração nutricional para os metais estudados, obtidos a partir das amostras coletadas de banana prata (musa ssp), utilizando AAS..... **63**

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 3.1** Concentração entre o desenvolvimento de organismos vivos e a concentração do metal (A) – Comportamento do metal essencial; (B) Comportamento do metal não essencial. (MARTIM e SIGEL, 1980)..... **15**
- Figura 4.1** Municípios com área na UGRHI-1. (SISTEMA ESTADUAL DE ANÁLISE DE DADOS E ESTATÍSTICA, 1999) ..... **36**
- Figura 4.2** Unidades Hidrográficas principais da UGRHI-1. (SISTEMA ESTADUAL DE ANÁLISE DE DADOS E ESTATÍSTICA, 1999) ..... **36**
- Figura 4.3** Localização geográfica da cidade de São Bento do Sapucaí – SP. (EMBRAPA, 2006; GOOGLE EARTH, 2006) ..... **37**
- Figura 4.4** Visão parcial da pedra do Baú – São Bento do Sapucaí –SP. (Imagem fotográfica capturada do bairro Paiol Grande, onde se encontra as principais plantações de banana da região) ..... **38**
- Figura 4.5** Visão parcial do plantio de bananas na fazenda José Serne, bairro Paiol Grande – São Bento do Sapucaí – SP ..... **39**
- Figura 4.6** Visão parcial do plantio de bananas na fazenda José Serne, bairro Paiol Grande – São Bento do Sapucaí – SP ..... **40**
- Figura 5.1** Representação das partes da folha da bananeira utilizada para análise foliar..... **54**
- Figura 5.2** Espectrofotômetro de absorção Atômica..... **55**

<b>Figura 5.3</b>	Demonstração do processo de atomização, detecção e processamento de dados de amostra pelo AAS .....	<b>563</b>
<b>Figura 5.4</b>	Pontos de amostragem (1 a 7) numa área de estudo. (LANDIM, MONTEIRO e CORSI, 2002) .....	<b>59</b>
<b>Figura 5.5</b>	Pontos de amostragem (1 a 7) e de estimativa (x) numa área de estudo. (LANDIM, MONTEIRO e CORSI, 2002) .....	<b>59</b>
<b>Figura 6.1</b>	Imagem fotografica capturada de “Matações” do tipo granito e ou gnaisses de rochas aflorantes, presentes no local de estudo .....	<b>63</b>
<b>Figura 6.2</b>	Canal de drenagem presente no local de estudo. (Fazenda José Serne, São Bento do Sapucaí – SP) .....	<b>65</b>
<b>Figura 6.3</b>	Rede de drenagem encachoeirada com grande volume de água presente no local de estudo.(Fazenda José Serne, São Bento do Sapucaí – SP).....	<b>65</b>
<b>Figura 6.4</b>	Visão parcial da declividade da plantação de bananas na Fazenda José Serne. São Bento do Sapucaí – SP .....	<b>66</b>
<b>Figura 6.5</b>	Visão parcial da área de plantio de bananas na Fazenda José Serne. São Bento do Sapucaí – SP. ....	<b>66</b>
<b>Figura 6.6</b>	Distribuição dos grupos de amostragem e pontos amostrais da coleta de folhas de bananeira na área da Fazenda José Serne, (Área total de coleta: 76.800m <sup>2</sup> .....	<b>637</b>
<b>Figura 6.7</b>	<b>Resultados obtidos para o Potássio:</b> (A) – Mapa da distribuição dos pontos de coleta no local de estudo; (B) – Valores nutricionais obtidos em cada ponto amostral (g/kg) e comparado com máximos e mínimos proposto por Malavolta (2002); (C) – Mapa de contorno de isovalores; (D) – Superfície 3D de isovalores. ....	<b>72</b>

- Figura 6.8 Resultados obtidos para o Cálcio:** (A) – Mapa da distribuição dos pontos de coleta no local de estudo; (B) – Valores nutricionais obtidos em cada ponto amostral (g/kg) e comparado com máximos e mínimos proposto por Malavolta (2002); (C) – Mapa de contorno de isovalores; (D) – Superfície 3D de isovalores ..... **73**
- Figura 6.9 Resultados obtidos para o Fósforo:** (A) – Mapa da distribuição dos pontos de coleta no local de estudo; (B) – Valores nutricionais obtidos em cada ponto amostral (g/kg) e comparado com máximos e mínimos proposto por Malavolta (2002); (C) – Mapa de contorno de isovalores; (D) – Superfície 3D de isovalores ..... **74**
- Figura 6.10 Resultados obtidos para o Magnésio:** (A) – Mapa da distribuição dos pontos de coleta no local de estudo; (B) – Valores nutricionais obtidos em cada ponto amostral (g/kg) e comparado com máximos e mínimos proposto por Malavolta (2002); (C) – Mapa de contorno de isovalores; (D) – Superfície 3D de isovalores ..... **75**
- Figura 6.11 Resultados obtidos para o Ferro:** (A) – Mapa da distribuição dos pontos de coleta no local de estudo; (B) – Valores nutricionais obtidos em cada ponto amostral (g/kg) e comparado com máximos e mínimos proposto por Malavolta (2002); (C) – Mapa de contorno de isovalores; (D) – Superfície 3D de isovalores ..... **76**
- Figura 6.12 Resultados obtidos para o Manganês:** (A) – Mapa da distribuição dos pontos de coleta no local de estudo; (B) – Valores nutricionais obtidos em cada ponto amostral (g/kg) e comparado com máximos e mínimos proposto por Malavolta (2002); (C) – Mapa de contorno de isovalores; (D) – Superfície 3D de isovalores ..... **77**
- Figura 6.13 Resultados obtidos para o Zinco:** (A) – Mapa da distribuição dos pontos de coleta no local de estudo; (B) – Valores nutricionais obtidos em cada ponto amostral (g/kg) e comparado com máximos e mínimos proposto por Malavolta (2002); (C) – Mapa de contorno de isovalores; (D) – Superfície 3D de isovalores ..... **78**

**Figura 6.14 Resultados obtidos para o Cobre:** (A) – Mapa da distribuição dos pontos de coleta no local de estudo; (B) – Valores nutricionais obtidos em cada ponto amostral (g/kg) e comparado com máximos e mínimos proposto por Malavolta (2002); (C) – Mapa de contorno de isovalores; (D) – Superfície 3D de isovalores .....79

**Figura 6.15** Planta em estado inicial de florescimento. A coloração amarela neste período corresponde a baixa translocação de magnésio dentro da planta .....81

## RESUMO

A escolha da cidade de São Bento do Sapucaí - SP, para o presente trabalho, se dá ao fato de que além do local se encontrar numa área de preservação ambiental inserida na micro Bacia da serra da Mantiqueira, possui a prática da bananicultura e o turismo rural/ecológico, como suas principais fontes econômicas. A pesquisa utilizou como área piloto a fazenda José Serne, principal produtora de banana prata (musa ssp) da porção paulista da serra da Mantiqueira, e traça um prognóstico da concentração de metais presentes no setor solo/planta no sítio estudado, utilizando das técnicas de análise química foliar e da espectrofotometria de absorção atômica, de modo a gerar mapas de contorno de isovalores e de superfície 3D dos metais estudados em cada ponto de coleta de amostra demonstrando assim a distribuição nutricional no sítio de estudo. Os resultados obtidos apresentam valores nutricionais das concentrações dos metais estudados abaixo ou limítrofes para os principais íons como de potássio, fósforo e magnésio e ideais para cálcio e ferro. Entretanto, a presença de solos do tipo litólicos e cambissolos na área de estudo, e devido ao seu processo de intemperismo, se mostraram relevante no processo de adsorção nos metais pela planta contribuindo para maior ou menor adsorção dos metais analisados. Com isso pode-se concluir que embora o sistema se encontre em equilíbrio e os solos são compatíveis para a cultura da banana, há a necessidade de manejo e processos de fertilização para aumento da produção da cultura.

## ABSTRACT

The choice for the city of São Bento do Sapucaí, in São Paulo, for this present job, is due to the fact that besides the place is located in an area of environment preservation, inserted in the micro basin of the Mantiqueira Mountain Range, it has cultivation of banana and the rural/ecological tourism, as the most important economical resources. The research used the Jose Serne Farm as pilot area, the most important producer of banana fruits of cultivar 'Prata'.(musa ssp) of São Paulo's part of the Mantiqueira Mountain Range, and draws a line of a prognostic about the metals concentration in the land/plant segment in the studied field, using the techniques of chemical folial analysis, and the atomic absorption spectrometry, in a way to develop contourn maps and 3D surface maps about the studied metals in each point of sample collection. The obtained results present nutritional values about the concentration of the metals below or border lined for the most important ions, like potassium, calcium, phosphorus and magnesium, and ideals for calcium and iron. , However, the litholic and cambissolos soil presence of the type in the study area, and had to its process Weathering and Erosion, if had shown excellent in the process of adsorption in metals for the plant contributing for greater or minor adsorption of analyzed metals. With this it can be concluded that even so the system if finds in balance and the ground are compatible for the culture of the banana, has the necessity of handling and processes of fertilizers for increase of the production of the culture.



## 1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

Segundo dado da Food and Agriculture Organization – FAO (2006), em 2004 o Brasil foi o segundo maior produtor mundial de banana, com 6,6 milhões de toneladas, ficando somente atrás da Índia (16,8 milhões) e possui 530 mil hectares de área plantada, contudo, segundo o Instituto de Planejamento e Economia Agrícola de Santa Catarina (2006), a participação do Brasil como exportador deste produto para o ano de 2005 foi próximo de 3,0%, sendo a Argentina e Uruguai os principais consumidores, e a partir de 1996 em porcentagem menor de importação, o Reino Unido, Itália, Holanda e Alemanha, vêm consumindo o produto brasileiro.

O Estado de São Paulo é um dos maiores produtores de banana no Brasil. Com uma área plantada em torno de 61.500 hectares, têm sua maior produção concentrada na região do Vale do Ribeira (sudoeste paulista), de maneira que quase que a totalidade de sua produção se destina ao mercado interno principalmente para o interior de próprio estado. (INSTITUTO DE PLANEJAMENTO E ECONOMIA AGRÍCOLA DE SANTA CATARINA, 2006)

Na década de 80 e 90, com modelos de diversificação nas atividades agrícolas no estado de São Paulo, uma das opções foi à fruticultura, com destaque para cultura de cítricos principalmente nas regiões de planalto paulista, porém, a bananicultura se mostrava um empreendimento promissor, pois a produção desta fruta perto do mercado consumidor poderia competir com vantagens principalmente no custo de transporte.

Regiões com clima tropical de altitude como as serras do Mar e Mantiqueira, se tornaram favoráveis à prática da cultura da bananicultura, principalmente para a banana 'Prata' (AAB), e cidades como São Bento do Sapucaí, localizada na porção paulista da serra da Mantiqueira, obtiveram da prática do cultivo da banana sua principal fonte de renda com mercado consumidor e distribuidor próximos aos locais de plantio.

A escolha da região da serra da Mantiqueira em especial plantações de bananicultura da cidade de São Bento do Sapucaí – SP para o presente trabalho, está relacionada com a importância da preservação ambiental e dos recursos

naturais que a região possui, bem como a carência de pesquisas e prognósticos para uma melhoria do estado nutricional dos locais de plantio da banana 'Prata' (*musa ssp*), uma vez que fatores ambientais como tipos de solo, fatores mineralógicos e intempéricos do solo, clima, temperatura, altitude, umidade relativa do ar, sistemas hídricos dentre outros, são determinantes para a melhoria do processo produtivo e assim contribuir para o desenvolvimento econômico local.

Devido aos fatores mencionados, se optou por uma pesquisa utilizando da técnica de análise química foliar, que nos informa o estado nutricional e as variações das concentrações dos metais extraídos do segmento solo/água nos sítios de plantio.

A pesquisa utiliza da técnica de espectrofotometria de absorção atômica para análise foliar, onde desta forma se possa obter mapas de isovalores de contorno dos macro e micronutrientes estudados.

Foi selecionado o principal sítio de cultivo comercialmente importante da região; de forma que na área, foram coletadas amostras de folhas após dois ciclos sucessivos de produção (a partir da emissão do cacho), de modo que as coletas foram divididas por época do plantio, que no local de estudo se deram nos anos de 1979, 1981 e 1990.

## **2 OBJETIVOS**

- Utilizar da Química Analítica para caracterização química do sítio de estudo visando avaliar a potencialidade produtiva dos solos para prática da cultura da banana.
- Determinar qualitativa e quantitativamente os macro e micronutrientes presentes no solo da região, bem como a capacidade de troca iônica entre solo e a planta utilizando análise química foliar de bananeiras.
- Relacionar os valores geoquímicos determinados por análise química foliar com as condições ambientais local para a melhoria do processo produtivo da prática da bananicultura.
- Relacionar os parâmetros químicos do solo local e das necessidades nutricionais para o cultivo e produtividade da banana com parâmetros nutricionais propostos pela literatura específica e segundo o ministério da agricultura, OMS (Organização Mundial da Saúde), e valores regionais.
- Mapear espacialmente os índices geoquímicos determinados e propor um monitoramento nutricional no sítio estudado.

### **3 REVISÃO DE LITERATURA**

#### **3.1 CARACTERÍSTICA NUTRICIONAL DA BANANEIRA**

De acordo com Teixeira, Santos e Bataglia (2002) e Lopes e Espinosa (1998), a bananeira absorve cerca de  $150 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$  de K das reservas do solo, para um rendimento de frutos de  $50 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$  e em cultivos de alto rendimento ( $\geq 70 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$ ), estimara-se que a quantidade de nutrientes absorvida fosse superior a  $400 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$  de K,  $125 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$  de N e  $15 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$  de P.

A banana é uma planta muito exigente em potássio e a falta deste nutriente prejudica a produção de frutos. Quando madura, a banana contém uma pequena quantidade de amido e grande quantidade de açúcares, sendo, portanto, um alimento de elevado valor energético. Além de carboidratos, contém quantidades consideráveis das vitaminas A (retinol), B1 (tiamina), B2 (riboflavina) e C (ácido ascórbico) e dos minerais: potássio, fósforo, cálcio e ferro. (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 2001)

Devido à situação economicamente favorável do cultivo da banana e ao grande interesse pela melhoria da qualidade de vida, a banana é uma fruta que vêm sendo muito indicada para a dieta de crianças e idosos por apresentar textura macia, baixa acidez e por conter nutrientes prontamente assimiláveis pelo organismo.

Nas plantas, assim como organismos vivos tal quais as bananas, um dos problemas recentemente encontrado está relacionado com o processo oxidativo de compostos polifenólicos, de modo que concentrações elevadas de metais como Zinco, Cobre e Ferro, tendem a influenciar positiva ou negativamente no aumento dos índices de oxidação dos tecidos do explante e na diminuição do crescimento das mudas. (UTINO et al., 2001)

Estudos científicos indicam que metais de transição, em especial Ferro e Cobre, são hábeis na produção de ROS (Reactive Oxygen Species) que resultam na peroxidação lipídica e mudanças no DNA em mamíferos (MONTEIRO et al., 1995; MACHEIX, FLEURIET e BILLOT, 1992). Kanazawa e Sakakibara (2000), descrevem que a polpa se destaca por possuir entre outros importantes compostos em sua estrutura os antioxidantes vitamina C, vitamina E e Beta-Caroteno. Someya, Yoshiki

e Okubo (2002), Kondo et al. (1999); Hertlog et al. (1993); Middeton e Kondasmami (1992), Renauld e Lorgeril (1992), indicam a galocatequina como importante e abundante composto antioxidante presente na banana, devido sua capacidade de atuar nos processos de peroxidação lipídica e assim, contribuir na diminuição de efeitos cancerígenos e cardiovasculares em seres humanos.

## **3.2 AVALIAÇÃO DO ESTADO NUTRICIONAL DAS BANANEIRAS**

### **3.2.1 ASPECTOS GERAIS**

Nas bananeiras, os nutrientes têm uma atuação muito efetiva, de modo que uma situação de carência ou de excesso quase sempre é visualmente detectada. As necessidades nutricionais das bananeiras variam com os sítios de plantio, condições intempéricas, tipos de solo e são agravados quando há problemas fitossanitários tanto nas raízes como nas folhas e respondem diferentemente conforme os cultivares.

Os nutrientes isoladamente, possuem funções específicas na fisiologia da bananeira, o que torna necessário uma adubação correta. Perante análises nutricionais nos sítios de plantio, nutrientes em concentrações desfavoráveis podem provocar desequilíbrios nutricionais ou intoxicações nas plantas, de maneira a favorecer o desenvolvimento de determinadas moléstias fisiológicas e até mesmo anular sua produção.

Segundo Casarett et al. (1995), alguns metais e seus compostos são considerados essenciais para os organismos vivos, outros são inertes (uma vez que não se acumulam no organismo humano), e ainda há os que são considerados tóxicos, e segundo Martin e Sigel (1980), estudos relativos à toxicidade de metais em meios orgânicos indicam que, em baixas concentrações, podem ocorrer situações que levam à deficiência nutricional, todavia, a suplementação inadequada resulta em efeitos tóxicos, ou mesmo letais, conforme pode ser observado na Figura 3.1. (MARTIN e SIGEL, 1980)

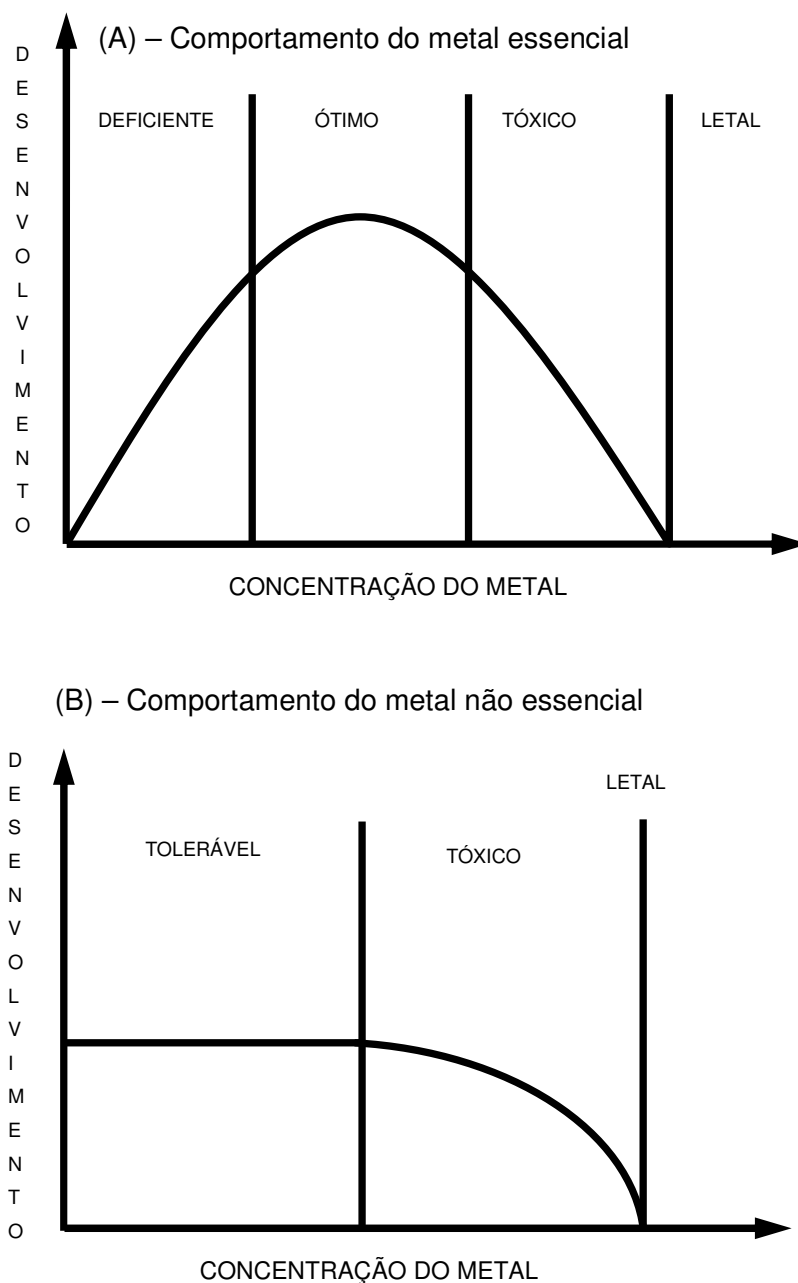


Figura 3.1 – Concentração entre o desenvolvimento de organismos vivos e a concentração do metal (A) – Comportamento do metal essencial; (B) Comportamento do metal não essencial. (MARTIM e SIGEL, 1980)

### 3.2.2 MACRO E MICRONUTRIENTES PRESENTES NAS BANANEIRAS

Os aspectos de carência e excesso nutricional de macro e micronutrientes nas bananeiras, descritas nos itens a seguir deste mesmo capítulo, foram referenciadas principalmente em estudos e trabalhos propostos de acordo com Rangel, Penteado e Tonet (2002), Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (2001), Moreira (1999), Moreira (1987) e Malavolta (1997), que descrevem, caracterizam e identificam deficiência e excesso de macro e micronutrientes nas bananeiras, segundo observações de fatores externos como mudanças de cores nas folhas e frutos bem como nas características físicas da planta.

Para que uma planta demonstre toda sua capacidade genética de produção, é preciso que ela tenha à sua disposição todos os nutrientes que necessita, os quais poderão estar sob a forma orgânica ou mineral.

Os nutrientes são divididos em dois grupos: os Macronutrientes e os Micronutrientes.

#### Macronutrientes

São aqueles elementos que a bananeira exige para sua fisiologia em maiores quantidades, podem ser considerados como essenciais e são os responsáveis pela formação estrutural e produtiva da planta. Todos os macronutrientes - Água (H<sub>2</sub>O), Matéria Orgânica (M.O.), Nitrogênio (N), Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg) – são importantes para a bananeira.

#### Micronutrientes

São os elementos que se apresentam no meio orgânico em quantidades pequenas, entretanto, a bananeira precisa ter à sua disposição com a função de equilibrar sua nutrição além de participar ativamente da fisiologia da planta. Dentre os micronutrientes têm-se hoje, que o mais importante para a bananeira é o Zinco (Zn), porém, o Ferro (Fe), Cobre (Cu), Manganês (Mn), Alumínio (Al), também participam de sua nutrição.

O excesso ou falta de macro ou micronutrientes, tende a apresentar cloroses e necroses específicas nos seus diferentes órgãos, que possibilitam quase sempre,

fazer-se a identificação do problema nutricional por meio das modificações visuais ocorridas.

Segundo Moreira (1987), o tempo que uma bananeira em processo de diferenciação floral, leva para demonstrar a falta de um determinado nutriente, somente acontece após um período de sua privação, que é variável e que pode ser assim resumido conforme demonstrado na Tabela 3.1:

Tabela 3.1 – Tempo de diferenciação floral, que a bananeira leva para demonstrar a falta de um determinado nutriente. (MOREIRA, 1987)

8 a 10 dias de seca	para a água
1 a 2 meses	para o N
2 a 3 meses	para o Ca, Mg, S, Zn, B e Mn
4 meses	para o P
5 meses	para o K

Problemas nutricionais observados nas bananeiras pela falta ou excesso de nutrientes, tende a acarretar prejuízos que nem sempre podem ser recuperada pela planta onde a produção se torna deficitária, uma vez que o sistema já sofreu perturbações em sua fisiologia. (MOREIRA, 1999)

### **3.2.2.1 MACRONUTRIENTES**

Eles são fornecidos para as plantas sob a forma de adubos ou defensivos agrícolas minerais que contém um ou mais elementos químicos. Esses elementos representam um grande papel no desenvolvimento e na produção da bananeira, conforme se pode verificar a seguir. Os sintomas descritos, tanto de falta como de excesso, correspondem àqueles obtidos em condições de cultivo e descritos pela literatura.

#### **A água**

A falta de água por algum tempo ou não suprimento de forma adequada é suficiente para prejudicar sua produção. Conforme Moreira (1999), a Tabela 3.2, apresenta valores em peso em kg, porcentagem de água (%) e quantidade de litros



de água em valores médios de uma bananeira 'prata' (AAB) em seus diversos órgãos.

Tabela 3.2 – Valores em peso em kg, porcentagem de água (%) e quantidade de litros de água em valores médios de uma bananeira 'prata' (AAB) em seus diversos órgãos, (MOREIRA, 1999)

Órgão	Kg	%	Litros
Pseudocaule	75	95	71
Folhas	20	85	17
Engaço	7,5	93	6,9
Coração	1,3	91	1,18
Pencas	34	79	26

### **Matéria Orgânica (M.O.)**

Segundo Rangel, Penteado e Tonet (2002), a matéria orgânica é fundamental na fase inicial da vida da planta, pois é a maior fonte de nitrogênio que a planta necessita.

Moreira (1999), descreve que em solos argilosos, a matéria orgânica é importante, pois estimula a sua desagregação o que facilita o desenvolvimento das raízes. Nos solos arenosos, a matéria orgânica é quase limitante para o desenvolvimento inicial da muda. Na sua ausência as raízes ficam curtas, finas, desprovidas de radículas e a coifa, que normalmente é branca e quase que translúcida, fica com aspecto enegrecido, dando a impressão de ter sido queimada. Em solos de média a alta fertilidade, plantados em densidades elevadas, o teor de matéria orgânica tenderá a aumentar com a enorme quantidade de restos de cultura (matéria orgânica) que fica sobre o solo, por ocasião das desfolhas, desbastes e rebaixamento dos pseudocaulos.

Ainda segundo Moreira (1999), a matéria orgânica a ser aplicada nos bananais pode ter várias origens: esterco de gado, de porco, torta de algodão ou de mamona, composto de lixo e, na falta destes, pode-se aplicar restos de culturas como palha de arroz, milho, café, bagaço de cana-de-açúcar, dentre outras. As bananeiras reagem sempre de forma favorável à adubação orgânica aplicada, pois

além de conter nutrientes, ela ajuda a reter a umidade do solo, porém, sem se utilizar de adubos químicos, é inviável.

## **Nitrogênio (N)**

### **Sintomas de carência nutricional de N**

A importância do N é maior na fase vegetativa da bananeira, ou seja, quando ela ainda não sofreu a diferenciação floral. Neste período, os sinais de clorose em suas folhas demonstram que haverá perda de produção, pois o número de bananas e os seus tamanhos já estão reduzidos. Sua carência alonga os ciclos da bananeira devido ao retardamento de seu desenvolvimento e encurta a vida das folhas que secam e morrem prematuramente. Moreira (1999) e Garnica (1997) descrevem ainda que as folhas em plantas com deficiência nutricional de N são menores em tamanho e em quantidade por plantas, assim como seus pecíolos, porém elas mantêm constante a sua relação comprimento e largura, que é uma característica do cultivar. Garnica (1997) descreve que o pseudocaule é fino, baixo e emite poucos “filhos”, e que a produção acarreta em cachos menores e mais leves por produzir menos pencas, as quais também têm menos bananas. Teixeira, Santos e Bataglia (2002), relatam à observação de uma maior ocorrência de desenvolvimento dos fungos tanto nas folhas como nos frutos e que a morte da bananeira pode ocorrer sem ter havido produção e, neste caso, a morte é por secamento como se fosse falta d’água. Moreira (1987) descreve que os frutos se apresentam com menores teores de aminoácidos e proteínas e que as quantidades de carboidratos fotossintetizados são menores e com isto a fruta fica com menos aroma.

Vários sintomas agudos de falta de Cu, S, Fe e Zn têm certa semelhança com a falta de Nitrogênio. (GARNICA, 1997; MOREIRA, 1999; TEIXEIRA, SANTOS e BATAGLIA, 2002)

### **Sintomas de excesso nutricional de N**

De acordo com Moreira (1999) e Teixeira, Santos e Bataglia (2002), o excesso de N ocasiona fatores positivos à planta de modo que se é observado no aumento de sua área foliar (aumento do período de vida das folhas velhas, aumento

de tamanho e de número de folhas por planta, calha foliar mais aberta), presença de folhas de coloração verde–escura, pecíolo maior e as folhas desde jovem, se apresentam revestidas com cera. O autor relata ainda que as bananas se tornam mais compridas e que o cacho é bastante volumoso e pesado com grande número de pencas num ciclo produtivo mais curto. O excesso de N é reduzido com irrigação abundante uma vez que este nutriente é facilmente lixiviado.

### **Potássio (K)**

#### **Sintomas de carência nutricional de K**

Moreira (1999) e Teixeira, Santos e Bataglia (2002), descrevem que as necessidades nutricionais de K aumentam com a idade da bananeira e que cloroses de deficiência desse nutriente, com exceção para solos muito pobres em K, raramente aparecem em plantas jovens (menos de cinco meses).

Ainda segundo os mesmos autores, a carência de K alonga o ciclo de vida da planta e provoca o secamento prematuro das folhas mais velhas, ocasiona a redução do processo de respiração celular da planta e diminui a ação fotossintética das bananeiras.

Os frutos são muito prejudicados com a carência de K, visto que esse é o principal nutriente da banana. Quando a deficiência de potássio se dá na fase inicial da planta, se torna facilmente detectado, pois há indícios de formação de cacho com baixo peso, uma vez que as bananas não se desenvolvem. Frutos desenvolvidos com concentração limitante de K, apresentam-se com desenvolvimento raquítico, com pouco açúcar e sabor ácido, o que os torna comercialmente inadequado. (MOREIRA, 1999)

Quando há falta de K, as folhas ficam com dimensões menores e desidratadas assim como o pseudocaule, pois há uma diminuição da elaboração de seiva e conseqüentemente redução de translocação de N, P, Ca, Mg, Zn, Na, Mn e Cu dentro planta. Quando os níveis de Ca e Mg estão altos na folha, o K é menos assimilado, porém se os níveis de N e P são mais altos, ele também é mais assimilado.

Quando a deficiência de N é pequena, as folhas novas ficam com um verde escuro que lembra um excesso de N, enquanto que as mais velhas se apresentam com pouco brilho e com leve amarelecimento generalizado; isto se observa devido ao acúmulo de açúcares sintetizados nas folhas e que não estão circulando na planta por falta de potássio. (RANGEL, PENTEADO e TONET, 2002)

A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (2001) relata que irrigação por aspersão, aumenta a absorção de K mais do que a inundação, porém, se houver períodos longos de forte chuva, pode ocorrer lixiviação do K e, conseqüentemente, uma clorose aguda.

#### *Sintomas de excesso nutricional de K*

A planta não tem folhas senis e todas elas se apresentam com coloração verde acentuada e bastante revestida de cera, apresenta também coração volumoso com brácteas grandes lembrando excesso de N. As bananas possuem polpas menos ácidas e são mais gordas, o que resulta em cachos mais pesados e um breve retardamento do ponto de colheita.

O aumento da concentração de K ocasiona um aumento na absorção de P, contudo, outros íons diminuem seu teor como N, Ca, Mg e Cu. Convém lembrar que o aumento do K provoca uma diminuição na quantidade de Mg nas folhas, uma vez que o K o transloca para as bainhas e provoca um amarelamento da polpa com a diminuição nutricional de N (MOREIRA, 1999; TEIXEIRA, SANTOS E BATAGLIA, 2002). O excesso de K é reduzido com calagem.

### **Cálcio (Ca)**

#### *Sintomas de carência nutricional de Ca*

A carência nutricional de Ca limita o desenvolvimento e a penetração das raízes, tanto nas camadas superficiais como nas mais profundas, o que se torna um fato importante no que diz respeito na necessidade do Ca ser devidamente incorporado no solo. A absorção do Ca pelas raízes é dificultada pela presença de Al e Mn solúveis e nos períodos de muita chuva e calor, o Ca é bastante lixiviado o que pode provocar carências principalmente nas folhas da planta. Outro fator relevante,

se refere aos solos onde se faz adubações com altos teores de N, onde se provoca uma diminuição da concentração de íons Ca no meio.

Um aumento da deficiência nutricional de cálcio, ocasiona uma diminuição da tonalidade verde no sentido ponta da folha para a marginal da mesma, e em folhas velhas há também a presença de faixas amarelas descontínuas no bordo da folha, de maneira que posteriormente as folhas se assemelham a palha de milho tanto na textura quanto na coloração; Porém, o fato dos sintomas da carência de Ca serem menos visíveis no primeiro ciclo, eles já podem ser encontrados por ocasião do 2° ou 3° mês do plantio, sendo contudo, reconhecidos mais facilmente nas folhas adultas do que nas jovens.

Quando a carência atinge a condição descrita acima, podem aparecer sintomas de fome oculta de S que estão bloqueando a absorção do Ca. Essa fome que é identificada pelo estreitamento da faixa entre as nervuras secundárias ou mesmo pelo desaparecimento de uma delas alternadamente, aparece juntamente com as manchas grandes circulares típicas da falta do Ca.

Estas limitações além de ocasionar menor absorção de água e nutrientes pelas raízes, originam frutos com maturação irregular, bananas finas com casca opaca, sem cera e frequentemente rachadas.

#### *Sintomas de excesso nutricional de Ca*

É pouco freqüente, porém quando isto ocorre, a poupa fica mais amarela e provoca deficiências de K, Mg e de micronutrientes. O excesso é corrigido com aplicações de enxofre. (RANGEL, PENTEADO e TONET, 2002)

### **Fósforo (P)**

#### *Sintomas de deficiência nutricional de P*

A absorção de P acontece em maior quantidade durante a fase vegetativa e decai com o florescimento, o que torna necessário que este nutriente já esteja disponível no início dos plantios.

Rangel, Penteado e Tonet (2002), relatam que a deficiência de fósforo provoca uma necrose marginal em forma de serra nas folhas mais velhas, de modo

que uma coloração verde-escura-azulada também é observada na mesma. O decaimento da concentração de íons P está relacionado com o decréscimo no desenvolvimento do sistema radicular da planta, bem como uma diminuição nos tamanhos das folhas, sendo que quando mais velhas, ficam com pouco brilho e leve bronzeado devido ao acúmulo de açúcares ocorrido nelas, os quais já deveriam ter se translocado para as demais partes da planta, principalmente para as bananas.

De acordo com a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (2001), a carência de P, pode ocasionar a falta de Zn que é observado na coloração verde limão das folhas e do pecíolo da planta quando a calagem é feita em bananais já formados. Essa cor verde-limão, provocada pela calagem, desaparece naturalmente após algumas chuvas, em um período de três a quatro meses, porém quando a perturbação tem origem na falta de Zn, ela só desaparece após uma adubação com esse nutriente.

A presença de Al, Fe e ou Ca solúvel no solo dificulta a assimilação do P pela planta, pois ele tem grande facilidade de se unir a estes nutrientes e formar complexos insolúveis que se agregam às partículas de argila. (MOREIRA, 1999)

Como a falta de água no solo dificulta a assimilação do P, sistemas de irrigação por aspersão possibilitam maior absorção do P do que o de inundação, enquanto que o gotejamento provoca perdas por lixiviação. (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 2001)

A falta de fósforo no solo e na planta, ocasiona uma redução no crescimento da planta-mãe e dos filhos e uma diminuição do ritmo de emissão foliar comprimento da folha.

#### *Sintomas de excesso nutricional de P*

O excesso de P perturba a fisiologia da planta e provoca o aparecimento de deficiência de micronutrientes (Cu, Fe, Mn, Zn e B). O excesso é reduzido com calagem ou Zn e B.

O pseudocaule de cultivares do subgrupo Cavendish fica intensamente pigmentado e com manchas enegrecidas típicas do cultivar. Os do subgrupo Prata apresentam o pseudocaule intensamente colorido de verde quase escuro. (MOREIRA, 1999)

Frutos, principalmente quando novos, ficam recurvados em meia lua, tendendo a se normalizarem com o aumento de sua idade.

### **Magnésio (Mg)**

#### **Sintomas de carência nutricional de Mg**

Uma das funções do Mg na bananeira é regular as dimensões das folhas e altura da planta. A carência nutricional desse nutriente não interfere no número de folhas que a bananeira produz, porém ocasiona uma emissão lenta e irregular de folhas. Quando a carência é acentuada, a planta pode secar e morrer antes de lançar inflorescência.

As cloroses típicas do Mg já podem ser vistas a partir do 2º mês do plantio; As folhas novas, assim como as velhas, se apresentam sem brilho e ásperas com amarelamento paralelo às margens, progredindo para a nervura principal. Com o envelhecimento da folha, a clorose torna-se mais pronunciada e manchada de verde-cinza ou com pigmentação púrpura, podendo eventualmente, as folhas se tornarem amarelo-ouro, com muitas áreas necróticas. Quando a deficiência de magnésio é severa, as bainhas das folhas se despregam do pseudocaule e se rompem provocando uma senescência antecipada das folhas.

A translocação e assimilação do Mg dentro da bananeira é bloqueada ou dificultada, se o teor de P for baixo ou se a há Al solúvel no solo respectivamente, porém, o Mg não interfere na absorção do P e nem do S. Altos teores de N amoniacal e de K no solo, provocam deficiência de Mg por desequilíbrio químico e a falta de Mg aparece mais freqüentemente do que a de Ca, uma vez que poucos são os defensivos agrícolas ricos em Mg, além desse nutriente possuir uma lixiviação mais acentuada.

Moreira (1999) descreve que os cachos, em plantas com deficiência de Mg, se apresentam raquíticos e deformados, com maturação incompleta, polpa mole, viscosa e com sabor desagradável. Quando a deficiência desse íon é baixa, a polpa se apresenta com pouco paladar e aroma, ocasionado pela inibição da fixação do CO<sub>2</sub>.

### Sintomas de excesso nutricional de Mg

Segundo Moreira (1999), não se tem observado no campo excesso nutricional de Mg. Rangel, Penteado e Tonet (2002), descrevem que o aumento de Mg provoca aumento de absorção de Zn, mas não afeta absorção do P e do S, porém diminui absorção de K, Ca, Cu, Mn, e pouco o Nitrogênio.

## **3.2.2.2 MICRONUTRIENTES**

### Ferro (Fe)

#### Sintomas de deficiência nutricional de Fe

Nas bananeiras, quando a carência nutricional de ferro for pequena, é observada somente a redução do tamanho das folhas, se muito acentuada, pode haver a morte da planta por falta de clorofila.

De acordo com Moreira (1999), a falta de Fe ocorre mais comumente em solos calcários, o que devido a  $\text{pH} > 7$ , ocasiona insolubilidade do íon, ainda de acordo com Moreira (1999), nos solos do Estado de São Paulo é muito difícil de ocorrer por se apresentarem solos predominantemente ácidos.

Os sintomas característicos da deficiência de ferro aparecem nas folhas novas que ficam branco-amareladas com nervuras principais verde-acinzentadas, ocasionada pela deficiente translocação iônica que o Fe tem dentro da planta.

A falta de K pode provocar sintomas de carência de Fe, do mesmo modo que o excesso de P, Ca, Mn ou Zn também podem ocasionar o mesmo efeito. A absorção do Fe diminui quando se irriga por inundação e se observa frequência maior de sua carência nos períodos sazonais de primavera e outono.

#### Sintomas de excesso nutricional de Fe

Segundo Moreira (1999), é rara a ocorrência de excesso nutricional de Fe, onde somente foi observado em Angola e no Havaí. Uma característica típica da toxicidade desse íon nas bananeiras, se dá pela presença de uma necrose negra no bordo de folhas velhas, e se pode utilizar o enxofre elementar como neutralizador de excesso.



## **Manganês (Mn)**

### *Sintomas de deficiência nutricional de Mn*

O manganês é um ativador da reprodução celular e participa da síntese da clorofila, na sua ausência total, Moreira (1999), descreve a presença de amarelamento das folhas.

A falta de Mn para a bananeira é difícil de ocorrer, uma vez que no solo há grande quantidade dele. Fazerem-se adubações com Mn é uma prática que deve ser muito bem estudada previamente, em face dos perigos que ele pode provocar, quando em excesso.

Moreira (1999), descreve que quando ocorrer cloroses pela ausência de Mn, se observa um amarelecimento nas margens das folhas, porém conservando sempre estreita faixa ( $\pm 3$  mm) verde nos bordos. A nervura principal vai amarelando com o agravamento da carência, que evolui para toda a folha, a qual se torna completamente amarela-esverdeada, sem brilho e sem cera alguma.

Em solos orgânicos, a aplicação da M.O. tende a produzir maiores deficiências de manganês, uma vez que íons desse metal se agregam a ela gerando complexos estáveis e insolúveis. Em locais de clima tropical de altitude ou períodos sazonais de inverno, o Mn apresenta aumento de deficiência, ocasionado pela elevação do teor de M.O. da umidade do solo. Solos arenosos com baixa capacidade de troca catiônica (CTC), e tendo alta umidade, tendência a favorecer uma maior deficiência de íons Mn.

O desequilíbrio nutricional entre os íons Ca, Mg e Fe, produz deficiência de Mn, assim como o excesso de P; Iguamente, os solos ricos em cloretos, sulfatos e carbonatos reagem com o Mn, de maneira a gerar complexos estáveis e atentar sua falta.

### *Sintomas de excesso nutricional de Mn*

Uma das evidências do excesso nutricional de Mn, se dá na coloração verde característica de N, porém, de tom opaco.

Segundo Rangel, Penteado e Tonet (2002), se observam um realce nas nervuras de bordo das folhas das bananeiras, bem como uma estreita faixa amarelo-pálido com contornos semelhantes a pequenos e irregulares dentes de serra. Nas

folhas novas, ainda segundo o mesmo autor, se observa uma falta de cera comum nas folhas das bananeiras, aspereza ao toque e tonalidades opacas.

Havendo toxidez mais forte, as folhas adultas ficam ásperas e a faixa ferruginosa dos bordos se torna bem definida, sem se ampliar.

Quando a planta possui cacho, há como que uma quase total paralisação da sua fisiologia ocasionado pelo excesso nutricional de Mn. Esse cacho permanece por longo tempo na planta sem apresentar nenhuma modificação, alongando a época de sua colheita em 2 ou mais meses.

Segundo Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (2001), os cachos se apresentam leves com bananas curtas, magras, pobres em amido e despencam-se facilmente após a climatização. É descrito também, que os frutos não apresentam a coloração “amarelo canário”, típico de uma perfeita maturação e nem têm aroma e sabor doce. Ao comê-las, têm-se a impressão de se estar mastigando palha de milho seco.

O excesso de Mn causa maiores prejuízos do que sua falta e é bem mais difícil de corrigir. Ele inibe a absorção do Ca, Mg, Zn e pouco se interferem nos demais nutrientes. A aplicação de N amoniacal contribui para maior absorção do Mn. (RANGEL, PENTEADO e TONET, 2002)

Bananais com problemas de excesso de Mn, em solos com pH próximo de 7, devem receber via pseudocaule, doses de B e Zn e serem adubados com óxido de magnésio e enxofre puro. (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 2001)

A calagem deve ser feita de modo a elevar o pH entre 5,6 a 6,0 faz com que o excesso de Mn tenda a desaparecer. Nas áreas já em produção, para acelerar o efeito do calcário aplicado, deve-se incorporá-lo prontamente, com uma capina feita de forma superficial, com a enxada manual. Em seguida, deve-se fazer várias e abundantes irrigações para ajudar o calcário ir mais para o subsolo e com isso torná-lo menos ácido. (MOREIRA, 1999)

## **Zinco (Zn)**

### *Sintomas de deficiência nutricional de Zn*

As necessidades nutricionais de Zn aumentam com a idade da planta, de modo que os sintomas de carência se tornam mais acentuados nas plantas mais velhas ou com deficiência maior do solo. As plantas carentes são mais baixas, fracas e com acentuado enfraquecimento do pseudocaule, além de apresentarem-se com crescimento lento, poucos “filhos” e sem vigor.

Cloroses em folhas mais novas associadas pelo excesso ou carência de N, P, K, Cu, Ca e Mg, estão associadas à carência nutricional de Zinco, de modo que, se torna recomendável a aplicação de forma preventiva de Zn. Considerando altos teores de P no solo, sua absorção é reduzida em função da natureza da argila, que pode causar maior ou menor fixação do zinco a planta, tornando-o insolúvel.

Após a calagem, ocorrem transitórias cloroses de falta de Zn e P. O esterco aplicado no solo imobiliza o Zn, temporariamente, no corpo dos seus microrganismos, enquanto que os colóides do solo o adsorvem facilmente. Na superfície do solo tem mais Zn do que no subsolo. Nos solos arenosos e com baixa capacidade de troca de cátions (CTC), durante os períodos de muita chuva, o Zn é bastante lixiviado. Os altos teores de M.O., Al, Fe, Mn e as argilas do solo fixam o Zn e provocam grande deficiência dele. (MOREIRA, 1999)

### *Sintomas de excesso nutricional de Zn*

Moreira (1999), descreve que ainda não foram observados sintomas de excesso de Zn, quando aplicado no solo. Altos teores de Zn na planta aumentam a absorção do P, K, Ca e Mg. O Zn contido nas folhas secas é facilmente assimilado pelo solo e absorvido pelas raízes.

## **Cobre (Cu)**

### *Sintomas de deficiência nutricional de Cu*

O cobre é facilmente absorvido pela bananeira e tem grande mobilidade interna.

Moreira (1999), descreve que em condições de campo, é difícil reconhecer deficiências de cobre nas plantas, no entanto o que se observa, são plantas com aspecto pálido semelhante à falta de N, mas sem ocorrência do aparecimento de manchas nos seus bordos e as folhas que prematuramente se secam sem apresentar necroses.

A carência nutricional de Cu nas bananeiras ocasiona uma sensibilidade ao ataques de fungos e ocorrem modificações na roseta foliar. (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 2001)

A deficiência de Cu é mais freqüente de ocorrer em solos argilosos, solos orgânicos e solos enriquecidos com matéria orgânica animal, pois nesses meios o Cu tem muito pouca mobilidade e se fixa mais facilmente; Uma opção de adubação nesses casos se dá por via foliar ou pseudocaule. Em solos arenosos devido a processos de lixiviação, podem ocorrer deficiências iônicas desse metal com mais freqüência. (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 2001)

Quando o pH está acima de 6 ou 7 ou há excesso de N, P, Zn, Fe, Mn ou Al, a disponibilidade também é menor, pois o Cu forma com eles complexos estáveis, que são quase insolúveis. (MOREIRA, 1999)

#### *Sintomas de excesso nutricional de Cu*

O cobre limita o desenvolvimento das raízes da planta e para eliminar o excesso acumulado deve-se fazer uma aração profunda do solo, aplicar M.O. ou realizar uma calagem. Após a calagem deve-se fazer uma irrigação para provocar sua lixiviação.

Em bananais só é observado acúmulo de Cu, quando aplicados defensivos agrícolas com concentração desse metal.

A Tabela 3.3, descrita por Malavolta (1997), apresenta as faixas padrões para análise foliares de macro e micronutrientes da terceira folha da bananeira.

Tabela 3.3 – Faixa padrões de macro e micronutrientes da análise foliar da bananeira. (MALAVOLTA, 1997)

Macronutrientes	Faixa adequada (g/Kg)	Micronutrientes	Faixa adequada (mg/Kg)
N	27 – 36	B	10 – 25
P	1,8 – 2,7	Cl	-
K	30 – 27	Cu	6 – 30
Ca	2,5 – 12	Fé	80 – 360
Mg	3 – 6	Mn	200 – 2000
S	2 – 3	Zn	20 – 50

### 3.3 CONDIÇÕES AMBIENTAIS PARA A BANANICULTURA

Sgarbi (2002) define “sítio” como sendo uma unidade de área que apresenta características combinadas de solo, topografia e clima, as quais são responsáveis pela determinação da capacidade produtiva do local.

Sgarbi (2002), define ainda que práticas silviculturais como preparo de solo, adubação, controle das plantas daninhas e controle de pragas e doenças, e também fatores ambientais e edáficos como solo, clima, temperatura, umidade relativa do ar, sistemas hídricos, topografia, correntes e massas de ar, sazonalidade e níveis de precipitação pluviométrico, dentre outros também determinam a capacidade produtiva do local e por esta razão devem ser consideradas na definição de “sítio”.

O autor acima também menciona que, além dos fatores ambientais, é importante considerar o genótipo da planta para a classificação do sítio. O material genético (espécie, progênie, clone) pode apresentar em elevado crescimento num determinado sítio enquanto um outro não.

### 3.3.1 – SOLOS

As características físicas e químicas do solo são fatores importantes para a vida das bananeiras, uma vez que, dificilmente neste tipo de cultura, o solo é modificado e ou remanejado.

A maior porcentagem de raízes das bananeiras está nos primeiros 30 cm de solo (horizonte orgânico), de onde normalmente retiram os nutrientes que necessitam para seu crescimento e desenvolvimento. As demais raízes são, em geral mais grossas e direcionadas para profundidades maiores que possuem a função de suprir água, nutrientes e ajudar sua fixação ao solo e no desenvolvimento de seu potencial genético.

O sistema radicular das bananeiras, sofre grande decomposição em rápido período de tempo, quando comparado com outras plantas, o que facilita o processo de arejamento do solo, possibilitando espaço para circulação de água.

O solo ideal para bananeiras é normalmente rico em matéria orgânica, com predominância para solo intemperizado e com sistema de drenagem bem desenvolvido. Desta forma, podemos citar os seguintes tipos de solos considerados idéias para a prática da bananicultura:

- *Solo alúvio profundo*: (profundidade superior a 1 m) Possui características físicas (fino-areno-barrento humico), que facilitam a penetração do sistema radicular das bananeiras e sua fixação, rico em matéria orgânica e bem drenado.
- *Podzólicos vermelho-amarelo*: (que incluem alguns solos massapés), (profundidade média entre 60 a 120 cm). Quando a topografia for pouco acidentada, as plantas demonstram grande potencial produtivo, contudo, há necessidade de se aplicarem corretivos, fertilizantes e fazer-se a irrigação.
- *Latossolos roxos de média e alta fertilidade*: Têm se mostrado próprios à bananicultura, porém, quase sempre, necessitam irrigação;
- *Latossolos vermelho-escuro-orto*: Apresentam bom potencial produtivo, uma vez que possuem matéria orgânica e solo com boa capacidade de fixação radicular, porém necessita de sistema de irrigação e drenagem, correção de acidez e adubação.

### **3.3.2 – CLIMA**

Regiões com predominância climática do tipo Tropical de altitude, subtropical e Tropical Equatorial, têm se demonstrado mais favoráveis ao processo produtivo para a bananicultura, contudo, se deve considerar os aspectos macro e microclimáticos e topoclimáticos para a prática da bananicultura, uma vez, que fatores regionais como geografia, latitude, massas de ar, topografia, mata/vegetação e sistemas de drenagem, influenciam nesse aspecto ambiental.

### **3.3.3 – TEMPERATURA**

A temperatura é muito importante para a bananicultura em relação a várias moléstias e pragas que atacam a planta e cuja velocidade de desenvolvimento delas varia em função desse fator.

Os limites mais favoráveis de temperatura para o bom desenvolvimento da bananeira estão entre 20° a 24°C, com possibilidade de limites extremos entre 15° - 35°C, registrados ao redor do pseudocaule a 100 cm do solo. Se os valores absolutos da temperatura permanecer dentro desses índices (15° e 35°C), o cultivo da bananeira estarão assegurados na área.

Temperaturas inferiores a 12°C, tendem a prejudicar os tecidos da planta, principalmente os da casca do fruto. Se descer até 4°C, inicialmente começam a aparecer nos bordos das folhas as primeiras manchas amarelas, as quais se acentuam com o tempo, culminando com danos letais nessa área.

Quando a temperatura sobe acima de 35°C, há inibições no desenvolvimento da planta devido, principalmente, à desidratação dos tecidos, em especial, o das folhas. Isto faz com que elas se tornem rígidas e sujeitas ao fendilhamento mais facilmente.

### **3.3.4 – UMIDADE RELATIVA**

O cultivo da banana, deve ser priorizado para locais com umidades relativas anuais próximas ou superiores a 80%, sendo esta proveniente ou de sistemas de irrigação, chuvas ou favorecimento climático.

Regiões onde haja estação e chuva e secas bem definidas, não são favoráveis para o cultivo da banana, pois a mesma não necessita de hibernação

para crescer ou produzir. O ideal seria a escolha de regiões com chuvas semanais e não sazonais.

A quantidade de água que ela precisa para ter um bom desenvolvimento e produção varia com os múltiplos fatores climáticos no que concerne aos seus limites máximos e mínimos e, quanto ao solo, no que se refere aos fatores profundidade, textura, declividade, drenagem, etc.

Se não houver suficiente regularidade e quantidade de chuvas, a irrigação precisará ser feita. Isto é importante, principalmente para as raízes poderem ter um bom e constante desenvolvimento.

### **3.3.5 – ALTITUDE**

A altitude afeta diretamente fatores ambientais como: temperatura, estações de chuvas, umidade relativa, massas de ar, luminosidade, dentre outros, que de forma direta atua sobre o desenvolvimento produtivo do bananal.

Moreira (1999), cita que trabalhos realizados em regiões de clima tropicais equatorial, com baixas altitudes, demonstraram aumento no ciclo produtivo em decorrência do aumento da altitude em que a plantação está inserida. Nessas regiões, onde a altitude passou para 900 m, o ciclo produtivo passou da média de 8-10 meses para 18 meses. O autor, descreve ainda que comparações feitas entre plantações conduzidas em situações iguais de cultivo, solos, chuvas, umidade, etc., evidenciaram um aumento de 30 a 45 dias no ciclo de produção, a cada 100 m de acréscimo na altitude, em uma mesma latitude.

### **3.3.6 – SISTEMA HÍDRICO**

A quantidade de água exigida pela bananeira é grande e constante. Seu consumo varia de 3 a 8 mm por dia, segundo o tipo de solo e as condições de clima reinantes. Moreira (1999), descreve que em várias regiões da América Central as precipitações ultrapassam a 3.000 mm anuais e nem por isso deixa-se de fazer a irrigação nessas áreas, quando as condições são adversas. Nessas regiões, a planta sofre estresse de seca, mais rapidamente, por ela não estar acostumada a essa situação.

Relatos do mesmo autor, descrevem que experiências feitas em vários locais que correspondem aproximadamente às condições médias do Vale do Ribeira, SP,



indicam que 50 mm de chuvas nos meses de inverno (período frio) e 120 mm no verão (período quente) seriam os níveis mínimos suportáveis pelas bananeiras para vegetarem, mas não o suficiente para uma ótima produção. Estes índices variam com o cultivar, com a densidade populacional do bananal, com a profundidade que o sistema radicular consegue atingir, com a insolação, com o compasso de plantio, com o teor de argila do solo, com a insolação, etc. O compasso de plantio deve ser uniforme, para que o sistema radicular possa explorar por completo toda a área reservada à “família”.

O excesso de chuva, por sua vez, provoca problemas muito complexos, tais como a necessidade de drenagem, lavagem dos fertilizantes, controle da erosão do solo e ainda as inundações, cujas conseqüências são imprevisíveis.

A questão do suprimento de água à planta está ligada às propriedades físicas e mecânicas do solo.

Os solos profundos e argilosos têm maior capacidade de retenção de água e, nesse caso, o limite de 100 mm de armazenamento de umidade seria suficiente.

Observando-se as condições de clima exigidas para o bom desenvolvimento da bananeira e a porcentagem de água que a constitui (cerca de 90% na planta e 80% no cacho), torna-se supérfluo acrescentar algo mais sobre as vantagens da irrigação.

## 4    **ÁREA DE ESTUDO**

### 4.1   **A MICRO BACIA HIDROGRÁFICA DA SERRA DA MANTIQUEIRA**

A Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos da serra da Mantiqueira (UGRHI-1) constitui uma das unidades de gerenciamento do Estado de São Paulo e está inserida dentro da Micro Bacia Hidrográfica da serra da Mantiqueira com área total de 686 km<sup>2</sup>, correspondente à totalidade dos municípios de Campos do Jordão, Santo Antônio do Pinhal e São Bento do Sapucaí como representada pela Figura 4.1. (SISTEMA ESTADUAL DE ANÁLISE DE DADOS E ESTATÍSTICA, 1999)

Segundo a Sistema Estadual de Análise de Dados e Estatística (1998) e (1999), a UGRH-1, agrega os seguintes cursos d'água (e seus tributários): Sapucaí - Mirim, Sapucaí – Guaçu (Sapucaí) e outros, que se movem em sentido ao Estado de Minas Gerais, na vertente norte da serra da Mantiqueira.

A Micro Bacia da serra da Mantiqueira se localiza na porção nordeste – leste do Estado de São Paulo, e seus limites são: ao sul e leste com a UGRHI-2 (Bacia Hidrográfica do Paraíba do Sul) – municípios de Monteiro Lobato, Pindamonhangaba e Guaratinguetá; a oeste e norte, com o Estado de Minas Gerais – municípios de Sapucaí – Mirim, Gonçalves, Paraisópolis, Brasópolis e Piranguçu.

Devido à sua pequena extensão, condicionamento fisiográfico e ocupação, a UGRHI-1 foi dividida em duas unidades hidrográficas principais conforme representada pela Figura 4.2:

*Bacia Sapucaí – Mirim*, a oeste, na área de influência dos municípios de Santo Antonio do Pinhal e São Bento do Sapucaí;

*Bacia Sapucaí – Guaçu* (Sapucaí), a leste, na área de influência de Campos do Jordão.

A Figura 4.3, apresenta a localização geográfica da cidade de São Bento do Sapucaí - SP, que se encontra inserida dentro da UGRHI-1, onde foi tomada a área de estudo do presente trabalho.

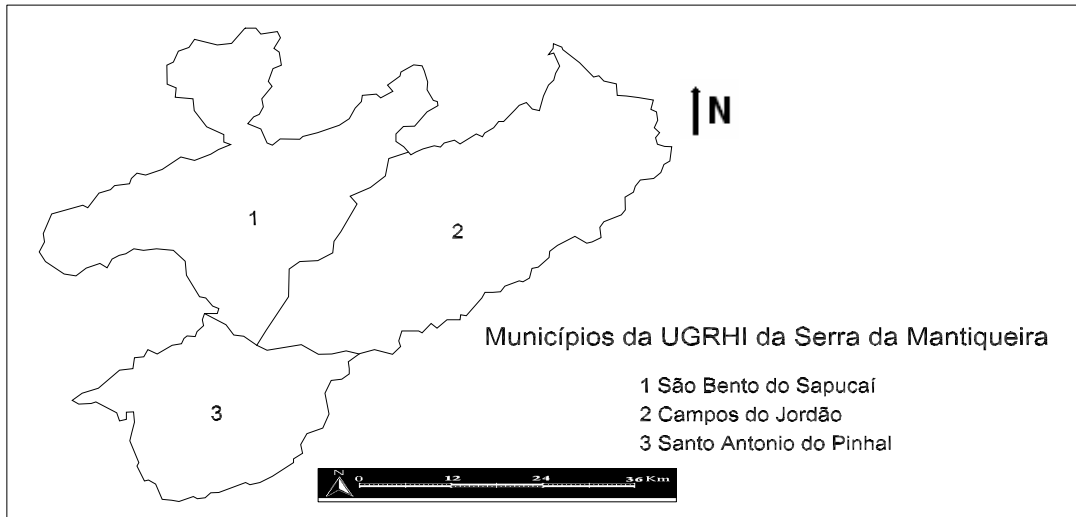


Figura 4.1 – Municípios com área na UGRHI-1. (SISTEMA ESTADUAL DE ANÁLISE DE DADOS E ESTATÍSTICA, 1999)



Figura 4.2 – Unidades Hidrográficas principais da UGRHI-1. (SISTEMA ESTADUAL DE ANÁLISE DE DADOS E ESTATÍSTICA, 1999)

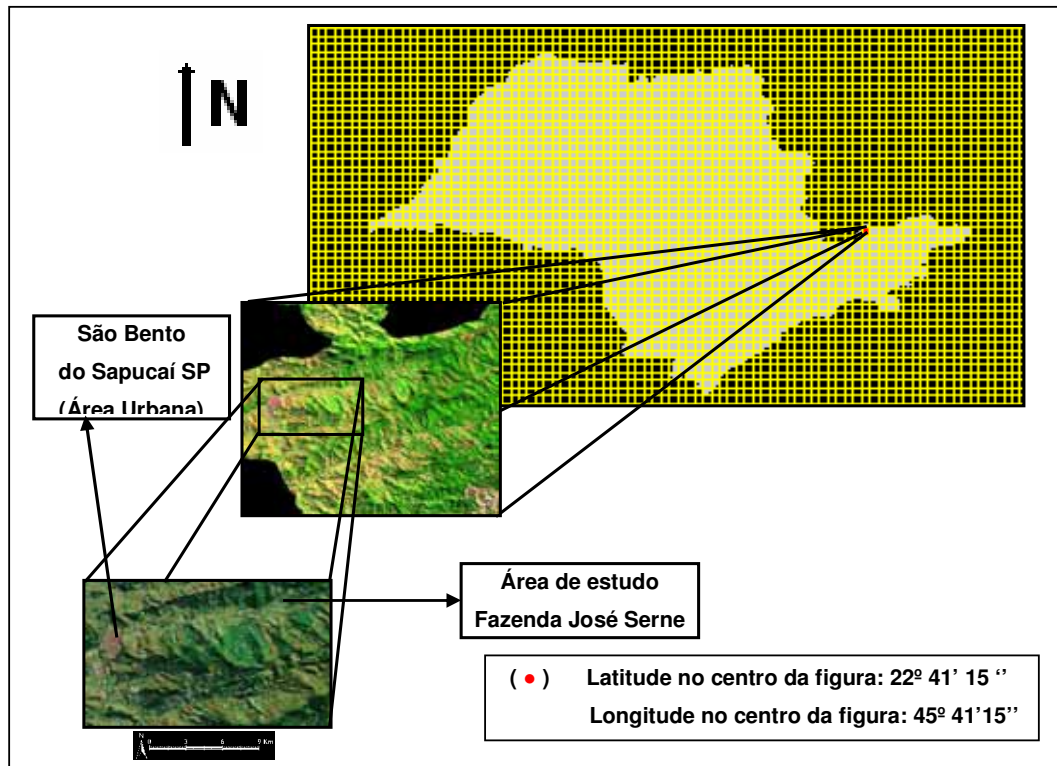


Figura 4.3 – Localização geográfica da cidade de São Bento do Sapucaí – SP. (EMBRAPA, 2006; GOOGLE EARTH, 2006)

## 4.2 O CULTIVO DA BANANA NA REGIÃO DA MICRO BACIA HIDROGRÁFICA DA SERRA DA MANTIQUEIRA

A cidade de São Bento do Sapucaí-SP, possui dentro do estado, uma das maiores plantações e cultivo de banana, de forma que juntamente com o turismo ecológico e rural, são os maiores subsídios econômicos da cidade. Todo o cultivo agrícola do município é assistido e apoiado pela Secretaria da Agricultura Municipal, Coordenadoria de Assistência Técnica Integral (CATI) regional com sub-sede em Pindamonhangaba – SP e CATI estadual, pela Agência Paulista de Tecnologia dos Agros-negócios (APTA) – pólo regional com sub-sede em Pindamonhangaba – SP. As principais plantações de bananicultura da região estão distribuídas e localizadas próximas a Pedra do Baú, conforme demonstrado pela Figura 4.4, em locais de declive nas encostas dos rios e afluentes do rio Sapucaí Mirim.



Figura 4.4 – Visão parcial da pedra do Baú – São Bento do Sapucaí-SP. (imagem fotográfica capturada do bairro Paiol Grande, onde se encontra as principais plantações de banana da região)

De acordo com o monitoramento quadrimestral feito pela Coordenadoria de Assistência Técnica Integral (2005), a Tabela 4.1 abaixo descreve os dados obtidos para o mês de dezembro de 2005 da área total plantada e da produção de banana por hectare na região da Micro Bacia Hidrográfica da serra da Mantiqueira.

Tabela 4.1 – Relação hectare plantado, produção e rendimento médio de fruto em área de plantio na região da Micro Bacia Hidrográfica da serra da Mantiqueira. (COORDENADORIA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA INTEGRAL, 2005)

<b>CIDADE</b>	<b>HECTARE PLANTADO (ha)</b>	<b>PRODUÇÃO (Ton/ha)</b>	<b>RENDIMENTO (Ton)</b>
<b>São Bento do Sapucaí</b>	<b>1300</b>	<b>21</b>	<b>27300</b>
<b>Santo Antônio Do Pinhal</b>	<b>12</b>	<b>28</b>	<b>336</b>

Atualmente a secretaria de agricultura municipal, juntamente com apoio do CATI e APTA, vem aplicando a política pelo não uso de defensivos agrícolas nos segmentos solo/planta junto dos bananicultores da região, o que vem sendo denominado como “cultura limpa”.

A bananeira é uma planta de crescimento rápido que necessita, para seu desenvolvimento e produção normal, de uma concentração elevada de nutrientes disponíveis no solo. Estes podem ser fornecidos em parte, pelo solo e pela

reciclagem no sistema solo-planta, entretanto, para obtenção de produções economicamente rentáveis, é imprescindível a aplicação de fertilizantes e corretivos de solo em quantidades e proporções adequadas extraído pela cultura. (TEIXEIRA, 2002)

### 4.3 LOCALIZAÇÃO E CARACTERÍSTICAS DO SÍTIO

As amostras foliares analisadas foram colhidas na fazenda José Serne, localizada no bairro Paiol Grande na cidade de São Bento do Sapucaí – SP. As coordenadas da sede da fazenda em UTM são 7152000 m S, 432450 m W e Meridiano Central (MC) 45, e os pontos amostrados se encontram a sudeste e leste da sede da fazenda, distribuídos numa área total de 76.800m<sup>2</sup>. A fazenda é assistida e apoiada pelo CATI regional e estadual, secretaria da agricultura municipal e APTA – pólo regional, e tem como principal produto a banana prata (*Musa ssp*) A Figura 4.5 e Figura 4.6, apresentam uma visão parcial do plantio de bananas na fazenda José Serne.

A área onde se têm o cultivo da banana possui relevo acidentado e montanhoso, comum em toda região, de modo que as plantações se dão nas encostas ou vertentes norte (mais iluminada).



Figura 4.5 – Visão parcial do plantio de bananas na fazenda José Serne, bairro Paiol Grande – São Bento do Sapucaí – SP.



Figura 4.6 – Visão parcial do plantio de bananas na fazenda José Serne, bairro Paiol Grande – São Bento do Sapucaí – SP.

Segundo o produtor da fazenda e a secretaria da agricultura do município, nenhum tipo de defensivo agrícola vem sendo utilizado no segmento solo/planta a mais de 5 anos quando o pesticida FURADAM do grupo dos carbamatos foi utilizado por um período maior do que 10 anos. Ainda segundo o produtor, a mais de 5 anos que corretivos de solo não são aplicados nas áreas de plantio de bananas, e quando eram realizadas se dava num período a cada 18 meses num sistema de rodízio por todo o terreno plantado sem acompanhamento e nenhuma orientação técnica, de modo que também não se há registros de aplicação.

A fazenda está distribuída em três principais grupos de plantio que corresponde às épocas que as plantações de banana foram realizadas, datando de 1979, 1981 e 1990, sendo que a de maior predominância é de 1981. A fazenda distribui seu produto nas Centrais de Abastecimentos Geral do Estado de São Paulo S.A., (CEAGESP), regional localizado em São José dos Campos e também possui venda direta ao consumidor por meio de Caminhões e feiras livres de venda nos bairros das cidades serranas e do Vale do Paraíba.

#### 4.4 CARACTERÍSTICAS DO MEIO FÍSICO

O presente trabalho traz características do meio físico da região de estudo da serra da Mantiqueira quanto aos seguintes itens: GEOLOGIA, PEDOLOGIA, CLIMA E GEOMORFOLÓGICO;

##### 4.4.1 GEOLOGIA

Segundo Ohara (1995) na UGRHI-1 afloram três conjuntos litológicos principais: terrenos cristalinos ígneo-metamórficos pré-cambrianos; suítes alcalinas mesozóicas e terrenos sedimentares mais recentes, predominantemente aluvionares.

Estratigraficamente, estes conjuntos contemplam as seguintes unidades:

Unidades pré-cambrianas:

Complexo Paraíba do Sul: unidades PlpM e PlpD;

Complexo Pilar (Grupo Açungui): unidade PSpX;

Suítes graníticas sintectônicas:

fácies cantareira (PS $\gamma$ c) e fácies migmatítica (PS $\gamma$ m).

Unidades mesozóicas:

Diques alcalinos de Santo Antônio do Pinhal (K $\alpha$ 3f);

Corpo alcalino de Ponte Nova (K $\alpha$ 3e).

Unidade cenozóica:

Rochas sedimentares e sedimentos quaternários (Qa).

A Tabela 4.2 do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (1981), mostra a distribuição destas unidades em % de área de afloramento na serra da Mantiqueira. Estes números demonstram que de um total de 686 Km<sup>2</sup>, (98,3%) referem-se a terrenos cristalinos, formados por rochas metamórficas e ígneas. Em termos de unidades geológicas, 470,6 km<sup>2</sup> (68,3%) correspondem a rochas metamórficas do Complexo Paraíba do Sul e 193,5 km<sup>2</sup> (28,2%) a rochas ígneas granitóides; 0,9% correspondem a rochas alcalinas e apenas 1,7% da área da UGRHI-1 são terrenos sedimentares.



A região situa-se ao norte da bacia sedimentar do rio Paraíba do Sul, que por sua vez insere-se no contexto geotectônico do *Rift* Continental do Sudeste do Brasil (RCSB), de idade cenozóica, uma feição alongada e deprimida desenvolvida entre as cidades de Curitiba (PR) e Niterói (RJ), numa extensão de pelo menos 800km. (RICCOMINI, 1989)

Tabela 4.2 – Percentual de área de afloramento\* das unidades litoestratigráficas presentes na serra da Mantiqueira. (INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS, 1981)

Unidades litoestratigráficas principais	% de área de afloramento	Formações geológicas ou sub-unidades	% de área de afloramento
Complexo Paraíba do Sul	68,6%	Unidade PlpM	68,3%
		Unidade PlpD	0,3%
Grupo Açungui – Complexo Pilar	0,6%	Unidade PSpX	0,6%
Suítes graníticas sintectônicas	28,2 %	Fácies cantareira (PS $\gamma$ c)	26,8%
		Fácies migmatítica (PS $\gamma$ m)	1,4%
Corpo alcalino de Ponte Nova (K $\alpha$ 3e)	0,7%		0,7%
Diques alcalinos de Santo Antônio do Pinhal (K $\alpha$ 3f)	0,2%		0,2%
Rochas sedimentares e sedimentos quaternários (Qa)	1,7%		1,7%

As rochas pré-cambrianas, metamórficas com granitóides associados, foram cortadas por extensos falhamentos transcorrentes ativados até o neo-paleozóico, que ocasionaram uma compartimentação em blocos. Uma fase de reativação, que afetou a plataforma Sul-Americana no meso-cenozóico, inicia-se com magmatismo de caráter básico, intermediário e alcalino, encerrando-se com a tectônica que originou as bacias de Taubaté e São Paulo, as quais foram preenchidas por sedimentos cenozóicos. (DEPARTAMENTO DE ÁGUA E ENERGIA ELÉTRICA DO ESTADO DE SÃO PAULO, 1979)

#### 4.4.1.1 UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS

##### Rochas cristalinas

No Pré-cambriano, pode-se distinguir os seguintes conjuntos de rochas segundo o Departamento de Água e Energia Elétrica do estado de São Paulo (1979):

- Rochas metamórficas de fácies granulito e anfibolito, e dioritos associados ao Complexo Paraíba do Sul atribuídos ao pré-cambriano médio (ciclo Transamazônico);
- Rochas metamórficas e granitóides associados do Grupo Açungui e cataclasitos do pré-cambriano superior e neo-Paleozóico (ciclo Brasileiro).

Essas rochas dispõem-se em grandes blocos, separados por falhas transcorrentes que se processaram do final do Pré-cambriano até o Cambro-ordoviciano. Esses blocos agrupam-se em unidades maiores, denominadas compartimentos, que possuem características estratigráficas e estruturais próprias.

Segundo Almeida (1967; 1969), a partir do Jurássico Superior teve início na região a Reativação Wealdeniana, representada na região por duas fases de magmatismo. A primeira fase desenvolveu-se entre o Jurássico superior e o Cretáceo inferior e foi de caráter básico e intermediário, sendo responsável por inúmeros diques e *sills*. A segunda fase seguiu a primeira, tendo-se desenvolvido até o Terciário e teve caráter alcalino, estando representada por diques e pelos maciços

de Ilha Bela, Itatiaia e Passa Quatro, além do corpo alcalino de Ponte Nova e dos diques alcalinos de Santo Antônio do Pinhal, estes dois aflorantes na UGRHI-1.

### **Complexo Paraíba do Sul**

Segundo Ohara (1995), o Complexo Paraíba do Sul estende-se por toda porção, a norte da falha de Jundiuvira, desde a região de Campo do Jordão a E-NE, até as falhas de Camanducaia (região de Atibaia e Joanópolis) onde se confronta com o complexo de Amparo. Ao norte, o complexo do Paraíba do Sul, penetra pelo estado de Minas Gerais. Um núcleo granulítico de reduzidas dimensões é correlacionado ao Paraíba do Sul por Carneiro (1977) a norte da falha do Buquira, na região a NW de São José dos Campos.

Um conjunto predominante de gnáises e migmatitos estromáticos entre outros, bandados e oftalmíticos, com diferentes graus de migmatização, além de intercalações de metassedimentos e injeções de granitóides. Este complexo possui sua origem no Proterozóico Inferior, sendo posteriormente retrabalhado no Ciclo Brasileiro. (OHARA, 1995)

Segundo Instituto de Pesquisas Tecnológicas (1981), as unidades aflorantes na UGRHI-1 são:

**PipM** – Gnaisses e migmatitos diversos, predominantemente estromatíticos, incluindo granulitos, leptinitos e migmatitos de estrutura complexa, remigmatizados, com intercalações subordinadas de xistos feldspáticos, quartzitos, mármore dolomíticos e rochas calciossilicáticas;

**PipD** – Metadioritos, metabasitos, granodioritos gnáissicos, monzonitos gnáissicos, quartzo dioritos, dioritos e, subordinadamente, migmatitos.

### **Complexo Pilar - Grupo Açungui**

O Grupo Açungui constitui-se de uma unidade pré-cambriana paulista, que se estende por uma faixa alongada, mais ou menos paralela à costa oceânica, que se estende por todo o estado de São Paulo em porção E-SE, desde o Paraná até o Rio de Janeiro, delimitada a sul pela falha de Cubatão e o lineamento do Além – Paraíba, e a norte pelas falhas de Taxaquara, Monteiro Lobato e Jundiuvira, este limite sul do Complexo Paraíba do Sul. A divisão estratigráfica desta unidade mostra-se difícil, pela passagem transicional entre os metassedimentos de fácies xisto verde

e as rochas gnássico-migmatíticas de fácies anfibolito, passagem esta associada à feldspatização progressiva. (INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS, 1981) Estes dois conjuntos distintos de rochas foram caracterizados como complexos por Hasui e Sadowski (1976), sendo que o Complexo Embu é caracterizado para os migmatitos e gnaisses migmatizados, e o Complexo Pilar para os metassedimentos.

Na UGRHI-1 aflora a unidade **PspX**, constituída por quartzo-mica xistos, biotita-quartzo xistos, muscovita-quartzo xistos, granada-biotita xistos, xistos grafitosos, clorita xistos, sericita-biotita xistos, talco xistos, magnetita xistos e calcioxistos com intercalações subordinadas de filitos, quartzitos, mármore, calciossilicáticas e metassiltitos. (INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS, 1981); E **PspR** – metaconglomerados oligomíticos e polimícticos, outrora constituinte da formação Pico de Itapeva. (CAVALCANTE, 1979)

#### 4.4.1.2 SUÍTES GRANÍTICAS

O embasamento cristalino é constituído, além das seqüências descritas acima, de uma grande quantidade de rochas granitóides. São identificadas várias suítes e, dependendo de sua estruturação interna e a maior ou menor relação, temporal ou geográfica, com as grandes estruturas que compartimentam a região, são classificados como sin-, tardi- ou pós-tectônicos. (OHARA, 1995)

Este extensivo magmatismo está associado, em sua maior parte, com as rochas supra-crustais do Proterozóico Superior, e em menor parte com as rochas mais antigas. Idades radiométricas apontam para valores entre 650 a 640 Ma. Para as suítes sin-tectônicas e um intervalo de 560 a 540 Ma para as suítes pós-tectônicas.

Segundo Instituto de Pesquisas Tecnológicas (1981), dentre estas unidades que afloram na UGRHI-1, há duas suítes graníticas sintectônicas: **PSym** – fácies migmatítica (corpos autóctones orientados, de contatos concordantes a transicionais, incluindo anateixitos, nebulitos e oftalmitos, predominantemente de composição tonalítica a granítica) e **PSyc** – fácies cantareira (corpos para-autóctones a alóctones, foliados, de granulação fina a média, textura porfirítica freqüente; contatos parcialmente concordantes e composição granodiorítica a granítica).

### **Suites alcalinas**

Ao longo das serras da Mantiqueira e do Mar, existem diversos corpos intrusivos de rochas alcalinas cuja idade senoniana acusa valores entre 90 e 65 ma (Era Mesozóica). Na UGRHI-1, afloram *stocks* ou diques alcalinos das seguintes unidades: **Kα3f** – diques alcalinos de Santo Antônio do Pinhal (tinguaítos e shonkinitos) e **Kα3e** – corpo alcalino (*stock*) de *Ponte Nova* (tinguaítos, shonkinitos e monchiquitos).

#### **4.4.1.3 ROCHAS SEDIMENTARES E SEDIMENTOS RECENTES**

Os sedimentos recentes encontram-se nas calhas fluviais, planícies de inundação e terraços dos rios, sobre os sedimentos terciários e rochas Pré-cambrianas. (DEPARTAMENTO DE ÁGUA E ENERGIA ELÉTRICA DO ESTADO DE SÃO PAULO, 1979)

As aluviões apresentam-se bem desenvolvidos nos principais rios da região, sobretudo no Sapucaí-Mirim. Suas espessuras não chegam a ultrapassar uma dezena de metros e há baixa seleção granulométrica.

Outra forma de sedimentos quaternários são os depósitos coluviais, tálus e solos.

Os depósitos coluviais são de dois tipos: colúvios de películas superficiais decimétricas em áreas com seixos de quartzo e quartzito ou colúvios associados a encostas. Estes são texturalmente mais heterogêneos, incluindo blocos e matacões com matriz arenoso-argilosa.

Os depósitos de tálus localizam-se no sopé da Mantiqueira. Os solos têm espessuras variadas e podem alcançar várias dezenas de metros nas regiões de relevo baixos e suaves, situados no vale do Paraíba do Sul. São solos de textura diversa, predominantemente arenoso-argilosa.

#### **4.4.2 PEDOLOGIA**

As principais unidades pedológicas presentes na serra da Mantiqueira encontram-se descritas a seguir, com base no levantamento do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (1992).

##### **4.4.2.1 ASSOCIAÇÃO I: Latossolo Vermelho Amarelo + Cambissolo**

A associação I, apresenta textura média/argilosa em todo o centro-oeste da UGRHI-1, representando 50 % da abrangência em ocorrência que compreende os municípios de Campos do Jordão e São Bento do Sapucaí.

Essa associação caracteriza-se pela presença de capeamento de latossolo associado à cambissolo. Este capeamento desenvolve-se devido ao intenso intemperismo químico atuante na região sobre as rochas do embasamento. Em porções mais íngremes de encosta o solo é raso, do tipo cambissolo, com horizonte A espesso recobrendo o horizonte C de alteração. Essa associação configura uma feição geomorfológica semelhante a um tabuleiro estreito, com o topo aplainado e encostas de alta declividade. Ocorre principalmente sobre as rochas heterogêneas e secundariamente, sobre rochas homogêneas, em relevos de Morros, Montanhas e Escarpas.

##### **4.4.2.2 ASSOCIAÇÃO II: Latossolo Vermelho Amarelo + Podzólico Vermelho Amarelo**

A associação II, apresenta textura argilosa em sudoeste da UGRHI-1 e abrange o município de Santo Antônio do Pinhal.

Essa associação II corresponde ao tipo pedológico inter-grade, que são solos que se desenvolve nas porções superiores da encosta na forma de latossolo, com horizonte B latossólico, que grada para podzólico, com horizonte B textural de baixa gradiência, à medida que se aproxima da vertente.

Essa diferenciação textural entre os horizontes A e B do solo podzólico em meia encosta, facilita o escoamento superficial das águas pluviais de forte poder erosivo.

A associação II ocorre preponderantemente nas rochas do embasamento e em alguns fácies argiloso – arenosos dos sedimentos terciário-quadernários, em relevos de morros nas regiões de Santo Antônio do Pinhal.

#### **4.4.2.3 ASSOCIAÇÃO III: Podzólico Vermelho Amarelo**

A associação III apresenta textura média / argilosa mancha isolada em noroeste, no município de São Bento do Sapucaí, em faixa estreita de direção N-S, indo do limite nordeste da UGRHI-1, em São Bento do Sapucaí até as proximidades da mancha urbana de Campos do Jordão, em norte e em mancha estreita no limite entre Campos do Jordão e Santo Antônio do Pinhal.

São solos caracterizados principalmente por apresentarem diferenciação textural entre o horizonte superficial e sub-superficial, favorecendo o escoamento das águas de chuva nas vertentes. Ocorrem em áreas de rochas do embasamento, tanto nas rochas homogêneas como nas heterogêneas.

#### **4.4.2.4 ASSOCIAÇÃO IV: Solos Litólicos e Cambissolos**

A associação IV apresenta extensa faixa central que compreende o extremo norte da UGRHI-1, no município de São Bento do Sapucaí, até os limites entre os três municípios.

Os solos litólicos caracterizam-se por serem pouco desenvolvidos e apresentarem pequena espessura, normalmente com 20 a 40 cm de profundidade, dispostos sobre rochas pouco alteradas a sãs, ou sobre materiais com grande quantidade de cascalho e fragmentos de rocha. Os cambissolos constituem-se de solos com horizontes B câmbio ou incipiente, apresentando certo grau de evolução, porém, não suficiente para alterar completamente os minerais primários de fácil intemperização, como feldspatos e micas.

Na UGRHI-1, estes solos encontram-se associados a relevos intensamente movimentados em posições de encostas muito declivosas. Ocorrem principalmente associados a relevos de escarpas e serras restritas, subordinadas às diferentes litologias existentes do embasamento cristalino, principalmente sobre as rochas heterogêneas. (INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS, 1992)

### 4.4.3 CLIMA

#### 4.4.3.1 Aspectos Climáticos Predominantes

A região da serra da Mantiqueira, têm predominância dos seguintes aspectos climáticos conforme descrito por Ohara (1995) *apud* Setzer (1966).

**Af** – Clima quente e úmido, sem estação seca. O mês seco tem mais de 60 mm de precipitação e a temperatura do mês mais frio é superior a 18°C. Este tipo climático restringe-se à baixada litorânea, atingindo o sopé da serra do Mar, onde sofre mutação para o clima mesotérmico, devido a amenização da temperatura pela altitude.

**Cwa** – Clima de inverno seco e verão chuvoso, cuja temperatura do mês mais frio é inferior a 18°C e a do mês mais quente ultrapassa os 22°C. O índice pluviométrico varia entre 1.100mm e 1.700 mm anuais, decrescendo a precipitação no sentido para oeste. A estação seca transcorre entre os meses de abril até setembro. Este tipo climático predomina na região do vale do rio Paraíba do Sul até a região de Queluz.

**Cwb** – Clima mesotérmico de inverno seco e verão ameno, onde a temperatura média varia entre 10°C e 22°C e os totais pluviométricos anuais variam entre 1.300mm e 1.700mm. A área de atuação desse tipo climático ocorre nas regiões mais elevadas ao longo do vale do rio Paraíba do Sul.

**Cfa** – Clima subtropical de altitude, úmido e sem estiagem, apresentando uma temperatura no mês mais quente superior a 22°C e, do mês mais frio, entre 3°C e 18°C. No mês mais seco as precipitações são superiores a 30 mm. A área e atuação desse clima esta entre a escarpa da serra do Mar e a planície costeira.

**Cfb** – Clima subtropical de altitude, úmido e sem estiagem, onde a temperatura do mês mais quente atinge os 22°C e o índice pluviométrico varia entre 1.100mm e 1.200mm anuais. As áreas de ocorrência desse tipo climático são verificadas nos pontos mais elevados das serras da Mantiqueira e do Mar.



Uma outra classificação do clima a ser considerada é a **Efetividade da Precipitação**, a qual determina o índice de umidade do clima obtido por cálculo que se consideram às chuvas e as temperaturas na mesma fórmula.

Na Região serrana do vale do Paraíba e serra da Mantiqueira, têm-se a caracterização dos seguintes tipos climáticos segundo a efetividade da precipitação:

**Ccr** – Correspondem as cotas altimétricas que variam entre 800 e 1.000 metros e, é definido pelo clima úmido com estiagem no inverno e pelo aspecto térmico subtropical.

**Ber** – Este tipo climático é considerado como muito úmido ou de subtropical a temperado, ocupando cotas entre 1.000 e 1.200 metros de altitude, e considerada como zona transacional entre a pré-montanha e a montanha, ocorrendo ao longo das vertentes das serras do Mar e da Mantiqueira.

**Adr** – Abrange o tipo climático super-úmido e o aspecto térmico temperado, ocorrendo na região de montanha com altitudes superiores a 1.300 metros.

#### **4.4.4 GEOMORFOLOGIA**

##### **4.4.4.1 Aspectos Geomorfológicos da serra da Mantiqueira**

###### **Zona serra da Mantiqueira**

Ohara (1995), descreve que a zona serra da Mantiqueira, subdividida por Almeida (1964) em Oriental e Ocidental, corresponde a um conjunto de elevadas escarpas que atingem mais de 2.000 metros de altitude e estão representados predominantemente na subzona Oriental pelo relevo de Escarpas em Anfiteatros e pelas Escarpas em Espigões na subzona Ocidental.

### **Planalto de Campos do Jordão**

Zona tectonicamente elevada, de estrutura cristalina complexa, naturalmente dissecado a partir de uma superfície de aplainamento que nivela o topo de seus interflúvios a aproximadamente 1.800m de altitude. Essa zona geomorfológica é representada pelos relevos Morros Alongados Paralelos, Morros alongados com Espigões , Morros Arredondados limitados por serras e Escarpas em Espigões. (OHARA, 1995)

## **5 MATERIAIS E MÉTODOS**

### **5.1 MÉTODOS UTILIZADOS**

#### **5.1.1 DIAGNOSE FOLIAR**

Uma forma de se avaliar o estado nutricional de uma planta é por meio de uma análise geral dela e de onde ela está plantada.

Alves (1999), descreve que se deve levar em conta as dimensões das folhas, as variações da sua coloração, à existência de cloroses ou necroses, o aspecto do cacho, e outros fatores mais que possam auxiliar nesta avaliação, porém conforme Martin–Prével (1977), Malvolta (1997), Moreira (1999) e Alves (2003), nenhuma outra parte fisiológica da planta corresponde melhor ao estado nutricional da planta e da concentração iônica absorvida pelo solo do que a análise da folha para a cultura da banana. É preciso considerar também os fatores ecológicos da região assim como os fitossanitários, que podem estar afetando a planta, e mesmo assim, ele não saberá dizer quanto de nutriente a planta tem, mas, somente qual nutriente lhe falta ou tem em excesso, sem se poder suprir o que está começando a lhe faltar, deixando-se com isto de se precaver de problemas que ainda estão por vir. (ALVES, 1999)

A análise de solo é um meio de se avaliar as disponibilidades de nutrientes existentes para as plantas, mas não reflete o que elas estão efetivamente retirando do solo. A diagnose foliar é um método de se avaliar, com maior precisão, a efetiva situação nutricional das plantas, de modo que se permite comparar os resultados obtidos nessa análise com os padrões de nutrição, tanto para carência como para excesso ou mesmo toxidez, de qualquer um dos elementos nutritivos. (RAIJ, 1991)

Lopes e Spinosa (1995), Malvolta (1997) e Alves et al., (2003), descrevem que há alguns órgãos das plantas que expressam, com mais precisão, as quantidades de nutrientes que existem nela, e da mesma forma, a idade fisiológica da planta interfere nos resultados das análises.

Para cada espécie vegetal há uma metodologia para a coleta da amostra destinada à diagnose foliar, para determinação de seus componentes. (RAIJ, 1991; MALAVOLTA, 1997)

A diagnose foliar como forma de avaliação do estado nutricional apresenta algumas **vantagens** como:

- a) Determinação da quantidade de nutrientes que a planta foi capaz de absorver, considerando as condições ambientais e que ela estava submetida;
- b) Identificação dos problemas de deficiência e/ou toxicidade nutricional nas plantas com ou sem sintomas visuais;
- c) Identificação de interações e antagonismos entre os nutrientes;
- d) Checagem da entrada dos nutrientes na planta após as adubações e outras práticas culturais e
- e) Avaliação de balanços nutricionais.

Como **desvantagens**, a diagnose foliar apresenta:

- a) Custo mais elevado em relação a análise do solo
- b) Maior rigor durante a amostragem
- c) Dificuldade de interpretação das concentrações dos nutrientes devido a efeitos de diluição e/ou concentração e
- d) Menor rendimento operacional durante as amostragens em se tratando de culturas perenes.

#### **5.1.1.1 AMOSTRAGEM DO TECIDO FOLIAR**

A diagnose foliar exige um rigor na amostragem maior que o aceito na análise de solos, se é verdade que a folha é o órgão que reflete melhor o estado nutricional, não é qualquer folha que o faz, como regra se colhe para análise folhas recém-madura numa época dada da vida da planta.

Para a realização de diagnose foliar de bananeiras, Alves et al., (2003) e Rangel, Penteado e Tonet (2002), sugerem que a retirada da amostra de folha deve

ser feita quando a planta esteja lançando sua inflorescência, durante o período em que já exista nela uma ou mais mãos de flores femininas formadas e terminando quando haja no máximo uma a três mãos de flores masculinas ou hermafroditas abertas (brácteas abertas). Da folha escolhida para amostragem, retiram-se uma faixa em ambos seus lóbulos, no sentido do comprimento das nervuras secundárias e com a largura de 10 cm, sem incluir a nervura principal. Esta faixa é retirada exatamente na região mediana da folha. As duas faixas de lóbulos foliares retiradas serão divididas em duas metades, por meio de um corte feito transversalmente sobre as nervuras secundárias. Apenas as duas metades que estavam ligadas na nervura principal, serão usadas como amostra, conforme demonstrado pela Figura 5.1. (AMOSTRA INTERNACIONAL DE REFERÊNCIA, 1975)

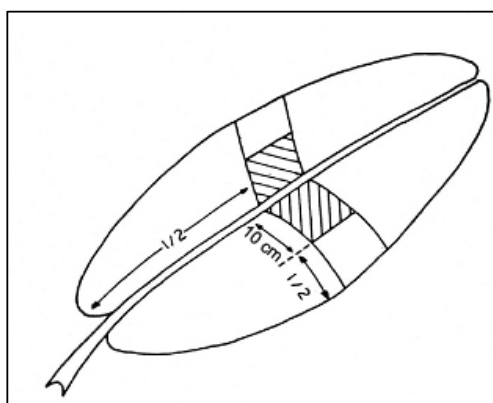


Figura 5.1 – Representação das partes da folha da bananeira utilizada para análise foliar.

O período de inflorescência da bananeira se dá ao longo de todo ano, porém, períodos da segunda quinzena de novembro até a primeira quinzena do mês de março são os mais favoráveis para o plantio e colheita da cultura da banana.

### 5.1.2 ESPECTROFOTOMETRIA DE ABSORÇÃO ATÔMICA – (AAS)

A Espectrofotometria de Absorção Atômica (AAS) é um método de análise que emprega a técnica de atomização da amostra que se baseia no princípio de que por meio de uma fonte de radiação os átomos livres em estado estável podem absorver a luz a um específico comprimento de onda, sendo essa absorção característica para cada elemento e nenhum outro elemento absorve neste comprimento de onda.

A AAS é utilizada para determinação de elementos individuais usado para a análise de traços de metal, dependendo do elemento dissolvido na solução, e de amostras biológicas, metalúrgicas, farmacêuticas e atmosféricas. Este método esta de acordo com a Lei de Lambert-Beer, que descreve que a fração de luz absorvida é diretamente proporcional à concentração das espécies absorventes presentes. (SKOOG, 1995)

### **Atomização por Chama**

Em um atomizador de chama, uma solução da amostra é nebulizada por um fluxo de oxidante gasoso, misturada com um combustível gasoso, e levada à chama onde ocorre a atomização. Na chama, ocorre um conjunto complexo de processos inter-relacionados. O primeiro é a dessolvatação, no qual o solvente evapora produzindo um aerosol molecular de partículas sólidas muito pequenas. A dissociação da maior parte dessas moléculas resulta em um gás atômico. Alguns desses átomos assim formados ionizam gerando cátions e elétrons e moléculas na chama como resultado das interações do combustível com o oxidante e com as várias espécies presentes na amostra. Uma fração das moléculas, dos átomos e dos íons também são excitados pelo calor da chama, resultando em espectros de emissão atômico, iônico e molecular. (SKOOG, 1995) A Figura 5.2, apresenta a imagem fotográfica de um equipamento de espectrofotômetro de absorção atômica e a Figura 5.3, ilustra o processo de atomização de amostra pelo AAS.



Figura 5.2 – Espectrofotômetro de Absorção Atômica.

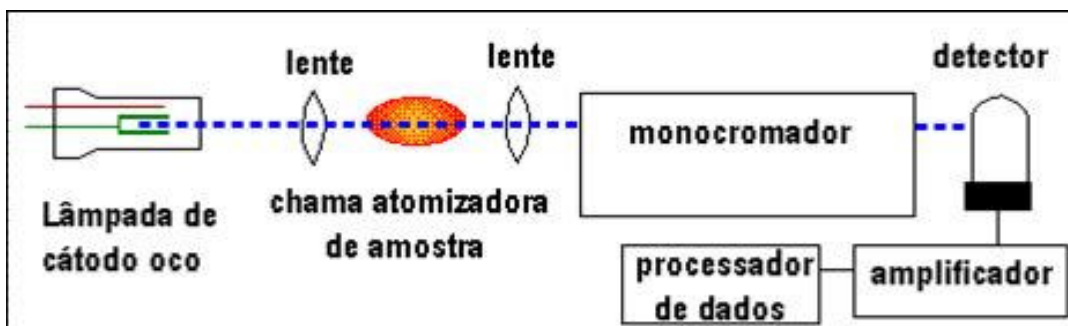


Figura 5.3 – Demonstração do processo de atomização, detecção e processamento de dados da amostra pelo AAS.

### Fontes de Radiação

Os métodos analíticos baseados em absorção atômica são altamente específicos, pois as linhas de absorção atômica são muito estreitas (0,002 a 0,005nm) e porque as energias de transição eletrônicas são únicas para cada elemento, o que implica na necessidade de uma lâmpada-fonte de radiação para cada elemento.

A fonte mais comum para medidas de absorção atômica é a **lâmpada de cátodo oco**, que consiste de um ânodo de tungstênio e um cátodo cilíndrico selado em um tubo de vidro preenchido com Neônio ou Argônio a uma pressão de 1 a 5 torr. O cátodo é construído com metal cujo espectro é desejado ou serve para suportar uma camada desse metal. As fontes de radiação são ainda aplicadas a um monocromador para remover interferências causadas por emissão da radiação pela chama. (SKOOG, 1995)

### Preparação da Amostra

Alguns dos métodos mais comuns para a decomposição e dissolução das amostras nos métodos de absorção atômica incluem o tratamento com ácidos minerais quentes; oxidação com reagentes líquidos, tais como nítrico ou perclórico (carbonização úmida); combustão em uma bomba de oxigênio ou outro recipiente fechado para evitar a perda do analito; incineração em altas temperaturas e fusão em altas temperaturas com reagentes, como óxido bórico, carbonato de sódio, peróxido de sódio ou pirossulfato de potássio. (SKOOG, 1995)

### Curva de Calibração

Considerando o fenômeno da absorção, é necessário saber como o poder radiante proveniente de uma fonte decresce quando interage com a matéria/amostra. Basicamente, pode-se medir o poder radiante usando-se um detector, procurando-se uma relação entre o sinal medido e a quantidade de analito na amostra. Primeiramente Lambert, matemático francês que também demonstrou a incomensurabilidade do número pi, e depois Beer realizaram estudos que demonstravam que a fração de luz absorvida é diretamente proporcional à concentração das espécies absorventes presentes.

Se  $P$  representa a potência da luz transmitida pela amostra e  $P_0$  a potência da luz incidente na amostra, a Lei de Lambert-Beer pode ser expressa pela equação:

$$\log\left(\frac{P_0}{P}\right) = A = E.b.c$$

Onde:

$A$  = é a absorbância da amostra,

$b$  = é o caminho ótico percorrido pela luz em cm

$c$  = é a concentração do analito em  $\text{mols.L}^{-1}$ ,

$E$  = é chamada de absortividade molar, (constante de proporcionalidade) representando a absorbância de uma solução  $1 \text{ mol.L}^{-1}$  do analito em uma célula de 1cm. Esta constante recebe o símbolo  $\lambda$  (lambda) quando outras unidades de concentração são utilizadas.

Para que a análise quantitativa baseada na Lei de Lambert-Beer seja possível, deve-se determinar através do espectro de absorção da substância o comprimento de onda no qual a absorção de luz é máxima, uma vez que a absorbância varia com o comprimento de onda. Neste  $\lambda$  máx, o valor de  $E$  também é máximo, permitindo uma maior sensibilidade analítica mesmo para baixas concentrações de analito e minimizando erros, como os causados por variações de temperatura. Além disso, nas imediações do  $\lambda$  máx os valores de absorbância se mantêm praticamente constantes. Determinado o  $\lambda$  máx, é neste comprimento de onda que devem ser realizadas as análises quantitativas da substância. Através de



padrões de concentração conhecida, pode-se construir uma curva de calibração para a substância, que relaciona a concentração com a absorbância. Esta curva, de acordo com a Lei de Lambert-Beer, é na verdade uma reta, pela qual através da leitura da absorção de luz pela amostra pode-se interpolar gráfica ou matematicamente e então determinar a concentração da espécie absorvente na amostra. (SKOOG, 1995)

### 5.1.3 SURFER®

Segundo Landim, Monteiro e Corsi (2002), o software SURFER® é um pacote de programas comerciais desenvolvidos pela *Golden Software Inc.* que pode ser utilizado para a confecção de mapas de variáveis a partir de dados espacialmente distribuídos que utiliza plataforma de trabalho em ambiente DOS ou WINDOWS. Ainda segundo os autores, uma de suas aplicações está na representação de dados no espaço que é uma ferramenta essencial em diversas áreas das ciências, principalmente nas ciências naturais. Dentre os exemplos de mapas que podem ser gerados com este programa estão os mapas topográficos, mapas de pontos amostrais (isovalores), superfície 3D variável, mapas de contorno, mapa base vetorial, permitindo ainda a sobreposição de mapas e de pontos amostrais. a partir da medida da posição (coordenadas) e altitude de alguns pontos de um terreno.

O SURFER® utiliza a metodologia de interpolação de modo que permite a partir das coordenadas do ponto (X e Y) e dos valores assumidos pela variável (Z) obter um mapa da distribuição espacial para cada variável, utilizando-se um algoritmo de interpolação. (LANDIM, MONTEIRO e CORSI, 2002)

### Método de Interpolação

Segundo Landim, Monteiro e Corsi (2002), Interpolar é predizer (ou estimar) o valor da variável em estudo num ponto não amostrado. Na Figura 5.4 e 5.5, a cruz representa o ponto que se pretende predizer o valor.

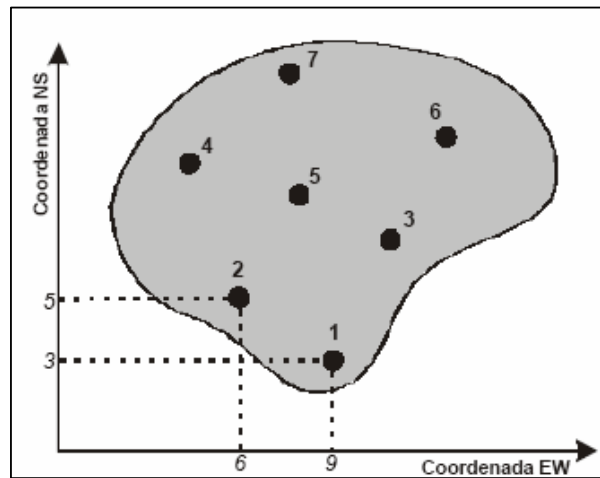


Figura 5.4 – Pontos de amostragem (1 a 7) numa área de estudo. (LANDIM, MONTEIRO e CORSI, 2002)

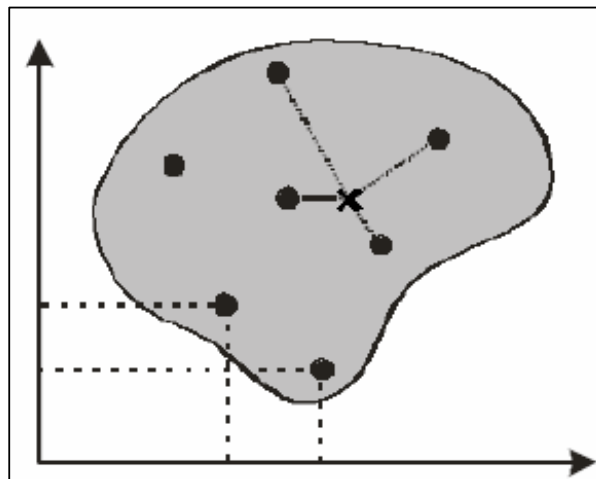


Figura 5.5 – Pontos de amostragem (1 a 7) e de estimativa (x) numa área de estudo. (LANDIM, MONTEIRO e CORSI, 2002)

O número sobre cada ponto é a sua identificação e os números nos eixos das ordenadas e abscissas são as coordenadas dos pontos no espaço.

Nesses pontos são medidas as variáveis em estudo, tais como: teor de concentração de um elemento químico específico ou qualquer outra variável em estudo.

## **5.2 PROCEDIMENTO METODOLÓGICO**

O procedimento metodológico foi dividido em 3 etapas:

### **5.2.1 SELEÇÃO E COLETA DE AMOSTRAS**

A escolha das amostras nos sítios seguiu critérios propostos por Alves et al., (2003) e Rangel, Penteado e Tonet (2002), de modo que a escolha se deu de forma estritamente visual, tendo como indicações locais que possuíam plantas que aparentemente se apresentavam saudáveis e possuíam bons desenvolvimentos de frutos e folhas sem anomalias patogênicas aparente.

As amostras foram coletadas em 30 locais de amostragem, totalizando 90 pontos amostrais, sendo que a coleta se sucedeu após logo após a emissão dos cachos. As amostras foram colhidas de plantas próximas e diferentes de onde se retirou a folha III (abaixo e oposta à inflorescência); na região mediana (10 – 12 cm de largura) clorofilada, sadia e sem a nervura central, sendo que os pontos amostrais foram distribuídos numa área total de 76.800 m<sup>2</sup>. As amostras foram coletadas, utilizando luvas de silicones e acondicionadas em sacos plásticos com fechamento hermético.

### **5.2.2 PREPARAÇÕES DE AMOSTRAS E ANÁLISES QUÍMICAS**

As amostras coletadas tiveram pré-tratamento na APTA – pólo regional Pindamonhangaba-SP, e os experimentos foram realizados no instituto de Química de São Carlos – IQSC/USP.

Os reagentes, equipamentos e tratamento das amostras estão descritos a seguir.

#### **Reagentes**

A preparação dos reagentes bem como as lavagens de vidraria para utilização nas análises químicas foram realizadas utilizando água deionizada com alto grau de pureza (resistividade 18 M $\Omega$  cm<sup>-1</sup>) pelo sistema de purificação da marca Millipore modelo milli-Q-plus.

A vidraria utilizada foi limpa com detergente Extran (Merck), enxaguada com água deionizada e posteriormente submersa em solução de sulfonítrica (30% HNO<sub>3</sub> e 70% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) por 2 horas em capela com ventilação contínua, e posteriormente enxaguada com água deionizada.

Os reagentes utilizados, listados abaixo, foram de grau analítico P.A.

Ácido Nítrico, HNO<sub>3</sub>, marca Mallinckrodt, título 65% (m/m), d = 1,40 ml<sup>-1</sup>, PM 63,01 g.ml<sup>-1</sup>.

Ácido Sulfúrico, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, marca Merck, título 98 % (m/m), d = 1,82 ml<sup>-1</sup>, PM 98,08 g.ml<sup>-1</sup>.

Peróxido de Hidrogênio, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, marca Synth, título 32%, PM 34,01 g.ml<sup>-1</sup>.

Ampolas de solução padrão para absorção atômica contendo 1000 µg. ml<sup>-1</sup> de Ca<sup>2+</sup>, Cu<sup>2+</sup>, Fe<sup>3+</sup>, K<sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Mn<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup>, P<sup>3-</sup>, Zn<sup>2+</sup>, da marca Carlo Erba.

Soluções estoque de 1,0 ppm de Ca, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Na, P, Zn em HNO<sub>3</sub> 3% (v/v) para determinação de análise foliar.

### Equipamentos

Balança analítica digital micronal B6000.

Digestor da marca HAGN.

Estufa de secagem de ventilação forçada

Espectrofotômetro de absorção atômica da marca HITACH, modelo Z-8100, equipado com atomizador por chama e polarizador Zeeman.

Micropipeta da marca milipore nos volumes de 0,05 µl; 0,25µl; 0,5µl e 1,0 µl.

Sistema de purificação da marca Millipore modelo milli-Q-plus.

Triturador /moedor elétrico com cortador tipo faca

Vidraria comum em laboratório de química analítica

### Preparação das Amostras

As amostras foliares coletadas foram lavadas com sistema de purificação de água da marca Millipore modelo milli-Q-plus, secas em estufa de ventilação forçada, utilizando sacos de papel perfurado por um período de 72 horas e posteriormente, trituradas/moída. Após a moagem as amostras foram acondicionadas em potes plásticos esterilizados de 100 ml com tampa.

O procedimento de digestão de amostras se deu segundo o método 3050 da Environmental Protection Agency (1996), onde se utilizou digestor da marca HAGN,

de maneira que se pesou  $\approx 5,00$  g de cada amostra seca e digeriu-se a uma temperatura de  $200^{\circ}\text{C}$  por 15 minutos em meio de 15 ml de  $\text{HNO}_3$  P.A., em seguida se adicionou  $\text{H}_2\text{O}_2$  30% e aguardou o tempo de 25 minutos para a finalização e digestão total das amostras. O método de digestão se procedeu utilizando balão de quartzo acoplado a uma coluna de fracionamento e um dosador para adição de peróxido de hidrogênio. Após a digestão das amostras, as mesmas foram filtradas e armazenadas em frascos de vidro de 50 ml com tampas plásticas e posteriormente para procedimento de análise, diluídas numa solução aquosa de  $\text{HNO}_3$  3% utilizando água deionizada em concentrações entre 0,1; 0,2; 0,4; 0,8; 1,0; 2,0; 4,0 e 8,0 ppm para cada metal estudado.

As determinações de metais totais foram realizadas por Espectrofotometria de Absorção Atômica (AAS), em espectrofotômetro marca HITACHI, modelo Z-8100, equipado com polarizador Zeeman, onde se empregou como fonte de radiação lâmpadas de cátodo oco dos respectivos metais e se utilizou microcomputador para aquisição dos dados. Uma curva de calibração foi utilizada como suporte padrão para cada metal estudado, de modo que os valores das concentrações dessa curva se apresentaram de acordo com os valores das concentrações das amostras determinadas.

### **5.2.3 UTILIZAÇÃO DOS DADOS PARA MAPEAMENTO NUTRICIONAL DA ÁREA DE ESTUDO**

Com os valores obtidos após a quantificação nutricional e química da área de estudo por meio da metodologia analítica empregada, um mapeamento de isovalores dos íons estudados foi realizado utilizando o software SURFER<sup>®</sup> que gerou mapas de isovalores e modelo de superfície 3D, demonstrando assim os valores das concentrações dos íons nutricionais presentes no local de forma espacializada. Desta maneira uma avaliação das regiões de estudo pode ser utilizada como parâmetro para melhoria nutricional de todo o sítio, levando em conta locais que houve ou não adição de algum método de preparação prévio do solo ou utilização de defensivos agrícolas ou de fertilização.

## **6 RESULTADOS EXPERIMENTAIS**

Os resultados obtidos na pesquisa realizada são apresentados nos item que segue.

### **6.1 FATORES AMBIENTAIS DO LOCAL DE ESTUDO CARACTERÍSTICOS PARA A BANANICULTURA**

As características ambientais relacionadas, estão e acordo com as informações contidas no Plano Diretor de São Bento do Sapucaí (2005), citadas por Ohara (1995) e comparadas com as características favoráveis para o plantio da banana descrita por Moreira (1999), Empresa Brasileira de Agropecuária (2001) e Rangel, Penteado e Tonet (2002).

#### **Solo**

LATOSSOLO VERMELHO AMARELO + CAMBISSOLO:

(textura média/argilosa - horizonte A e C)

PODZOLICO VERMELHO AMARELO:

(textura média/argilosa – horizonte A e B)

SOLOS LITÓLICOS E CAMBISSOLOS:

(rochas pouco alteradas - horizonte B câmbio ou incipiente)

#### **Temperatura**

TEMPERATURA MÉDIA ANUAL: 14° C – 27° C (mín. = 2° C / máx = 32° C)

#### **Clima**

CLIMA: SUBTROPICAL DE ALTITUDE (predominante)

#### **Altitude**

ALTITUDE: 920 m (cidade) / 1950 m (pedra do baú)

### **Umidade Relativa**

UMIDADE RELATIVA: Média anual  $\approx$  70 %

### **Sistema Hídrico**

SISTEMA HÍDRICO: Rede de drenagem no sítio de estudo

## **6.2 ÁREA DO ESTUDO, DISPOSIÇÃO DOS PONTOS DE AMOSTRAGEM E PONTOS DE COLETA**

Conforme demonstra a Figura 6.1, se observa, na imagem fotográfica retirada nos locais de coleta de amostras, a presença de matacões tipo granito e ou gnaisses de rochas aflorantes, que corresponde a uma presença freqüente de solos do tipo litossolos à latossolo; Consequentemente, as imagens fotográficas que correspondem as Figuras 6.2 e 6.3 evidenciam a presença de pequenos canais de drenagem encachoeirados com grande volume de água, de modo que tendem a desaguar no rio Paiol Grande, principal rio municipal da microbacia hidrográfica do Sapucaí Mirim.



Figura 6.1 – Imagem fotográfica capturada de “Matacões” do tipo granito e ou gnaisses de rochas aflorantes, presentes no local de estudo.



Figura 6.2 – Canal de drenagem presente no local de estudo. (Fazenda José Serne, São Bento do Sapucaí – SP)



Figura 6.3 – Rede de drenagem encachoeirada com grande volume de água presente no local de estudo. (Fazenda José Serne, São Bento do Sapucaí – SP)



As Figuras 6.4 e 6.5 apresentam as imagens fotográficas das bananeiras presentes na fazenda José Serne, de modo que oferecem uma visão parcial da declividade do local de coleta de amostras.



Figura 6.4 – Visão parcial da declividade da plantação de bananas na Fazenda José Serne, São Bento do Sapucaí – SP.



Figura 6.5 – Visão parcial da área de plantio de bananas na Fazenda José Serne, São Bento do Sapucaí – SP.

A Figura 6.6 apresenta os grupos amostrais e os pontos de coleta distribuídos na área total de 76.800 m<sup>2</sup> na fazenda José Serne, localizada no bairro Paiol Grande na cidade de São Bento do Sapucaí – SP.

As coordenadas da sede da fazenda José Serne em UTM são 7152000 m S, 432450 m W e Meridiano Central (MC) 45, e os pontos amostrais se encontram a sudeste da sede da fazenda.

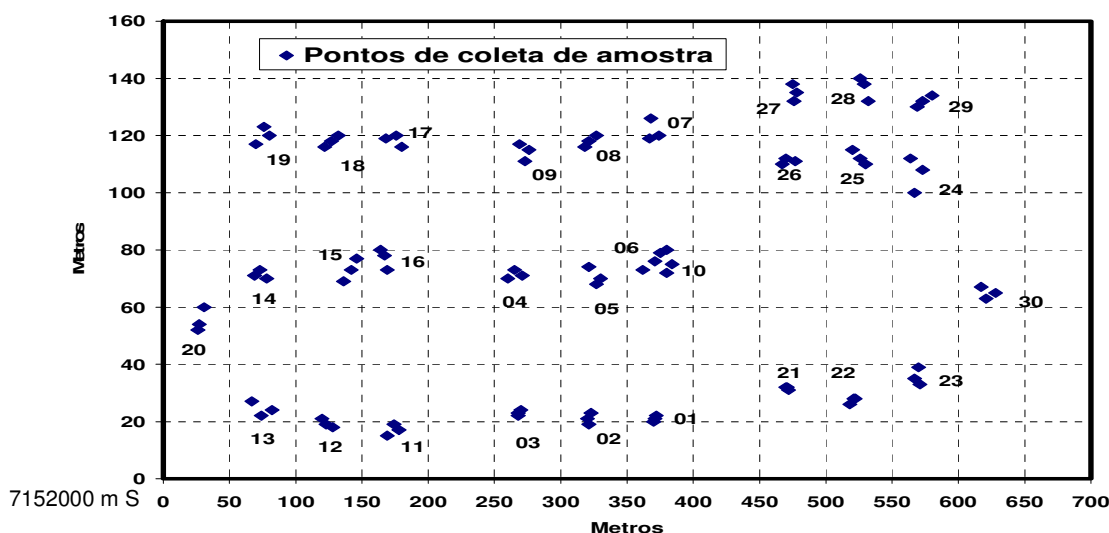


Figura 6.6 – Distribuição dos grupos de amostragem e pontos amostrais da coleta de folhas de bananeira na área da Fazenda José Serne, (Área total da coleta: 76.800 m<sup>2</sup>).

A Tabela 6.1, apresenta os valores de concentração nutricional para os metais estudados, obtidos a partir das amostras coletadas de banana prata (*musa ssp*), utilizando AAS. Os valores são demonstrados e separados por grupos de amostragem e ano de plantio das mudas, de modo que para cada grupo de amostragem, foram coletadas amostras de três plantas diferentes e próximas. Os valores nutricionais apresentados, estão distribuídos em g/Kg para macro nutrientes (P, Ca, K e Mg) e mg/ Kg para micronutrientes (Mn, Cu, Fe e Zn)

Tabela 6.1 – Apresenta os valores de concentração nutricional para os metais estudados, obtidos a partir das amostras coletadas de banana prata (musa ssp), utilizando AAS.

LOCAIS DE AMOSTRAGEM	ANO DE PLANTIO	TEORES NUTRICIONAIS DETERMINADOS NOS PONTOS AMOSTRAIS							
		P g/Kg	Ca g/Kg	K g/Kg	Mg g/Kg	Mn mg/Kg	Cu mg/Kg	Fe mg/Kg	Zn mg/Kg
1	1981	0,80	10,37	20,76	2,19	290,08	4,06	133,01	66,98
		0,81	10,34	20,80	2,18	291,13	3,91	130,80	67,02
		0,80	10,42	20,82	2,16	291,15	3,88	130,80	67,02
2	1981	1,29	10,03	20,60	2,31	269,04	8,56	160,02	10,04
		1,30	10,06	20,61	2,29	270,03	8,35	160,02	6,68
		1,26	10,09	20,61	2,28	270,01	8,35	161,03	11,03
3	1981	1,21	10,26	20,85	3,30	281,00	9,02	186,79	6,34
		1,20	10,27	20,81	3,60	281,00	8,88	187,01	6,34
		1,20	10,28	20,80	3,26	282,00	8,97	171,81	6,34
4	1981	1,91	11,22	20,48	2,48	189,90	7,42	160,20	10,90
		1,69	11,26	20,52	2,72	180,87	7,36	160,17	11,02
		1,79	11,23	20,46	2,44	186,45	6,92	159,99	10,94
5	1981	0,91	10,70	20,93	2,73	240,34	5,99	200,08	7,79
		0,79	10,72	20,94	2,73	262,65	5,94	200,01	8,06
		0,89	10,71	20,94	2,68	273,87	5,86	200,01	8,11
6	1981	0,86	10,83	20,32	2,20	289,09	4,99	105,08	6,33
		0,85	10,86	20,32	2,19	292,67	4,99	105,09	6,31
		0,88	10,88	20,30	2,19	292,87	4,91	105,08	6,35
7	1981	1,99	11,57	20,79	2,09	284,38	6,03	197,99	8,91
		2,11	11,58	20,76	1,91	293,59	6,03	201,00	6,64
		1,94	11,59	20,76	1,93	295,32	6,02	200,77	5,99
8	1981	0,64	10,80	20,61	2,60	278,65	7,01	169,03	13,19
		0,68	10,79	20,64	2,70	279,85	6,89	168,85	12,97
		0,69	10,78	20,67	2,50	290,90	7,00	170,00	13,21
9	1981	0,95	10,76	20,82	2,60	287,92	7,03	205,64	11,82
		0,95	10,77	20,83	2,50	283,67	7,05	206,32	12,03
		0,97	10,75	20,83	2,60	295,72	7,03	207,09	11,78
10	1981	0,94	10,55	30,01	2,50	218,30	7,01	165,09	6,96
		0,94	10,56	30,01	2,60	223,30	6,98	166,01	6,98
		0,93	10,57	30,01	2,77	227,50	7,02	166,48	7,03
11	1979	0,97	10,83	19,32	2,22	191,01	5,97	165,08	6,33
		0,97	10,86	19,32	2,21	192,90	6,02	165,09	6,31
		0,97	10,88	19,30	2,21	192,70	5,97	165,08	6,35
12	1979	1,19	11,22	20,81	2,24	159,90	7,42	160,20	10,90
		1,23	11,23	20,82	2,37	160,87	7,36	167,17	11,02
		1,21	11,26	20,96	2,34	160,45	6,92	159,99	10,94

Continuação da Tabela 6.1

LOCAIS DE AMOSTRAGEM	ANO DE PLANTIO	TEORES NUTRICIONAIS DETERMINADOS NOS PONTOS AMOSTRAIS							
		P g/Kg	Ca g/Kg	K g/Kg	Mg g/Kg	Mn mg/Kg	Cu mg/Kg	Fe mg/Kg	Zn mg/Kg
13	1979	1,30	11,03	18,60	2,32	269,04	5,36	186,02	10,04
		0,99	11,06	19,01	2,32	270,03	5,35	186,02	6,68
		1,22	11,09	18,61	2,35	270,01	4,94	186,03	11,03
14	1979	1,00	11,37	19,90	2,11	190,13	4,06	203,11	14,01
		0,98	11,34	20,08	2,01	191,15	3,90	200,58	17,00
		0,96	11,42	19,82	2,12	190,08	3,96	198,08	13,02
15	1979	1,94	11,57	20,79	2,20	254,38	6,01	197,99	8,91
		1,97	11,58	20,81	2,19	253,59	6,00	201,90	6,64
		1,89	11,59	20,76	2,19	255,32	6,06	199,07	5,99
16	1979	1,91	10,70	18,93	2,27	210,34	4,99	132,08	7,79
		0,99	10,70	18,94	2,27	212,65	4,94	123,01	8,06
		1,89	10,71	18,94	2,26	213,87	5,00	126,15	8,11
17	1979	1,90	10,26	20,85	2,38	281,90	5,02	106,79	6,34
		1,96	10,27	20,81	2,41	281,90	4,88	137,01	6,35
		1,96	10,28	20,80	2,32	282,00	4,87	136,81	6,34
18	1979	1,64	10,55	19,01	2,28	204,03	4,01	165,09	6,96
		1,38	10,56	19,01	2,76	203,98	3,98	166,01	6,98
		1,61	10,57	19,01	2,71	207,47	4,02	166,48	7,03
19	1979	1,50	10,80	19,91	2,31	198,65	7,01	169,03	13,19
		1,50	10,79	19,94	2,27	202,85	6,89	168,85	12,97
		1,57	10,78	19,97	2,25	198,91	7,00	170,00	13,21
20	1979	1,42	10,76	21,82	2,26	283,01	8,03	175,64	11,82
		1,42	10,77	22,03	2,28	283,64	7,85	176,32	12,03
		1,37	10,75	21,83	2,06	285,72	7,63	177,09	11,78
21	1988	1,60	8,26	20,85	2,36	291,00	4,02	196,79	6,34
		1,80	8,27	20,81	2,36	295,12	4,88	197,01	6,35
		1,41	8,28	20,80	2,32	292,00	4,87	196,81	6,34
22	1988	1,21	7,70	20,93	2,27	210,34	4,99	170,08	7,79
		1,21	7,72	20,95	2,27	212,65	4,94	173,01	8,06
		1,20	7,71	21,01	2,21	213,87	4,86	172,05	8,11
23	1988	1,02	10,03	20,60	2,23	269,04	5,26	186,02	10,04
		1,00	10,06	20,61	2,22	270,03	4,95	186,02	6,68
		1,00	10,09	20,61	2,22	270,01	4,64	186,03	11,03
24	1988	0,97	9,83	25,82	2,20	189,09	6,97	165,08	6,33
		0,99	9,86	26,12	2,21	192,67	6,99	165,09	6,31
		1,01	9,88	26,23	2,01	192,87	6,97	165,08	6,35

Continuação da Tabela 6.1

LOCAIS DE AMOSTRAGEM	ANO DE PLANTIO	TEORES NUTRICIONAIS DETERMINADOS NOS PONTOS AMOSTRAIS							
		P g/Kg	Ca g/Kg	K g/Kg	Mg g/Kg	Mn mg/Kg	Cu mg/Kg	Fe mg/Kg	Zn mg/Kg
25	1988	0,95	9,22	20,48	2,24	159,90	3,42	160,20	10,90
		0,99	9,26	20,52	2,27	160,87	3,36	160,17	11,02
		1,02	9,23	20,46	2,24	160,45	3,92	159,99	10,94
26	1988	0,98	10,76	20,82	2,26	286,20	4,01	175,64	11,82
		0,96	10,77	20,83	2,25	288,64	3,95	176,32	12,03
		0,94	10,75	20,83	2,26	288,72	3,30	177,09	11,78
27	1988	0,99	10,80	21,61	2,26	178,65	6,01	169,03	13,19
		1,21	10,79	22,04	2,27	179,85	5,89	168,85	12,97
		0,95	10,78	21,97	2,25	178,19	6,00	170,00	13,21
28	1988	0,88	10,37	21,76	2,21	190,08	6,06	138,04	10,08
		0,88	10,34	21,80	2,21	191,13	5,89	121,80	11,72
		1,01	10,42	21,82	2,21	191,15	5,86	126,80	12,34
29	1988	1,02	9,55	29,87	2,25	203,31	5,01	175,90	6,96
		1,05	9,56	30,04	2,26	203,29	4,98	176,01	6,98
		0,88	9,55	29,09	2,27	207,47	5,02	176,48	7,03
30	1988	0,81	8,57	24,29	2,20	254,38	4,03	197,99	8,91
		0,86	8,57	23,76	2,19	253,59	4,03	201,00	6,64
		0,86	8,59	23,76	2,19	255,32	4,02	187,71	5,99

### **6.3 VALORES NUTRICIONAIS, MAPAS DE CONTORNO E SUPERFÍCIE 3D DE ISOVALORES DOS METAIS ESTUDADOS DETERMINADOS POR ANÁLISE FOLIAR DAS BANANEIRAS**

Os valores nutricionais quantitativos determinados por AAS nas amostras coletadas de banana prata (*musa ssp*), estão representados nas Figuras 6.7; 6.8; 6.9; 6.10; 6.11; 6.12; 6.13 e 6.14, de maneira que são traçados gráficos que relacionam os pontos amostrais pela respectiva concentração analítica do metal determinado por análise foliar e comparada com os valores nutricionais máximos e mínimos propostos pela literatura.

Os mapas de contorno e superfície 3D de isovalores, também demonstrados nas Figuras, representam a situação real da disposição iônica dos metais estudados no sítio de estudo, de forma que a coloração mais clara representa valores máximos de concentrações obtidas, e valores de concentrações mínimas foram descritas utilizando coloração mais escura.

RESULTADOS OBTIDOS PARA O POTÁSSIO

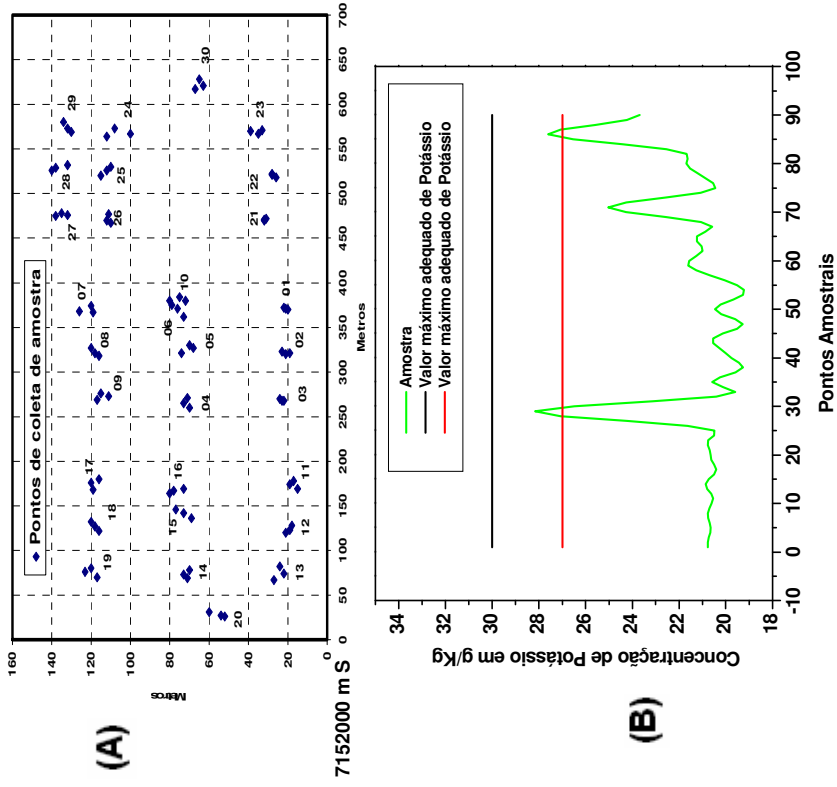
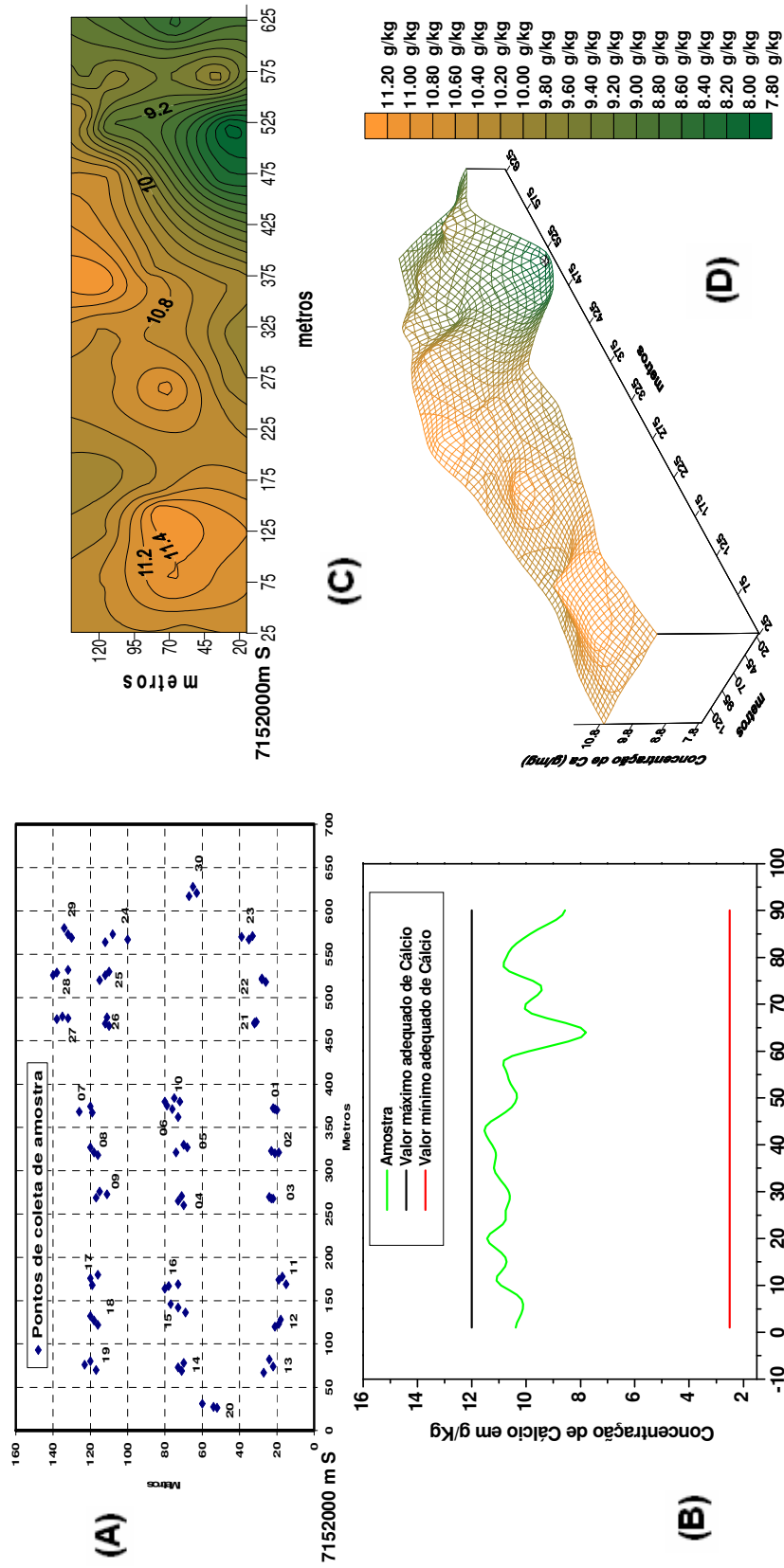


Figura 6.7 – Resultados obtidos para o Potássio: (A) – Mapa da distribuição dos pontos de coleta no local de estudo; (B) – Valores nutricionais obtidos em cada ponto amostral (g/kg) e comparado com máximos e mínimos propostos por Malavolta (2002); (C) – Mapa de contorno de isovalores; (D) – Superfície 3D de isovalores.

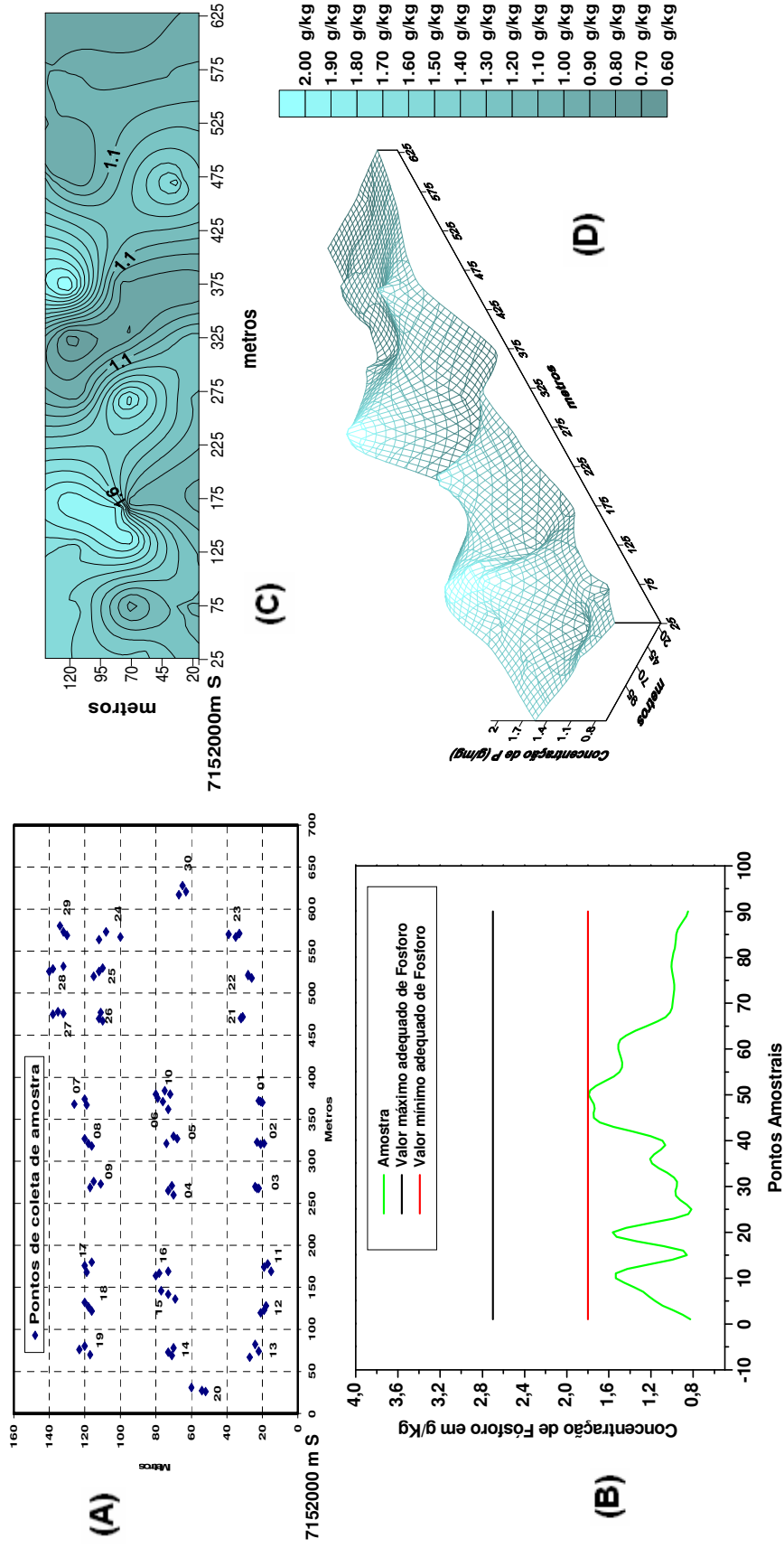
**RESULTADOS OBTIDOS PARA O CÁLCIO**



**Figura 6.8 – Resultados obtidos para o Cálcio:** (A) – Mapa da distribuição dos pontos de coleta no local de estudo; (B) – Valores nutricionais obtidos em cada ponto amostral (g/kg) e comparado com máximos e mínimos proposto por Malavolta (2002); (C) – Mapa de contorno de isovalores; (D) – Superfície 3D de isovalores.



**RESULTADOS OBTIDOS PARA O FÓSFORO**



**Figura 6.9 – Resultados obtidos para o Fósforo: (A)** – Mapa da distribuição dos pontos de coleta no local de estudo; **(B)** – Valores nutricionais obtidos em cada ponto amostral (g/kg) e comparado com máximos e mínimos proposto por Malavolta (2002); **(C)** – Mapa de contorno de isovalores; **(D)** – Superfície 3D de isovalores.

## RESULTADOS OBTIDOS PARA O MAGNÉSIO

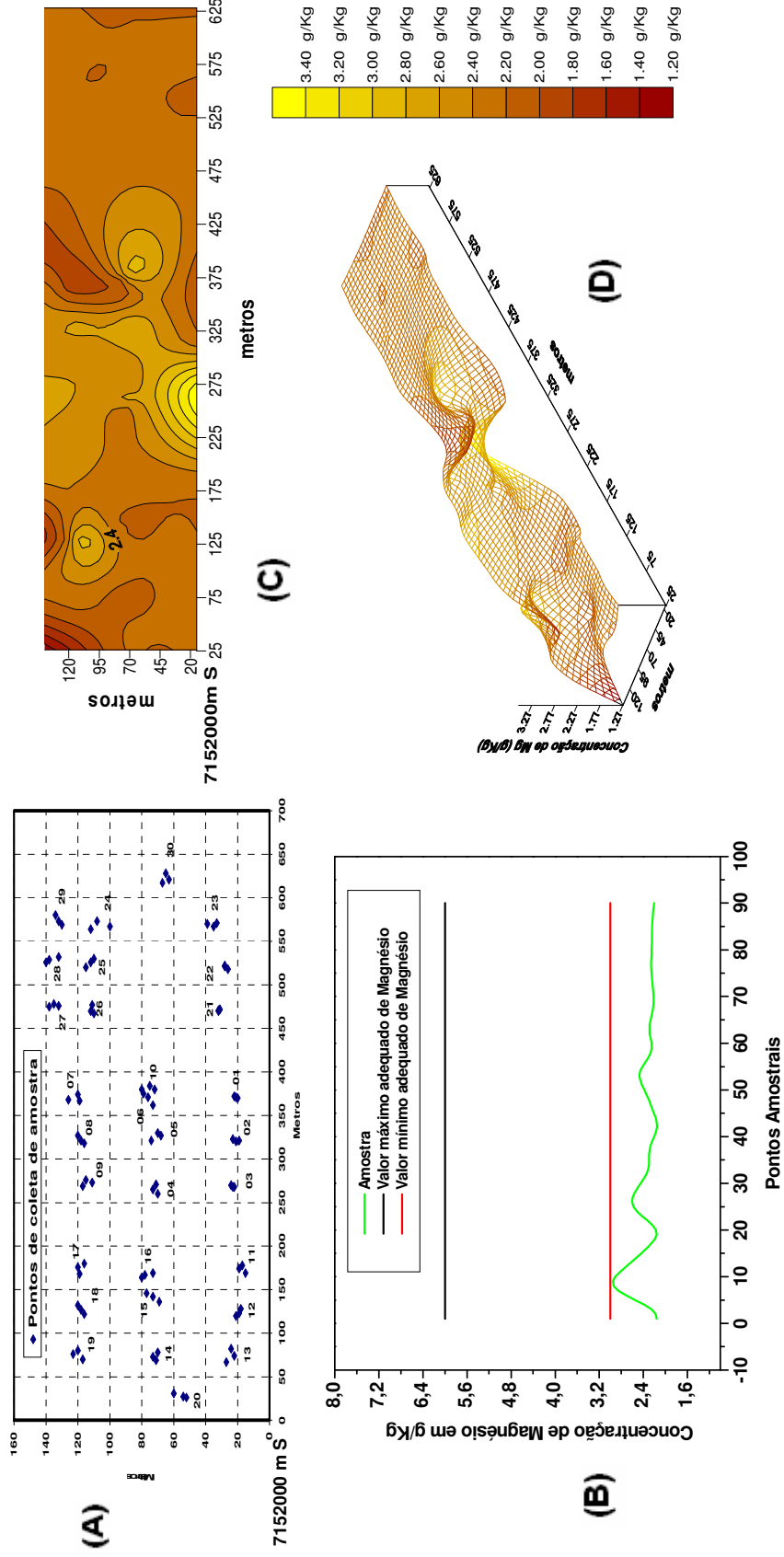
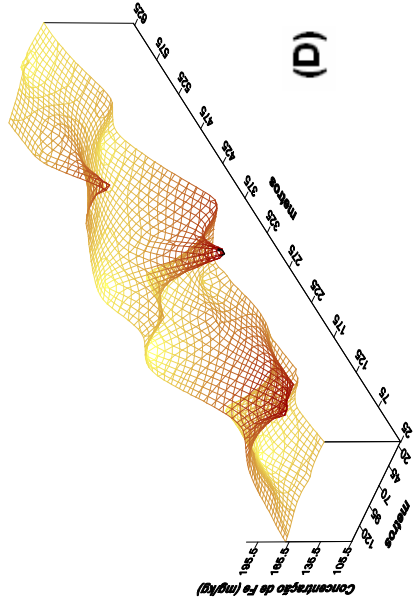
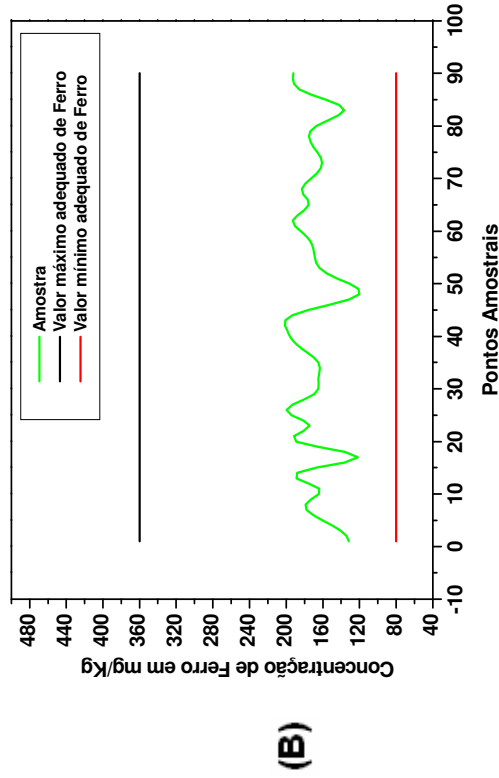
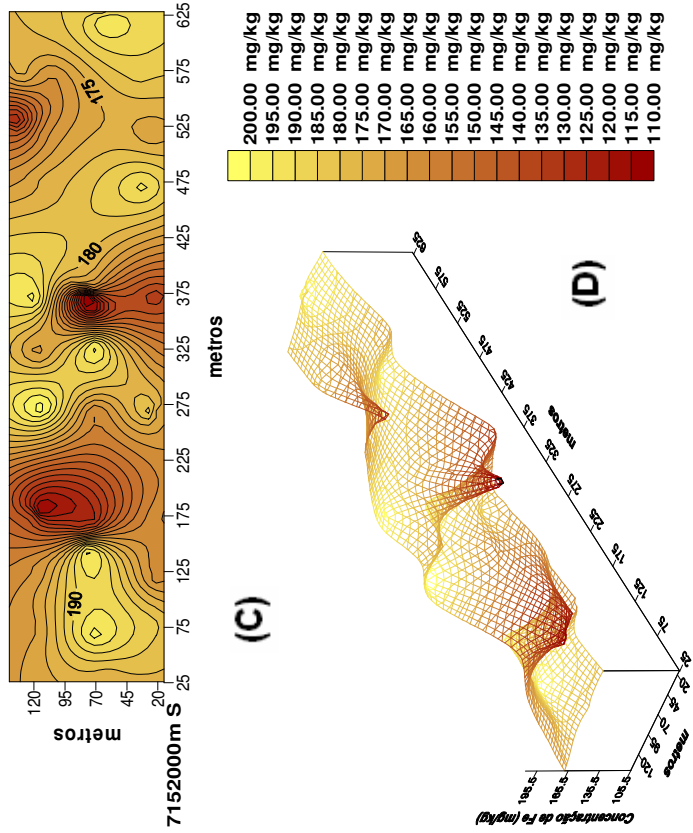
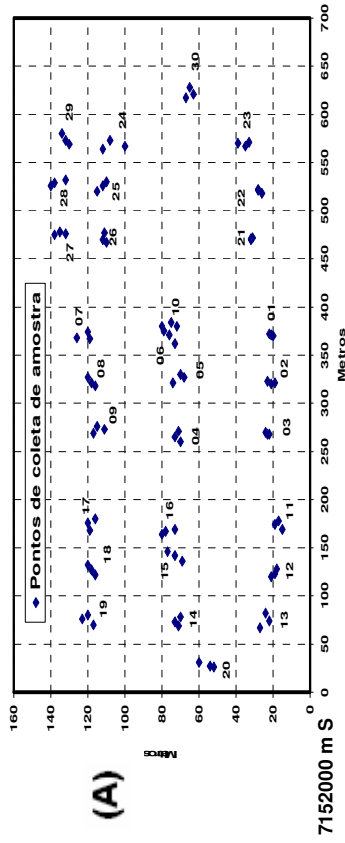


Figura 6.10 – Resultados obtidos para o Magnésio: (A) – Mapa da distribuição dos pontos de coleta no local de estudo; (B) – Valores nutricionais obtidos em cada ponto amostral (g/kg) e comparado com máximos e mínimos proposto por Malavolta (2002); (C) – Mapa de contorno de isovalores; (D) – Superfície 3D de isovalores.

**RESULTADOS OBTIDOS PARA O FERRO**



**Figura 6.11 – Resultados obtidos para o Ferro: (A)** – Mapa da distribuição dos pontos de coleta no local de estudo; **(B)** – Valores nutricionais obtidos em cada ponto amostral (mg/kg) e comparado com máximos e mínimos proposto por Malavolta (2002); **(C)** – Mapa de contorno de isovalores; **(D)** – Superfície 3D de isovalores.

## RESULTADOS OBTIDOS PARA O MANGANÊS

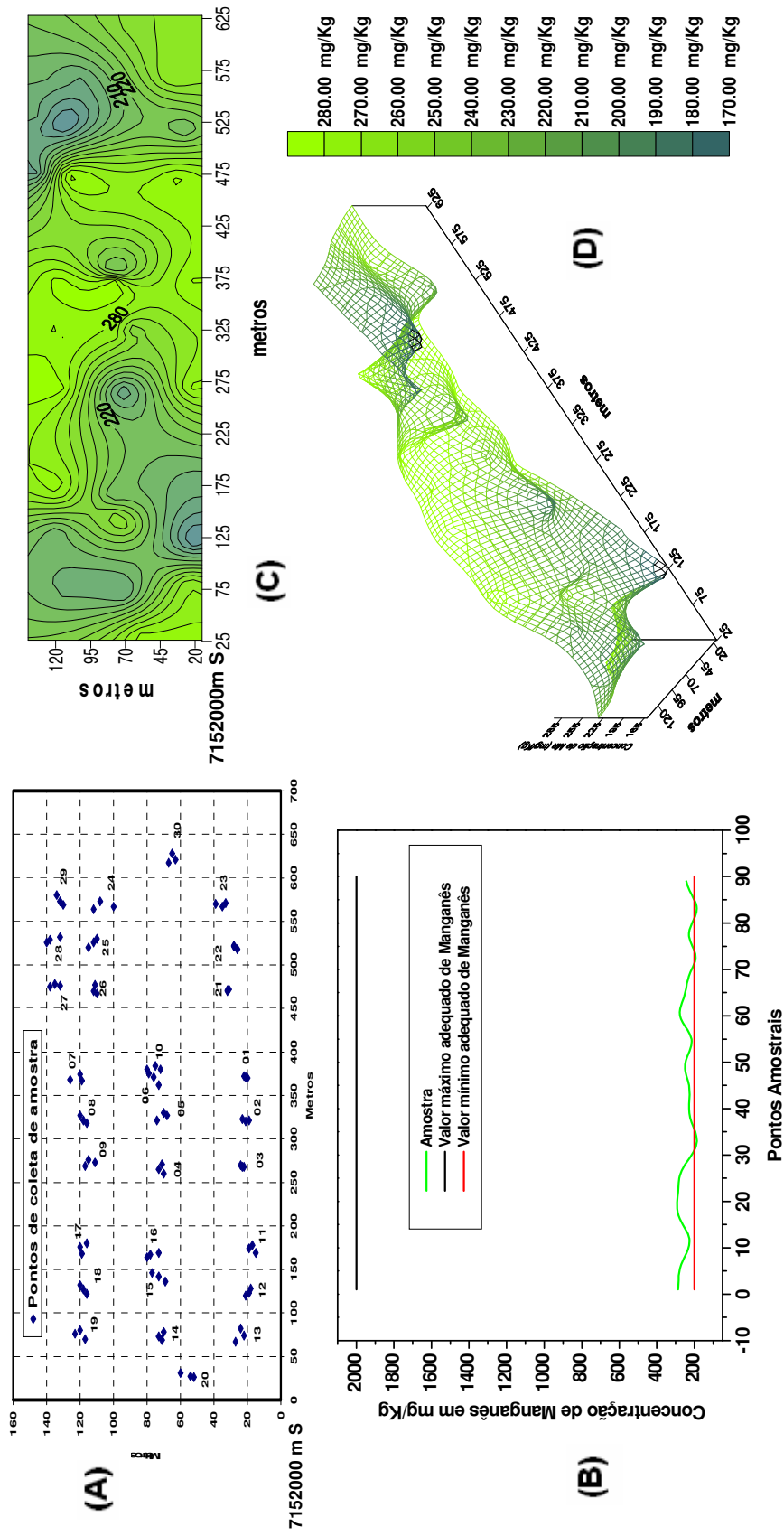
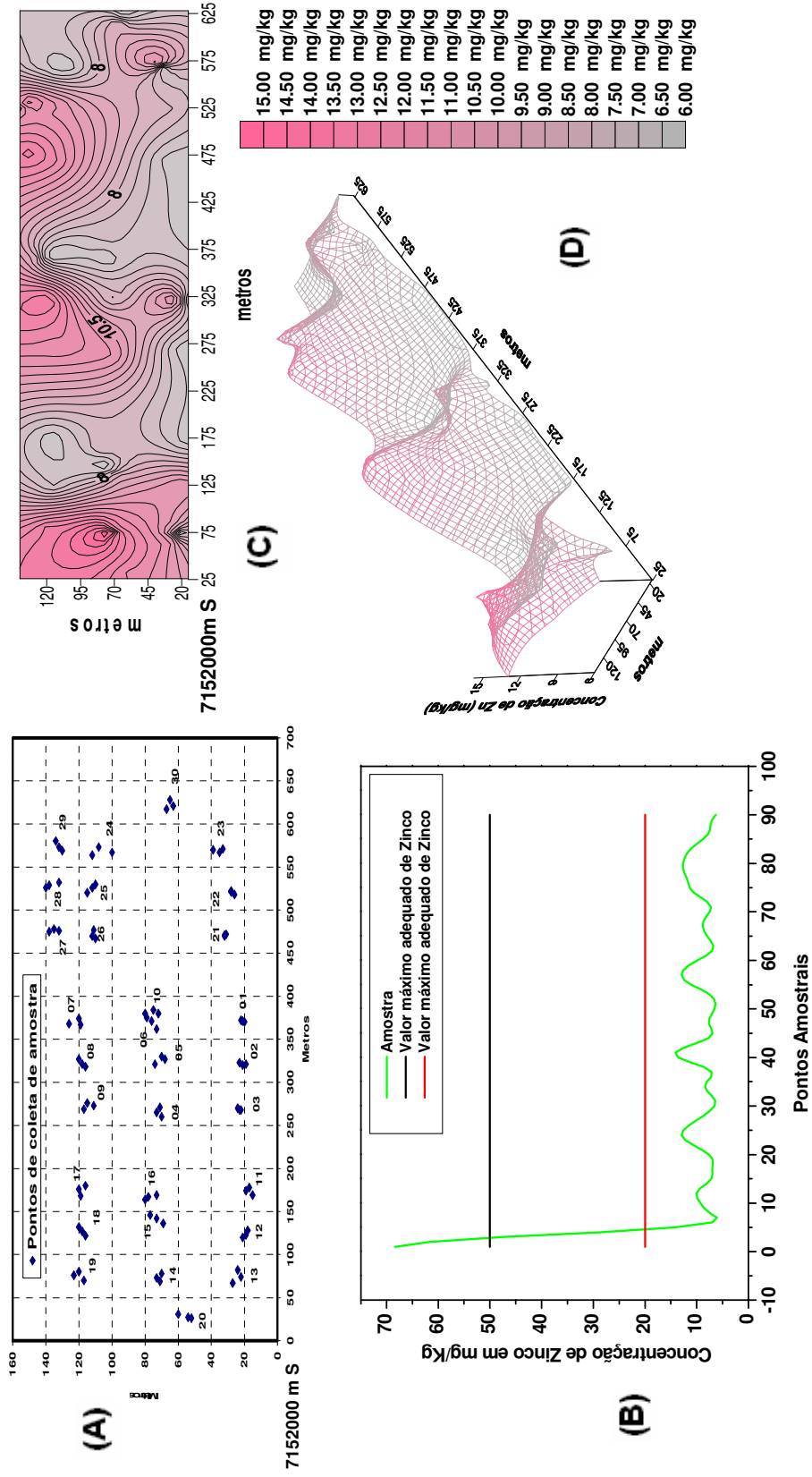


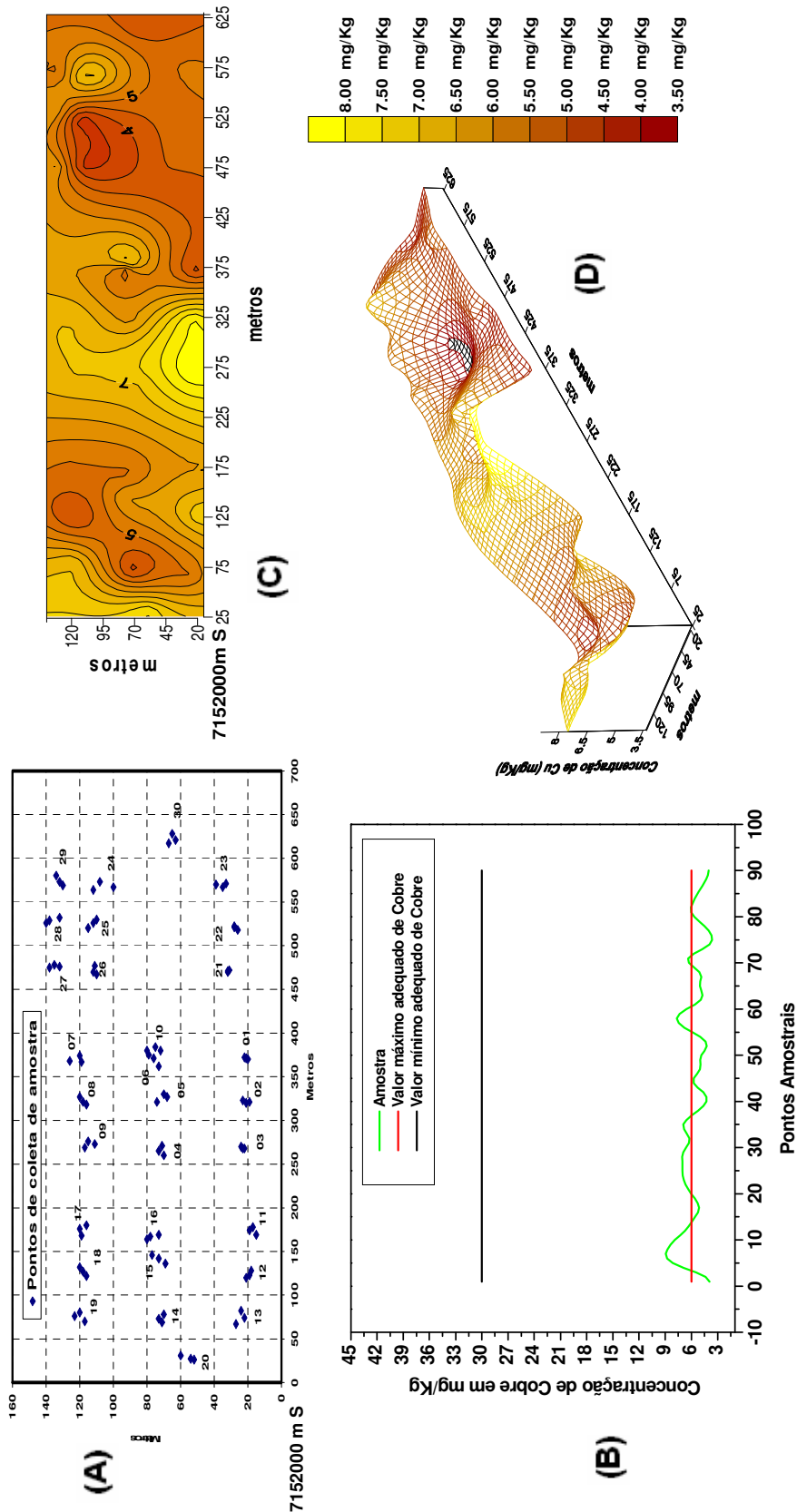
Figura 6.12 – Resultados obtidos para o Manganês: (A) – Mapa da distribuição dos pontos de coleta no local de estudo; (B) – Valores nutricionais obtidos em cada ponto amostral (mg/kg) e comparado com máximos e mínimos proposto por Malavolta (2002); (C) – Mapa de contorno de isovalores; (D) – Superfície 3D de isovalores.

**RESULTADOS OBTIDOS PARA O ZINCO**



**Figura 6.13 – Resultados obtidos para o Zinco: (A)** – Mapa da distribuição dos grupos de amostra e pontos amostrais; **(B)** – Valores nutricionais obtidos em cada ponto amostral (mg/kg) e comparado com máximos e mínimos proposto por Malavolta (2002); **(C)** – Mapa de contorno de isovalores; **(D)** – Superfície 3D de isovalores.

**RESULTADOS OBTIDOS PARA O COBRE**



**Figura 6.14 – Resultados obtidos para o Cobre: (A)** – Mapa da distribuição dos grupos de amostra e pontos amostrais; **(B)** – Valores nutricionais obtidos em cada ponto amostral (mg/kg) e comparado com máximos e mínimos proposto por Malavolta (2002); **(C)** – Mapa de contorno de isovalores; **(D)** – Superfície 3D de isovalores.

Os mapas de contorno e de superfície 3D, representam os valores das concentrações dos metais estudado na área de estudo, e não a topografia da região de plantio.

De acordo com as Figuras 6.7; 6.8; 6.9; 6.10; 6.11; 6.12; 6.13 e 6.14, que apresentam os valores das concentrações dos metais estudado em cada ponto amostral, bem como os mapas de isovalores e de superfície 3 D, podemos observar que o mapa de superfície em 3D, representa o perfil das concentrações dos metais analisados na área de local estudado o que não significa ser a topografia do sitio estudado.

Se observa que para o teor de Cálcio, Figura 6.8, a concentração nutricional é maior para onde os pontos de coleta na região central se encontram nos grupos de amostragem entre 1 e 19, que se referem a área de plantio mais antiga, 1981 e 1979 que pode ser considerado visto que mobilidade iônica do cálcio diminui com o passar do tempo, ocasionando um acúmulo na planta devido a sua baixa redistribuição interna. Valores de concentração elevadas para o cálcio, resulta numa diminuição da concentração de potássio e magnésio.

A concentração de potássio, embora se apresente abaixo dos limites propostos como observado pela Figura 6.7, o que acarreta diminuição da produtividade de bananicultura, apresenta valores de nutricionais próximos dos mínimos adequados não comprometendo desta forma à produção do sítio. A carência nutricional de potássio é suprida pela presença de cálcio, e a produtividade se mantém em condição de equilíbrio, o que não descarta a necessidade de tratamento do solo local, para aumento da concentração desse nutriente. Conforme observado pela Figura de superfície 3D, a concentração de potássio é estável em todo local de estudo, com valores maiores de concentração nos pontos amostrais que se referem à área de plantio de 1988.

Com a baixa concentração de fósforo, a translocação de magnésio dentro da planta é bloqueada, ocasionando amarelamento da planta no estado inicial de plantio, conforme apresentado pela Figura 6.15.

A baixa concentração de magnésio nas amostras, pode ser observada pela Figura 6.10, e a distribuição nutricional do teor de magnésio no local de estudo, pode ser observada no mapa de isovalores e superfície 3D.





Figura 6.15 – Planta em estado inicial de florescimento. A coloração amarela neste período corresponde à baixa translocação de magnésio dentro da planta.

Conforme demonstrado pela Figura 6.10, a concentração de magnésio apresenta um aumento próximos ao grupo de amostragem 2 e 3, (que se encontra na porção central e inferior do terreno em declive), e baixos valores de concentração nas partes mais altas do local de plantio, próximo aos grupos de amostragem 6, (porção médio central do terreno) e 18 e 19 (porção alta oeste do terreno). Essa observação pode ser considerada uma vez que o magnésio possui grande facilidade de lixiviação e mobilidade em meio de solo orgânico, o que se torna facilitado pelo declive do terreno e pela presença de redes de drenagem no local.

A diminuição da concentração de zinco, conforme observada pela Figura 6.12 pode ser considerada devido à facilidade de fixação do zinco em solos com altos teores de matéria orgânica e ferro, o que ocasiona a diminuição de sua mobilidade iônica no solo e da absorção pelo setor planta.

Embora a carência nutricional de manganês seja difícil de ocorrer, o alto teor de matéria orgânica no local de plantio e o clima tropical de altitude do local de



estudo, pode ser considerado um fator determinante para baixa concentração de manganês no solo. Esta observação é apresentada pela Figura 6.12.

A concentração de Ferro, como demonstrado pela Figura 6.11, se apresenta em valores adequados dentro do limite máximo e mínimo, porém, como os valores determinados são medianos com picos de concentração nutricional próximas aos mínimos proposto dentro da faixa estipulada, pode-se considerar que a falta de Potássio, Manganês e Zinco, influenciaram, para um abaixamento dos valores nutricionais esperados para o ferro, uma vez que solos da serra da Mantiqueira geralmente são ricos em teor de Ferro.

Os valores nutricionais observado para o Cobre, se encontram limítrofes dentro da faixa mínima adequada para esse metal, conforme observado pela figura 6.14, um fator a ser considerado para a baixa concentração de cobre, também se dá devido a elevada presença de matéria orgânica no local de estudo, ocasionando uma dificuldade de mobilidade iônica desse metal no setor solo/planta.

## 7 CONCLUSÕES FINAIS

- Na área de estudo observou-se que onde a rede de drenagem é bem desenvolvida, e drena os horizontes A e B, há um favorecimento da mobilidade iônica e transporte de metais no setor solo/planta necessário ao cultivo da banana.
- Temperatura média local entre 14-27°C, está dentro dos limites ideais para o cultivo da bananicultura, porém períodos sazonais e “chilling” com temperaturas abaixo de 10°C, nas porções norte da área, devido a elevada altitude, contribuem para diminuição do rendimento produtivo.
- Os mapas de contorno e superfícies 3D gerados a partir dos valores das concentrações das análises foliares demonstram a distribuição nutricional no sítio de estudo, de modo a se observar que:
  - ✓ Como o sítio de estudo se localiza em superfície montanhosa (terreno em alto declive) e possui rede de drenagem de intenso escoamento superficial, isso favoreceu os processos de lixiviação, contribuindo na diminuição da absorção de Ca, Mg, P, Mn e Cu.
  - ✓ Os valores nutricionais para os metais estudados, com exceção do Ca e Fe, estão abaixo ou nos limites dos valores proposto pela literatura, o que ocasiona um abaixamento da capacidade produtiva do sítio. Porém, se constata que a produção da área é alta, devido ao sistema se encontrar em equilíbrio nutricional e iônico.
  - ✓ O valor nutricional abaixo do mínimo observado para o K, ocasionou a diminuição da concentração de P, Mg, Cu, Mn e Zn devido a redução de translocação desses metais dentro da planta, de maneira a provocar diminuição do tamanho da planta, frutos e cachos com baixo peso.
  - ✓ A concentração de K, se apresenta próximo, porém abaixo do limite proposto pela literatura, o que não gera grandes perdas produtivas, porque

valores ideais determinados para o Ca suprem à carência desse metal e mantêm o equilíbrio produtivo.

- ✓ Observou-se que em locais de plantio mais antigo (1979), a concentração iônica do Ca é menor, o que se dá devido à diminuição da mobilidade iônica desse metal com o passar do tempo.
- ✓ A absorção e translocação de Mg pela planta foi dificultada devido a baixa concentração de P em toda área estuda.
- ✓ A mobilidade iônica e facilidade de lixiviação do Mg, ocasionou um aumento de sua concentração nos pontos amostrais localizados na parte sul central da área de estudo, principalmente nas partes baixas do terreno. O mesmo se observou para o Cu e Mn.
- ✓ A diminuição da concentração de Zn, Mn e Cu, pode ser atribuída também a facilidade do metal se fixar em solos com alto teor de matéria orgânica.
- ✓ A concentração de Fe se encontra dentro dos valores propostos pela literatura porém, se observa que os valores determinados são medianos, ainda que parte dos solos da serra da Mantiqueira sejam ricos em Fe; Isso se dá devido a diminuição da concentração desse metal pela planta por causa da carência nutricional de K, Mn e Zn.
- ✓ A presença de concentrações maiores para os íons de Fe e Ca no local de estudo contribuiu na diminuição da assimilação de P pela planta, uma vez que o P forma complexos insolúveis com Fe e Ca. Isso pode ser observado analisando nos pontos amostrais localizados na porção norte central do terreno.
- ✓ O caráter extrativista da prática da bananicultura desenvolvida na região de São Bento do Sapucaí – SP, contribui na diminuição da concentração nutricional dos metais estudados, o que demonstra na necessidade do uso do manejo e preparação do solo para melhoria da qualidade da produção.

- A presença de solos do tipo PODZÓLICO VERMELHO AMARELO e LATOSSOLO VERMELHO AMARELO + CAMBISSOLO, na área de pesquisa, devido sua composição mineralógica e estágio intempérico, principalmente dos LATOSSOLOS intensamente lixiviados, mostraram uma contribuição maior ou menor na presença dos metais analisados por análise foliar da bananeira. Com isso pode-se deduzir que os solos são compatíveis para a cultura da banana, porém necessitam de manejo e processos de fertilização para aumento da produção da cultura.
- Os solos do tipo LITÓLICOS E CAMBISSOLOS, por serem pouco alterados, dificultam o processo de fixação e desenvolvimento da raiz da planta no solo e o transporte de nutrientes, exceto em áreas onde o horizonte orgânico é espesso sobre rochas semi-alteradas que o desenvolvimento da planta é normal ou esperado.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, F.F.M. Origem e evolução da plataforma brasileira. **Boletim da Divisão de Geologia Mineral**, Rio de Janeiro, n.241, p.1-36, 1967.

ALMEIDA, F.F.M. Diferenciação tectônica da plataforma brasileira. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 28., 1969, Salvador. **Anais...** Salvador: SBG, 1969, p.29-46.

ALVES, E.J. **A cultura da banana**: aspectos técnicos, sócio econômicos e agro-industriais. 2.ed. Brasília: EMBRAPA, 1999. 585p.

ALVES, V.M.C. et al., **Diagnose foliar**. Sete Lagoas: EMBRAPA, 2003. 90p. (Comunicado Técnico).

CARNEIRO, C.D.R. **Geologia e evolução da folha de São José dos Campos, SP**. 1952. 148f. Dissertação (Mestrado em Geologia Sedimentar) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1977.

CAVALCANTE, J.C.; CUNHA, H.C.S.; CHIEREGATI, L.A.; KAEFER, L.Q.; ROCHA, J.M.; DAITX, E.C.; COUTINHO, M.G.N.; YAMAMOTO, K.; DRUMOND, J.B.V.; ROSA, D.B.; RAMALHO, R. **Projeto Sapucaí**: Estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais. Brasília: DNPM/CPRM, 1979. 299p. (Série Geologia. Secção geologia Básica, v.5 n.2).

COORDENADORIA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA INTEGRAL. **Relatório técnico do terceiro quadrimestre de 2005**, Pindamonhangaba: CATI, 2005. 10p.

DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Estudo de águas subterrâneas**. São José dos Campos: DAEE, 1979. 3v.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **50 perguntas e respostas sobre banana**: o produtor pergunta, a embrapa responde. Belo Horizonte: Embrapa, 2001. 16p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Imagem do Relevo da cidade de São Bento do Sapucaí- SP**. Carta: SF-23-Y-B-V-2-SO. Disponível em: <[http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br/sp/htm0/sp37\\_66.htm](http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br/sp/htm0/sp37_66.htm)> Acesso em: 10 fev. 2006.

FOOD AGRICULTURE ORGANIZATION: **Crops & livestock primary & processed**. Disponível em: <<http://www.fao.org>> Acesso em: 16 jan. 2006.

GARNICA, A. M. **Mineral nutrient deficiency in plantain**. Stuttgart: Center for Agriculture in the Tropics and Subtropics. University of Hohenheim, 1997. 112p.

GENÚ, P.J.C **Influência da idade da planta e época de amostragem de material do solo nos teores de K, Ca, Mg em três bananais 'Prata'**. 1976. 76f. Dissertação. Escola Superior de Agronomia de Lavras, Lavras, 1976.

GOWEN, S. **Bananas and Plantains**. London: Chapman & Hall, 1995. 612p.

GOOGLE EARTH. **Imagem especial da cidade de São Bento do Sapucaí- SP**: Imagem fornecida por Image corporation 2006 Digital Globe, disponível pelo programa Google Earth. Disponível em: <<http://www.earth.google.com>> Acesso em: 10 set. 2006.

HERTLOG, et al., D. Dietary antioxidant flavonoids and risk of coronary heart disease: the Zutphen elderly study. **Lancet**, Oxford, v.342, p.1007-1011, 1993.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. São Paulo. **Mapa Geológico do Estado de São Paulo**. São Paulo, 1981. 1 mapa. Escala 1:500.000.

INSTITUTO DE PLANEJAMENTO E ECONOMIA AGRÍCOLA DE SANTA CATARINA, Disponível em : <<http://www.icepa.com.br/Infconj/textos05/IBanana/IBanana2112.htm>> Acesso em: 16 jan. 2006.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS (São Paulo, SP). **Orientações para o combate à erosão no Estado de São Paulo – Bacia do Paraíba e Litoral Norte.** São Paulo: IPT/DAEE, 1992. 3v.Relatório 29.967.

KANAZAWA, K.; SAKAKIBARA, H. High contents of dopamine, a strong antioxidant, in Cavendish banana. **Journal of Agricultural Food Chemistry**, Minnesota, v.48, p.844-848, 2000.

KONDO, K. M. Mechanistic studies of catechin as antioxidants against radical oxidation. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, Amsterdam, v.362, p.79-86, 1999.

LANDIM, P.M.B.; MONTEIRO, R. C.; CORSI, A.C. **Introdução á confecção de mapas pelo software SURFER.** Rio Claro: DGA/IGCE/UNESP. 2002. 21p. Apostila.

LÓPEZ, A.; ESPINOSA, J. Banana response to potassium. **Better Crops International**, Atlanta, v.12, n.1, p.3-5, 1998.

LÓPEZ, A. M.; ESPINOSA, J. M. **Manual de nutrición y fertilización del banano.** Quito: Instituto de la Potasa y el Fósforo. Quito, 1995. 82p.

MACHEIX, J.J.; FLEURIET, A.; BILLOT, J. Using Sustainable Agriculture to Improve Human Nutrition and Health. **Journal of Community Nutrition**, v.6, n.1, p.18-25, 2004.

MALAVOLTA, E.; **Elementos de nutrição mineral de plantas.** São Paulo: Ceres, 1980. 252p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2.ed. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997. 319p.

MARTIN, R.B.; SIGEL, H. Bioinorganic chemistry of metal ion toxicity. **Metal in ions biological system**, New York, v.18, p.21-65, 1980.

MIDDETON, E.; KONDASMAMI, C. Effects of flavonoids on immune and inflammatory cell functions. **Biochemical Pharmacology**, New York, v.43, p.1167-1179, 1992.

MONTEIRO, H.; et al., Oxygen toxicity related to exposure to lead. **Clinical Chemistry**, Baltimore, v.31, p.1673-1676, 1995.

MOREIRA, R. S. **Banana: teoria e prática de cultivo**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. 335p.

MOREIRA, R. S. **Banana: teoria e prática de cultivo**. 2.ed. Campinas: Fundação Cargill, 1999. 1CD-ROM.

OHARA, T. **Zoneamento Geoambiental da região do alto-médio Paraíba do Sul (SP) com Sensoriamento Remoto**, 1995, 215f v.1-2. Tese (Doutorado em Geologia Regional). Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1995.

PEDRO JUNIOR, M. J.; BULISANI, E. A.; POMMER, C.V.; PASSOS, F.A.; GODOY, I. J.; ARANHA, C. Banana In: Instituto Agrônômico. **Instruções Agrícolas para o Estado de São Paulo**. Campinas, 1987. p.35-36.

RAIJ, B. VAN. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1991. 343p.

RANGEL, A.; PENTEADO, L.A.C. ; TONET, R.M. Cultura da Banana. **Boletim Técnico CATI**, Campinas, n.234, p.40. dez. 2002.



RENAULD, S.; LORGERIL, M. HIV infection and immune system in gênesis of coronary lesion. **Lancet**, Oxford, v.339, p.1523-1526, 1992.

RICCOMINI, C. **O rift continental do sudeste do Brasil**. 1989. 256f. Tese (Doutorado em Geologia Sedimentar) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1989.

ROBINSON, J. C. **Bananas and Plantains**. Wallingford: Cab International, 1996. 238p.

SETZER, J. **Atlas climático e ecológico do estado de São Paulo**. São Paulo: Comissão Estadual da Bacia Paraná-Uruguai. 61p. 1966. (Boletim técnico)

SISTEMA ESTADUAL DE ANÁLISE DE DADOS. **Dados sócio-econômicos financeiros dos municípios da UGRHI – 1 (1980-1987)**. São Paulo: SMA/SEADE, 1998.

SISTEMA ESTADUAL DE ANÁLISE DE DADOS. **Perfil Ambiental**. São Paulo: SMA/SEADE, 1999. 1 CD-ROM.

SGARBI, F. **Produtividade de *Eucalyptus sp.* em função do estado nutricional e da fertilidade do solo em diferentes regiões do Estado de São Paulo**. 2002. 101f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

SKOOG, D.A. **Princípios de análise instrumental**. 5.ed. Porto Alegre: Bookman, 2002. 836p.

SOMEYA, S.; YOSHIKI, Y.; OKUBO, K. Antioxidant Compounds from bananas (*Musa Cavendish*). **Food Chemistry**, London, v.79, n.3, p.351-354, 2002.

TEIXEIRA, L.A.J.; NATALE, W.; RUGGIERO, C. Alterações em alguns atributos químicos do solo decorrentes da irrigação e adubação nitrogenada e potássica em bananeira após dois ciclos de cultivo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.23, n.3, p.684-689, 2001.

TEIXEIRA, L.A.J. SANTOS, W.R. BATAGLIA, O.C. Diagnose nutricional para nitrogênio e potássio em bananeira por meio do sistema integrado de diagnose e recomendação (DRIS) e de níveis críticos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.24, n.2, p.530-535, ago.2002.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Method 3050B. Acid Digestion of sediments, sludges and soils**, 1996. Disponível em: <<http://www.epa.gov/SW-846/pdfs/3050b.pdf>>, Acesso em: 02 fev. 2005.

UTINO, S., CARNEIRO, I.F., CHAVES, L.J. Crescimento e oxidação de explantes de bananeira-prata (Musa AAB) in vitro. I. Concentrações de sais de ferro, cobre e zinco, **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.23, n.2, p.225-229, ago.2001.