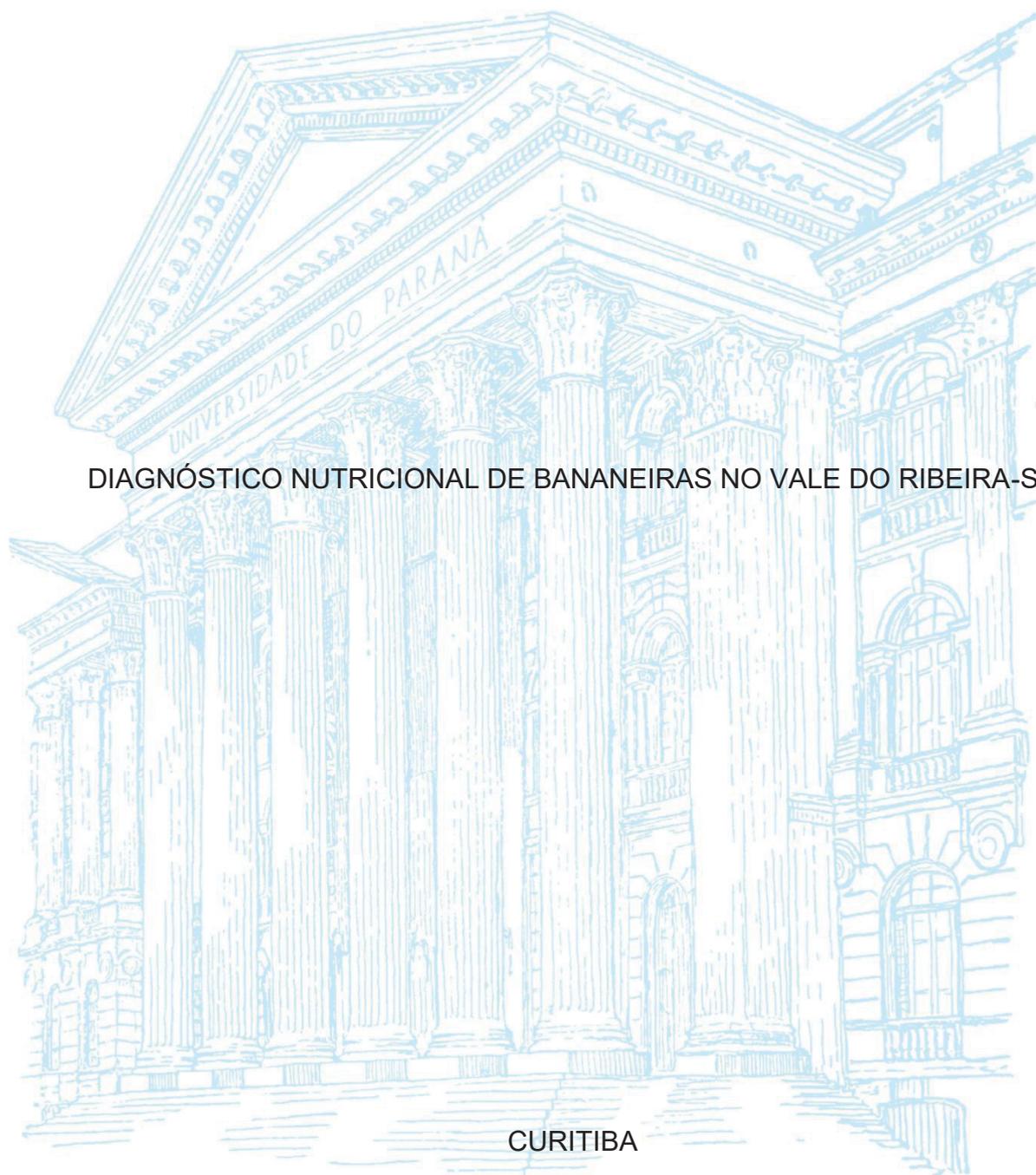


UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

CIBELLE TAMIRIS DE OLIVEIRA

DIAGNÓSTICO NUTRICIONAL DE BANANEIRAS NO VALE DO RIBEIRA-SP



CURITIBA

2022

CIBELLE TAMIRIS DE OLIVEIRA

DIAGNÓSTICO NUTRICIONAL DE BANANEIRAS NO VALE DO RIBEIRA-SP

Tese apresentada ao curso de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Ciência do Solo, Área de Concentração Solo e Ambiente.

Orientador: Prof. Dr. Danilo Eduardo Rozane

Coorientador: Dr. José Aridiano Lima de Deus

CURITIBA

2022

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO (CIP)  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
SISTEMA DE BIBLIOTECAS – BIBLIOTECA DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

Oliveira, Cibelle Tamiris de  
Diagnóstico nutricional de bananeiras no Vale do Ribeira - SP  
/ Cibelle Tamiris de Oliveira. – Curitiba, 2022.  
1 recurso online: PDF.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Paraná, Setor de  
Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Ciência do  
Solo.

Orientador: Prof. Dr. Danilo Eduardo Rozane  
Coorientador: Dr. José Aridiano Lima de Deus

1. Fertilidade do solo. 2. Análise foliar. 3. Banana. I.  
Rozane, Danilo Eduardo. II. Deus, José Aridiano Lima de. III.  
Universidade Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação  
em Ciência do Solo. IV. Título.

Bibliotecária: Telma Terezinha Stresser de Assis CRB-9/944

# TERMO DE APROVAÇÃO



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO CIÊNCIA DO SOLO -  
40001016014P4

## TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação CIÊNCIA DO SOLO da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da tese de Doutorado de **CIBELLE TAMIRIS DE OLIVEIRA** intitulada: **DIAGNÓSTICO NUTRICIONAL DE BANANEIRAS NO VALE DO RIBEIRA-SP**, sob orientação do Prof. Dr. **DANILO EDUARDO ROZANE**, que após terem inquirido a aluna e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua **APROVAÇÃO** no rito de defesa.

A outorga do título de doutora está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

CURITIBA, 25 de Agosto de 2022.

Assinatura Eletrônica

25/08/2022 16:48:54.0

DANILO EDUARDO ROZANE

Presidente da Banca Examinadora

Assinatura Eletrônica

26/08/2022 13:44:51.0

BETÂNIA VAHL DE PAULA

Avaliador Externo (UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA)

Assinatura Eletrônica

25/08/2022 15:51:24.0

ANTONIO JOÃO DE LIMA NETO

Avaliador Externo (UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE)

Assinatura Eletrônica

25/08/2022 15:30:10.0

VOLNEI PAULETTI

Avaliador Interno (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

Assinatura Eletrônica

27/08/2022 21:05:58.0

JOSÉ ARIDIANO LIMA DE DEUS

Avaliador Externo (INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO RURAL DO PARANÁ)

Rua dos Funcionários, 1540 - CURITIBA - Paraná - Brasil

CEP 80035-050 - Tel: (41) 3350-5648 - E-mail: [pgcisolo@ufpr.br](mailto:pgcisolo@ufpr.br)

Documento assinado eletronicamente de acordo com o disposto na legislação federal Decreto 8539 de 08 de outubro de 2015.

Gerado e autenticado pelo SIGA-UFPR, com a seguinte identificação única: 217722

Para autenticar este documento/assinatura, acesse <https://www.prppg.ufpr.br/siga/visitante/autenticacaoassinaturas.jsp> e insira o código 217722

*Dedico este trabalho à minha filha  
Helena que ao nascer me fez renascer  
vendo o mundo em outra perspectiva.*

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, pela graça de poder acordar todos os dias com saúde para que fosse possível o bom desenvolvimento deste trabalho;

Ao meu marido José, por incentivar meu desenvolvimento profissional e pelo apoio emocional durante esses anos de caminhada acadêmica;

A minha filha Helena, responsável por alegrar meus dias neste último ano;

Aos meus pais Edson e Lia e as minhas irmãs Juliana e Maria Eduarda, por todo carinho e apoio nas minhas escolhas;

Ao Prof. Dr. Danilo Eduardo Rozane, por acreditar no meu potencial como pesquisadora e pelos ensinamentos e conhecimentos transmitidos a mim durante o curso;

Ao Dr. José Aridiano Lima de Deus, pela orientação para o desenvolvimento deste trabalho;

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo (PPGCS), pela oportunidade de cursar o doutorado;

A Coordenação de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos;

A Universidade Federal do Paraná (UFPR), por ter sido minha segunda casa desde a graduação e por me proporcionar ter professores tão incríveis;

A todos que direta ou indiretamente contribuíram com meu desenvolvimento pessoal e profissional.

**MUITO OBRIGADA!**

## RESUMO

O Vale do Ribeira no estado de São Paulo, é uma região de grande importância na produção de banana no Brasil, sendo que boa parte dessa produção abastece, principalmente, a cidade de São Paulo e sua região metropolitana. A bananicultura na região é praticada de morros a várzeas, empregando diferentes níveis e técnicas de manejo nutricional que resultam em oscilações de produtividade e qualidade dos frutos. Assim, a utilização de um indicador do estado nutricional de bananeiras empregando a análise química foliar pode auxiliar na tomada de decisão para a aplicação racional de fertilizantes, possibilitando às plantas alcançarem seu potencial produtivo e qualidade dos frutos. Dentre os métodos disponíveis para o diagnóstico do estado nutricional das plantas o Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS) e a Diagnose da Composição Nutricional (CND) merecem destaque por utilizarem as relações bivariadas e multivariadas, respectivamente, entre os nutrientes da amostra de tecido vegetal. Apesar da análise foliar auxiliar no diagnóstico nutricional das plantas ela ainda não pode ser utilizada diretamente na recomendação de fertilizantes para as culturas. Deste modo, o presente estudo teve por objetivo diagnosticar o estado nutricional de bananeiras no Vale do Ribeira e indicar adubações de NPK para a cultura, relacionando a análise química de folha, análise química de solo e produtividade. Primeiramente, realizou-se o levantamento da fertilidade do solo e do estado nutricional das plantas, confrontando os resultados das análises químicas de solo e folha com as classes de interpretação da fertilidade do solo e faixas de suficiência de nutrientes foliares para bananeiras disponíveis na literatura. Estabeleceram-se normas nutricionais e faixas de suficiência pelos métodos DRIS e CND a partir de talhões comerciais de cultivares de bananeira Nanica. Utilizaram-se as abordagens da Linha de Fronteira (LF) e do Diagrama de Quadrantes do Relacionamento Planta-Solo (DQRps) para estabelecer relações entre a produtividade, as concentrações de matéria orgânica (MO), fósforo (P) e potássio (K) no solo e os teores de nitrogênio (N), P e K na folha e indicar doses de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O para a cultura. No geral, as concentrações de potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), ferro (Fe), manganês (Mn), cobre (Cu) e zinco (Zn) possuem maior número de amostras com concentrações altas nos solos do Vale do Ribeira, porém o mesmo não se reflete nas folhas, apresentando como nutrientes mais deficientes o K, S e Mg. Os teores ótimos e as faixas de suficiência estimadas pelos métodos DRIS e CND são semelhantes. Os índices de balanço nutricional (IBN<sub>m</sub>) e de desequilíbrio nutricional (CND-r<sup>2</sup>) não se correlacionam com a produtividade, porém os teores de K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn correlacionam-se com seus respectivos índices nutricionais. A indicação de adubação para bananeiras por meio da análise foliar resultou em doses de N e K<sub>2</sub>O abaixo das recomendadas na literatura, indicando que as doses estimadas podem estar baseadas na reposição da quantidade de nutriente extraída do solo pela planta e não na quantidade realmente disponível no solo.

Palavras-chave: *Musa spp.*; fertilidade do solo; análise foliar; CND; DRIS.

## ABSTRACT

Vale do Ribeira in the state of São Paulo is a region of great importance in the production of bananas in Brazil, and a good part of this production supplies, mainly, the city of São Paulo and its metropolitan region. Banana farming in the region is practiced from hills to floodplains, using different levels and techniques of nutritional management that result in fluctuations in productivity and fruit quality. Thus, the use of an indicator of the nutritional status of banana trees using chemical leaf analysis can help in decision-making for the rational application of fertilizers, allowing the plants to reach their productive potential and fruit quality. Among the available methods for diagnosing the nutritional status of plants, the Integrated Diagnosis and Recommendation System (DRIS) and the Nutritional Composition Diagnosis (CND) are noteworthy for using the bivariate and multivariate relationships, respectively, between the nutrients in the tissue sample. vegetable. Although leaf analysis helps in the nutritional diagnosis of plants, it still cannot be used directly in recommending fertilizers for crops. Thus, the present study aimed to diagnose the nutritional status of banana trees in Vale do Ribeira and indicate NPK fertilization for the crop, relating the chemical analysis of the leaf, chemical analysis of the soil and productivity. First, a survey of soil fertility and nutritional status of plants was carried out, comparing the results of chemical analyzes of soil and leaves with the interpretation classes of soil fertility and leaf nutrient sufficiency trails for banana trees available in the literature. Nutritional norms and sufficiency ranges were established using the DRIS and CND methods from commercial plots of Nanica banana cultivars. Using the Frontier Line (LF) and the Plant-Soil Relationship Quadrant Diagram (DQRps) approaches to establish relationships between productivity, concentrations of organic matter (OM), phosphorus (P) and potassium (K) in the soil and the contents of particles (N), P, and K in the leaf and indicate doses of N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and K<sub>2</sub>O for the culture. In general, concentrations of potassium (K), calcium (Ca), magnesium (Mg), sulfur (S), iron (Fe), manganese (Mn), copper (Cu) and zinc (Zn) have the highest number of samples with high concentrations in the soils of Vale do Ribeira, but the same is not reflected in the leaves, presenting K, S and Mg as the most deficient nutrients. The excellent grades and the sufficiency ranges estimated by the DRIS, and CND methods are similar. The nutritional balance (IBN<sub>m</sub>) and nutritional imbalance (CND-r<sup>2</sup>) indices do not correlate with productivity, but the K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn, and Zn contents correlate with their respective nutritional indices. The indication of fertilization for banana trees through leaf analysis resulted in doses of N and K<sub>2</sub>O below those recommended in the literature, indicating that the predicted doses can be supplied in the replacement of the amount of nutrient extracted from the soil by the plant and not in the amount actually available in the soil.

Keywords: *Musa spp.*; soil fertility; leaf analysis; CND; DRIS

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 2.1 – LOCALIZAÇÃO DA REGIÃO DO VALE DO RIBEIRA E DOS MUNICÍPIOS DE CAJATI, ELDORADO, JACUPIRANGA, PARIQUERA-AÇÚ, REGISTRO E SETE BARRAS.....	23
FIGURA 2.2 – PROCEDIMENTO PARA COLETA DA AMOSTRA FOLIAR EM BANANEIRA. ....	24
FIGURA 2.3 – FREQUÊNCIA RELATIVA (%) DE TALHÕES COMERCIAIS DE BANANA COM TEORES FOLIARES DE NUTRIENTES COMO ‘DEFICIENTE’, ‘ADEQUADO’ E EM ‘EXCESSO’, NO VALE DO RIBEIRA – SP.....	35
FIGURA 3.1 – DADOS CLIMÁTICOS DA REGIÃO DO VALE DO RIBEIRA ENTRE OS ANOS DE 2015 E 2020.....	43
FIGURA 3.2 – PROCEDIMENTO PARA COLETA DA AMOSTRA FOLIAR EM BANANEIRA. ....	43
FIGURA 3.3 – RELACIONAMENTO ENTRE A PRODUTIVIDADE E O ÍNDICE DE BALANÇO NUTRICIONAL MÉDIO ( $IBN_m$ ) DE TALHÕES DE BANANEIRAS NANICA NO VALE DO RIBEIRA – SP. ....	53
FIGURA 3.4 – PONTO DE INFLEXÃO OBTIDO NA RELAÇÃO ENTRE A FUNÇÃO CUMULATIVA E A PRODUTIVIDADE EM TALHÕES COMERCIAIS DE BANANEIRAS NANICA NO VALE DO RIBEIRA – SP. ....	56
FIGURA 3.5 – RELACIONAMENTO ENTRE O ÍNDICE DE DESEQUILÍBRIO NUTRICIONAL ( $CND-r^2$ ) E DISTÂNCIA DE MAHALANOBIS ( $D^2$ ) DA POPULAÇÃO DE ALTA PRODUTIVIDADE. ....	58
FIGURA 3.6 – RELACIONAMENTO ENTRE A PRODUTIVIDADE E O ÍNDICE DE DESEQUILÍBRIO NUTRICIONAL ( $CND-r^2$ ) DE TALHÕES COMERCIAIS DE BANANEIRAS NANICA NO VALE DO RIBEIRA – SP.....	59

FIGURA 4.1 – DADOS CLIMÁTICOS DA REGIÃO DO VALE DO RIBEIRA ENTRE OS ANOS DE 2015 E 2020.....	70
FIGURA 4.2 – PROCEDIMENTO PARA COLETA DA AMOSTRA FOLIAR EM BANANEIRA. ....	71
FIGURA 4.3 – LINHA DE FRONTEIRA SUPERIOR (LFS) DA PRODUTIVIDADE EM FUNÇÃO DAS CONCENTRAÇÕES DE MO, P E K NO SOLO.....	76
FIGURA 4.4 – TEORES DE N, P E K EM FOLHAS DE BANANEIRAS NANICA EM FUNÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE MO, P E K NO SOLO, OBTIDOS PELO MÉTODO DE DIAGRAMA DE QUADRANTES DO RELACIONAMENTO PLANTA-SOLO (DQRps).....	78

## LISTA DE TABELAS

TABELA 2.1 – CLASSES DE INTERPRETAÇÃO DOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO INDICADOS PARA OS ESTADOS DE SÃO PAULO E PARANÁ. ....	26
TABELA 2.2 – FAIXAS DE REFERÊNCIA PARA INTERPRETAÇÃO DOS TEORES FOLIARES DE BANANEIRAS INDICADAS PARA OS ESTADOS DE SÃO PAULO E PARANÁ. ....	26
TABELA 2.3 – VALORES MÁXIMO, MÍNIMO, MÉDIA, COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (CV) E INTERVALO DE CONFIANÇA (IC) DOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO DE BANANAIS COMERCIAIS NO VALE DO RIBEIRA – SP. ....	29
TABELA 2.4 – VALORES MÁXIMO, MÍNIMO, MÉDIA, COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (CV) E INTERVALO DE CONFIANÇA (IC) DOS NUTRIENTES NO TECIDO FOLIAR DE BANANAIS COMERCIAIS NO VALE DO RIBEIRA – SP. ....	35
TABELA 3.1 – CRITÉRIOS PARA INTERPRETAÇÃO DOS ÍNDICES DRIS PELO MÉTODO DO POTENCIAL DE RESPOSTA À ADUBAÇÃO (PRA). .	45
TABELA 3.2 – VALORES DOS ATRIBUTOS DA FERTILIDADE DOS SOLOS NOS TALHÕES COMERCIAIS DE BANANEIRAS NANICA, NO VALE DO RIBEIRA – SP. ....	49
TABELA 3.3 – VALORES MÍNIMO, MÁXIMO, MÉDIA, DESVIO-PADRÃO E COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (CV) DA PRODUTIVIDADE E DOS TEORES FOLIARES DE NUTRIENTES EM TALHÕES COMERCIAIS DE BANANEIRAS NANICA NO VALE DO RIBEIRA – SP. ....	50
TABELA 3.4 – VALORES MÍNIMO, MÁXIMO, MÉDIA, DESVIO-PADRÃO E COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (CV) DOS TEORES DE NUTRIENTES E DA PRODUTIVIDADE OBTIDOS DE TALHÕES DE ALTA E BAIXA PRODUTIVIDADE DE BANANEIRAS NANICA NO VALE DO RIBEIRA – SP. ....	51

TABELA 3.5 – MÉDIA ( $\bar{x}$ ) E DESVIO-PADRÃO ( $\sigma$ ) (NORMAS DRIS) DAS RELAÇÕES DUAIS LOGARÍTMICAS ENTRE OS TEORES NUTRICIONAIS OBTIDAS DE TALHÕES DE ALTA PRODUTIVIDADE (N = 126) DE BANANEIRAS NANICA NO VALE DO RIBEIRA – SP.....	52
TABELA 3.6 – MODELOS ESTATÍSTICOS OBTIDOS ENTRE OS TEORES DE NUTRIENTES E SEUS RESPECTIVOS ÍNDICES DRIS NAS AMOSTRAS FOLIARES DE BANANEIRAS NANICA NO VALE DO RIBEIRA – SP.....	53
TABELA 3.7 – PORCENTAGENS DE OBSERVAÇÕES DOS NUTRIENTES CONSIDERANDO AS CINCO CLASSES DO POTENCIAL DE RESPOSTA À ADUBAÇÃO (PRA) PARA AS SUBPOPULAÇÕES DE ALTA E BAIXA PRODUTIVIDADE, PARA BANANEIRAS NANICA NO VALE DO RIBEIRA – SP.....	54
TABELA 3.8 – FREQUÊNCIAS DOS NUTRIENTES CONSIDERANDO AS CINCO CLASSES DO POTENCIAL DE RESPOSTA À ADUBAÇÃO (PRA) E VALORES DE QUI-QUADRADO ( $\chi^2$ ) PARA AS SUBPOPULAÇÕES DE ALTA E BAIXA PRODUTIVIDADE DE BANANEIRAS NANICA NO VALE DO RIBEIRA – SP.....	55
TABELA 3.9 – VALORES MÍNIMO, MÁXIMO, MÉDIA, DESVIO-PADRÃO E COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (CV) DOS TEORES FOLIARES DE NUTRIENTES E DA PRODUTIVIDADE OBTIDOS DE TALHÕES DE ALTA E BAIXA PRODUTIVIDADE DE BANANEIRAS NANICA NO VALE DO RIBEIRA – SP.....	57
TABELA 3.10 – MÉDIA E DESVIO-PADRÃO DAS VARIÁVEIS MULTINUTRIENTES (NORMAS CND) OBTIDAS DE TALHÕES DE ALTA PRODUTIVIDADE DE BANANEIRAS NANICA NO VALE DO RIBEIRA – SP.....	57
TABELA 3.11 – MODELOS ESTATÍSTICOS OBTIDOS ENTRE OS TEORES FOLIARES DE NUTRIENTES E SEUS RESPECTIVOS ÍNDICES	

CND NAS AMOSTRAS FOLIARES DE BANANEIRAS NANICA NO VALE DO RIBEIRA – SP.....	59
TABELA 3.12 – TEORES FOLIARES ADEQUADOS E FAIXAS DE SUFICIÊNCIA DE NUTRIENTES OBTIDAS PELAS METODOLOGIAS DRIS E CND PARA BANANEIRAS NANICA NO VALE DO RIBEIRA – SP.....	60
TABELA 3.13 – FAIXAS DE TEORES FOLIARES DE NUTRIENTES CONSIDERADAS ADEQUADAS PARA BANANEIRA, DE ACORDO COM A LITERATURA. ....	61
TABELA 4.1 – CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DE SOLOS NA CAMADA 0,0-0,20 M DE PROFUNDIDADE E TEORES FOLIARES DE NITROGÊNIO (N), FÓSFORO (P) E POTÁSSIO (K) AMOSTRADOS EM CINCO DIFERENTES ÁREAS DE PRODUÇÃO COMERCIAL DE BANANEIRAS NANICA NO VALE DO RIBEIRA – SP. ....	74
TABELA 4.2 – TAXA DE RECUPERAÇÃO DOS EXTRATORES PARA FÓSFORO (P) E POTÁSSIO (K). ....	74
TABELA 4.3 – VALOR MÍNIMO, MÁXIMO, AMPLITUDE, MÉDIA E COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (CV) DA PRODUTIVIDADE, DOS TEORES DE NITROGÊNIO (N), FÓSFORO (P) E POTÁSSIO (K) FOLIAR E DAS CONCENTRAÇÕES DE MATÉRIA ORGÂNICA (MO), FÓSFORO (P) E POTÁSSIO (K) NO SOLO DOS 148 TALHÕES DE BANANEIRAS NANICA NO VALE DO RIBEIRA – SP. ....	75
TABELA 4.4 – CRITÉRIOS ESTABELECIDOS PELO MÉTODO DIAGRAMA DE QUADRANTES DO RELACIONAMENTO PLANTA-SOLO (DQRps) PARA CLASSIFICAÇÃO DOS TALHÕES.....	78
TABELA 4.5 – NÚMERO DE TALHÕES IDENTIFICADOS NOS QUADRANTES I, II, III E IV CONFORME CRITÉRIOS ESTABELECIDOS PELO DIAGRAMA DE QUADRANTES DO RELACIONAMENTO PLANTA-SOLO (DQRps), CONSIDERANDO AVALIAÇÃO DE 148 TALHÕES COMERCIAIS DE BANANEIRAS NANICA NO VALE DO RIBEIRA – SP.....	79

TABELA 4.6 – CONCENTRAÇÕES DE MATÉRIA ORGÂNICA (MO), FÓSFORO (P) E POTÁSSIO (K) ESTIMADAS A PARTIR DO TEOR FOLIAR DE N, P E K PELO MÉTODO DO DIAGRAMA DE QUADRANTES DO RELACIONAMENTO PLANTA-SOLO (DQR<sub>ps</sub>) E NÍVEIS CRÍTICOS ( $NC_{nut}$ ) ESTIMADOS PELO MÉTODO DA LINHA DE FRONTEIRA (LF), PARA BANANEIRAS NANICA NO VALE DO RIBEIRA – SP. ...80

TABELA 4.7 – DOSES INDICADAS DE N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O, COM BASE NOS TEORES FOLIARES DE BANANEIRAS NANICA NO VALE DO RIBEIRA – SP. ....80

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>16</b>
<b>2 CAPÍTULO I: PARÂMETROS NUTRICIONAIS LIMITANTES AO DESENVOLVIMENTO DE BANANEIRAS NO VALE DO RIBEIRA – SP.....</b>	<b>21</b>
2.1 RESUMO .....	21
2.2 ABSTRACT .....	21
2.3 INTRODUÇÃO .....	22
2.4 MATERIAL E MÉTODOS.....	23
2.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	26
2.5.1 Diagnóstico da fertilidade do solo nos pomares comerciais de banana .....	26
2.5.2 Diagnóstico do estado nutricional das bananeiras.....	30
2.6 CONCLUSÕES.....	36
2.7 REFERÊNCIAS.....	37
<b>3 CAPÍTULO II: NORMAS DRIS E CND PARA BANANEIRAS NANICA NO VALE DO RIBEIRA-SP .....</b>	<b>40</b>
3.1 RESUMO .....	40
3.2 ABSTRACT .....	40
3.3 INTRODUÇÃO .....	41
3.4 MATERIAL E MÉTODOS.....	42
3.4.1 Local do estudo e banco de dados.....	42
3.4.2 Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação – DRIS .....	44
3.4.3 Diagnóstico da Composição Nutricional – CND.....	46
3.4.4 Estabelecimento dos níveis ótimos e faixas de suficiência.....	48
3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	48

3.5.1	Análise descritiva dos dados .....	48
3.5.2	Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação – DRIS .....	50
3.5.3	Potencial de Resposta a Adubação (PRA) .....	54
3.5.4	Diagnóstico da Composição Nutricional – CND.....	55
3.5.5	Faixas de suficiência foliar de nutrientes para bananeiras Nanica .....	60
3.6	CONCLUSÕES .....	61
3.7	REFERÊNCIAS.....	62
<b>4</b>	<b>CAPÍTULO 3: INDICAÇÃO DE ADUBAÇÃO PARA BANANEIRAS NANICA UTILIZANDO A ANÁLISE FOLIAR.....</b>	<b>67</b>
4.1	RESUMO .....	67
4.2	ABSTRACT .....	67
4.3	INTRODUÇÃO .....	68
4.4	MATERIAL E MÉTODOS.....	69
4.4.1	Local do estudo e banco de dados.....	69
4.4.2	Estabelecimento das relações entre produtividade, análise de solo e análise foliar.....	72
4.4.3	Indicação de adubação de N, P e K .....	73
4.5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	75
4.5.1	Análise descritiva dos dados .....	75
4.5.2	Estabelecimento das relações entre produtividade, análise de solo e análise foliar .....	75
4.5.3	Indicação de doses de nitrogênio, fósforo e potássio .....	79
4.6	CONCLUSÕES .....	82
4.7	REFERÊNCIAS.....	83
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO GERAL.....</b>	<b>88</b>

<b>6 REFERÊNCIAS .....</b>	<b>89</b>
----------------------------	-----------

## 1 INTRODUÇÃO

A bananeira (*Musa spp.*), é uma planta monocotiledônea, herbácea pertencente à família *Musaceae*, que requer para seu bom crescimento e desenvolvimento, um manejo nutricional adequado, alta temperatura, umidade e boa precipitação (BORGES e SOUZA, 2004). A fruta apresenta grande importância social e econômica em muitos países, sendo a mais produzida no mundo (119,8 milhões de toneladas) (FAO, 2020).

O Brasil é quarto maior produtor mundial de banana, ficando atrás apenas da Índia, China e Indonésia, com produção estimada de 6,6 milhões de toneladas e 455 mil hectares de área cultivada (FAO, 2020). O Estado de São Paulo concentra uma das maiores produções brasileira da fruta, correspondendo a 18 % (1,2 milhões de toneladas) do total produzido no país (IBGE, 2020). No estado, a região do Vale do Ribeira contribui com 60% (726 mil toneladas) da produção da fruta (IEA, 2021), sendo uma das maiores e mais importantes regiões produtoras de banana do Brasil.

A produção de banana no Vale do Ribeira está estabelecida em pomares comerciais que vão desde áreas de morros a várzeas, sendo que as condições climáticas da região favorecem o cultivo da fruta. Outro fator importante que impulsiona a bananicultura no Vale do Ribeira é sua proximidade com o principal mercado consumidor do país, a Grande São Paulo. Contudo, apesar da evolução da bananicultura brasileira nas últimas décadas, as técnicas de manejo empregadas nos pomares comerciais da região são muito distintas e, muitas vezes, precárias (subutilização de ferramentas consagradas, como análise de solo e folha, que apresentam baixo custo e alto potencial de retorno econômico), resultando assim em oscilações de produtividade e na qualidade dos frutos que vão para o mercado, competindo, muitas vezes, com as frutas provenientes de outras regiões do país.

A bananeira demanda expressivo e constante aporte de nutrientes para seu desenvolvimento e produção, sendo o potássio (K) e o nitrogênio (N) os nutrientes mais requeridos pela cultura (HOFFMANN et al., 2010; DEUS et al., 2020). Esses nutrientes estão diretamente relacionados com o desenvolvimento vegetativo, produção e qualidade dos frutos, variando a quantidade extraída em função da variedade, do metabolismo, do estágio fenológico e da idade das plantas (COSTA et al., 2019).

A bananeira é sensível ao desequilíbrio nutricional, o qual pode ocasionar desordens em seu metabolismo. Deste modo, para alcançar elevadas produtividades se faz necessário identificar o(s) nutriente(s) limitante(s) ao crescimento, desenvolvimento e produção da cultura e fornecê-los em quantidades e proporções adequadas (SILVA et al., 2007; DEUS et al., 2018a; LIMA NETO et al., 2020a; LIMA NETO et al., 2022).

Em geral, o fornecimento desses nutrientes é feito com base nos resultados das análises químicas do solo, porém as concentrações indicadas nessas análises não representam o que necessariamente é absorvido e metabolizado pela planta, devido a interferência de fatores bióticos e abióticos, os quais não são considerados nas tabelas de adubação (DEUS et al., 2018c; NATALE e ROZANE, 2018).

Em contrapartida, a avaliação do estado nutricional, torna-se uma ferramenta chave para adequar o suprimento de nutrientes à planta, buscando maximizar a produtividade ao máximo retorno econômico, a partir da utilização racional dos fertilizantes. Esta é, comumente, realizada a partir da análise química da amostra do tecido foliar, e as vantagens de sua utilização se deve ao fato da folha ser considerada o centro das atividades fisiológicas da planta e, em geral, refletem o estado nutricional da planta (ROZANE et al., 2016a). Ressalta-se que a análise foliar deve ser realizada em conjunto com a análise de solo, tornando-se uma ferramenta útil não somente no diagnóstico do estado nutricional, mas também no auxílio às decisões de aplicação de fertilizantes, a fim de melhorar a nutrição da planta (BHADURI e PAL, 2013).

Para interpretação dos resultados da análise química foliar é necessário confrontar os teores dos nutrientes nas folhas com valores de referência, obtidos de talhões altamente produtivos. Nesse sentido, diversos métodos foram desenvolvidos ao longo dos anos para auxiliar na definição desses valores, destacando-se os univariados, como o Nível Crítico (NC) e a Faixa da Suficiência (FS). Contudo, a utilização destes métodos, além de despender muito tempo e dinheiro na condução de experimentos para sua calibração, se restringe apenas a locais com condições ambientais e de manejo similares àqueles que seus resultados foram determinados (FAGERIA et al., 2009; DIAS et al., 2010)

Para solucionar estas limitações, outros métodos disponíveis na literatura possibilitam obter valores de referência dos nutrientes para as culturas a partir da análise foliar e de produtividade de talhões comerciais. À exemplo, pode-se

destacar o método bivariado, Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação – DRIS (BEAUFILS, 1973), e o multivariado, Diagnose da Composição Nutricional – CND (PARENT e DAFIR, 1992).

Todavia, segundo Holland (1966) a consistência da interpretação das análises do tecido foliar aumenta quando a relação multivariada entre os nutrientes é empregada, abrangendo assim toda a estrutura de variação da composição nutricional do tecido. Em razão disso, Parent e Dafir (1992) propuseram a utilização de um método que está ganhando espaço atualmente e que engloba a relação multivariada entre os nutrientes, a Diagnose da Composição Nutricional (CND). Este método utiliza a transformação da razão log-centralizada, indicada nos estudos de Aitchison (1986) e empregada nas análises de dados composicionais, como os teores de nutrientes. O CND considera como forma de expressão do equilíbrio nutricional as relações entre o teor de um nutriente e a média geométrica dos teores dos demais componentes da matéria seca, incluindo aqueles não determinados analiticamente (PARENT e DAFIR, 1992; EGOZCUE e PAWLOWSKY-GLAHN, 2005).

O CND é uma evolução do DRIS, desde a formação do banco de dados a partir de lavouras comerciais até a similaridade no desempenho da avaliação do estado nutricional da planta (POLITI et al., 2013; PARTELLI et al., 2014; GOTT et al., 2017). Todavia, o método CND apresenta vantagens sobre o DRIS, como: a geração de um fator de correção para qualquer nutriente, colocando todos os elementos essenciais em análise; possibilidade de atribuir às carências e aos excessos o mesmo peso no desbalanço, podendo ser detectado pela distância de Mahalanobis (PARENT et al., 2009), permitindo definir a contribuição de cada nutriente na composição nutricional da matéria seca; o método possui um único desvio-padrão e possibilita a identificação e a exclusão de *outliers*, aumentando a confiabilidade na interpretação dos resultados (PARENT et al., 2009; PARENT et al., 2013a, PARENT et al., 2013b).

O método CND já foi empregado para algumas frutíferas como goiaba (ROZANE et al., 2012; ROZANE et al., 2013a), manga (ROZANE et al., 2013b; PARENT et al., 2013b, ALI, 2018), uva (ROZANE et al., 2015; ROZANE et al., 2020), atemoia (ROZANE et al., 2016b), laranja (DIAS et al., 2017; TADAYON e SADEGHI, 2022), citros (YAMANE et al., 2017) e banana (DEUS et al., 2018b; LIMA NETO et al., 2022). Contudo, o emprego de normas específicas geradas pelos métodos de

interpretação de análise foliar, considerando cada localidade e/ou cultivar, proporciona maior acurácia no diagnóstico do estado nutricional das plantas e menor variabilidade nos resultados obtidos (ROZANE et al., 2016; ROZANE et al., 2020), contribuindo com o uso racional de insumos e maior alcance do potencial produtivo das culturas (PARTELLI et al., 2014; LIMA NETO et al., 2022).

Embora a análise foliar seja uma ferramenta de sucesso utilizada no diagnóstico nutricional de plantas e, que pode auxiliar na tomada de decisão das adubações, sua utilização de forma direta para recomendação de adubos ainda é limitada (NATALE e ROZANE, 2018). No entanto, é possível observar êxito em alguns trabalhos na utilização da análise foliar como variável de ajuste para recomendação de doses de nutrientes (DEUS et al., 2018c; SOUSA et al., 2018; LIMA NETO et al., 2020b). Estes trabalhos integram os métodos Linha de Fronteira (LF) e Diagrama de Quadrantes do Relacionamento Planta-Solo (DQRps) para desenvolvimento de uma ferramenta para a recomendação de doses de nutrientes relacionando a análise foliar, análise de solo e produtividade da planta.

A abordagem da LF, proposta inicialmente por Webb (1972), considera que a linha que define o melhor desempenho na população encontra-se na borda de qualquer corpo de dados e ocorre sempre que existe uma relação causa-efeito entre duas variáveis. Esta linha representa o efeito limitante da variável analisada, considerada como independente (eixo x) sobre a variável dependente (eixo y), podendo-se assumir que os demais pontos abaixo da LF são explicados por outros fatores ou a interação destes que, porventura, estejam limitando a variável dependente.

O método do DQRps consiste em representar graficamente os dados em um sistema de coordenadas cartesiano, variável dependente (y) em função da variável independente (x), e separar em um diagrama de quatro quadrantes (I, II, III e IV) os conjuntos de pontos (x, y). Fazendo-se uso apenas dos quadrantes I e III, que são aqueles que apresentam resposta positiva da variável y em relação a x, ajusta-se o modelo que melhor representa a função (DEUS et al., 2018c; SOUSA et al., 2018; LIMA NETO et al., 2020b).

Assim sendo, a utilização direta da análise foliar como meio de aprimoramento da recomendação de adubação para a cultura da banana, poderá se tornar uma ferramenta importante, por considerar por meio das abordagens da LF e

DQRps o relacionamento direto entre a produtividade e as análises químicas de solo e folha.

O presente estudo teve como objetivo geral diagnosticar nutricionalmente pomares comerciais de produção de bananeiras Nanica, na maior região produtora do estado de São Paulo, o Vale do Ribeira – SP, bem como indicar recomendações de nutrientes baseadas na análise de tecidos foliares.

## 2 CAPÍTULO I: PARÂMETROS NUTRICIONAIS LIMITANTES AO DESENVOLVIMENTO DE BANANEIRAS NO VALE DO RIBEIRA – SP

### 2.1 RESUMO

O Vale do Ribeira é uma das maiores regiões produtoras de banana do Brasil. No entanto, as informações sobre a situação da fertilidade do solo e do estado nutricional dos pomares ainda são escassas, o que pode limitar a produção da fruta na região. O estudo objetivou diagnosticar os nutrientes mais limitantes para a bananeira, no Vale do Ribeira – SP, a partir de laudos de análises químicas de solo e folha. Os dados compreenderam amostragens realizadas em pomares comerciais nos municípios de Eldorado, Cajati, Jacupiranga, Pariquera-açú, Registro e Sete Barras entre 2012 e 2020. Os resultados das análises químicas de solo (pH, V, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn) e de folha (N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn) foram interpretados de acordo com valores disponíveis na literatura e calculados seus valores máximos, mínimos, médias, coeficientes de variação (CV) e intervalos de confiança (IC) a  $p < 0,05$ . As classes de interpretação dos atributos foram avaliadas de acordo com sua distribuição de frequência. Grande parte das amostras apresentaram valores de pH e V % próximos ao indicado para a bananeira. As concentrações de nutrientes no solo, em média, foram consideradas altas, no entanto, para K, Mg e S a concentração no solo não refletiu em adequada nutrição para a bananeira, sendo esses interpretados como deficientes na planta.

Palavras-chave: *Musa spp.*; fertilidade do solo; análise de solo; análise de folha.

### 2.2 ABSTRACT

Vale do Ribeira is one of the largest bananas producing regions in Brazil. However, information on soil fertility and the nutritional status of orchards is still scarce, which may limit fruit production in the region. The study aimed to diagnose the most limiting nutrients for banana, in Vale do Ribeira - SP, based on reports of chemical analysis of soil and leaf. The data comprised samplings carried out in commercial orchards in the municipalities of Eldorado, Cajati, Jacupiranga, Pariquera-açú, Registro and Sete Barras between 2012 and 2020. The results of soil chemical analyzes (pH, V, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn, and Zn) and leaf (N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn and Zn) were interpreted according to values available in the literature and their values were calculated. maximum and minimum values, means, coefficients of variation (CV) and confidence intervals (CI) at  $p < 0.05$ . The attribute interpretation classes were evaluated according to their frequency distribution. Most of the samples presented values of pH and V % close to those indicated for the banana tree. The concentrations of nutrients in the soil, on average, were considered high, however, for K, Mg and S the concentration in the soil did not reflect in adequate nutrition for the banana tree, being these interpreted as deficient in the plant.

Keywords: *Musa spp.*; soil fertility; soil analysis; leaf analysis.

### 2.3 INTRODUÇÃO

A bananeira é uma planta de rápido crescimento, que requer expressivas quantidades de nutrientes, principalmente potássio (K) e nitrogênio (N) para seu adequado crescimento (HOFFMANN et al., 2010; MELO et al., 2010; DEUS et al., 2020). Em geral, o suprimento de nutrientes para a cultura é realizado com base na análise química do solo e em tabelas de adubação, contudo, apesar de ser uma ferramenta consagrada na agricultura (ROZANE et al., 2011), a análise de solo não leva em consideração fatores bióticos e abióticos envolvidos na absorção de nutrientes (ROZANE et al., 2016). Assim, faz-se necessária a utilização da análise de tecido vegetal, em complemento a análise de solo, principalmente para as frutíferas, pois além de explorarem a camada mais profunda que a arável, elas também adquirem certa estabilidade na maturidade fisiológica (MARSCHNER, 1995).

Na análise do tecido vegetal, o principal órgão utilizado é a folha, pois é o local em que ocorre a maior produção de fotoassimilados e para onde se dirige o maior fluxo de nutrientes absorvidos pela planta (LANA et al., 2010). Deste modo, nenhum outro método consegue refletir melhor o que realmente está sendo absorvido, do que a própria planta (MALAVOLTA et al., 1997).

O levantamento dos teores foliares em pomares de uma região possibilita identificar carências ou excessos de nutrientes, direcionando pesquisas de forma a melhorar o manejo da adubação adotado nas áreas (SILVA e RODRIGUES, 2001; GUIMARÃES e DEUS, 2021). Na literatura, os trabalhos costumam comparar a concentração de nutrientes disponíveis no solo ou o teor na folha com valores tabelados (SILVA e RODRIGUES, 2001; SANTANA et al., 2007; TEIXEIRA et al., 2008; ROZANE et al., 2016), mas não os analisam em conjunto, restringindo-se a avaliações individualizadas.

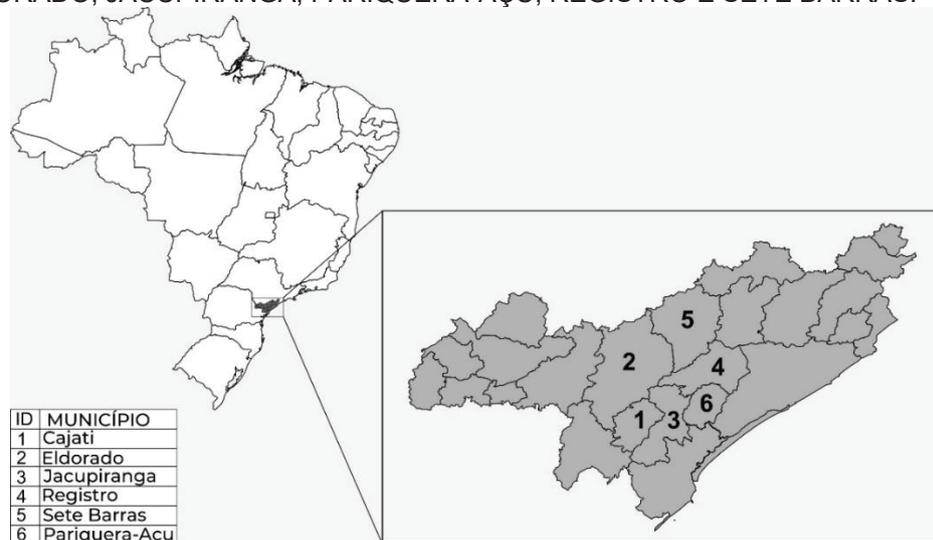
Realizar o levantamento da fertilidade do solo e do estado nutricional em bananais, por meio de análises químicas obtidas de pomares comerciais e confrontá-los com a literatura permitirá verificar quais nutrientes são limitantes à produtividade da cultura na região, sob as atuais bases de produção. Além disso pode, de forma indireta, esclarecer como a fertilidade do solo está afetando o estado nutricional da planta. Desse modo, o objetivo do trabalho foi diagnosticar a fertilidade

do solo e o estado nutricional de pomares comerciais de bananeiras variedades Nanica e Prata, localizados na maior região produtora da fruta no Brasil, o Vale do Ribeira – SP.

## 2.4 MATERIAL E MÉTODOS

O levantamento da fertilidade do solo e do estado nutricional de bananeiras foi realizado a partir de laudos de análises químicas de solo e folha de pomares comerciais de bananeiras ‘Nanica’ e ‘Prata’, localizados nos municípios de Cajati, Eldorado, Jacupiranga, Pariquera-açu, Registro e Sete Barras, região do Vale do Ribeira, estado de São Paulo (FIGURA 2.1). O clima na região, de acordo com o Sistema de Classificação de Köppen, é Af – tropical úmido sem estação seca, com temperatura média, mínima e máxima anual de 23,8 °C, 17,3 °C e 30,3 °C, respectivamente, e precipitação média anual de 1.500 mm (ALVARES et al., 2013).

FIGURA 2.1 – LOCALIZAÇÃO DA REGIÃO DO VALE DO RIBEIRA E DOS MUNICÍPIOS DE CAJATI, ELDORADO, JACUPIRANGA, PARIQUERA-AÇU, REGISTRO E SETE BARRAS.



FONTE: A autora (2022).

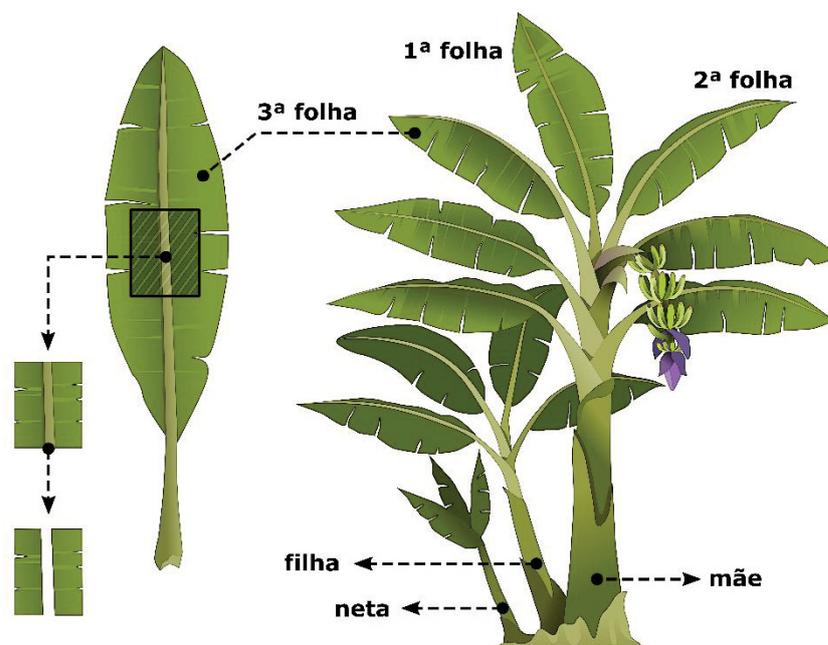
O banco de dados era composto por 2549 laudos de análises químicas de solo e 2519 laudos de análises químicas de folha, realizadas entre os anos de 2012 e 2020 por laboratórios comerciais que possuem selos de controle de qualidade sob as bases analíticas do estado de São Paulo (RAIJ et al., 2001).

As amostras de solo foram coletadas na região de adubação da bananeira, que compreende uma faixa com cerca de um metro de largura, em frente a brotação

lateral mais jovem a uma distância aproximada de 40 cm do pseudocaule (NATALE e ROZANE, 2018; GUIMARÃES et al., 2020), na camada 0,0 – 0,20 m. As amostragens foliares seguiram o Método de Amostragem Internacional de Referência – MEIR (MARTIN-PRÉVEL, 1984) sendo coletada a terceira folha (f3) a partir do ápice, na época em que a inflorescência apresentava todas as pencas femininas sem brácteas e com duas ou três pencas masculinas abertas, retirando uma faixa central com largura de 10 cm e eliminando a nervura central e as metades periféricas (FIGURA 2.2).

Os atributos químicos do solo analisados foram pH, saturação por bases (V), fósforo (P), potássio (K<sup>+</sup>), cálcio (Ca<sup>2+</sup>), magnésio (Mg<sup>2+</sup>), enxofre (S-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>), boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn). As extrações e determinações seguiram a metodologia proposta por Raji et al. (2001): pH em cloreto de cálcio; P, K, Ca e Mg em resina trocadora de íons; S-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> extraído turbidimetricamente com fosfato de cálcio; B via água quente; Cu, Fe, Mn e Zn em DTPA a pH 7,3.

FIGURA 2.2 – PROCEDIMENTO PARA COLETA DA AMOSTRA FOLIAR EM BANANEIRA.



FONTE: Adaptado de Borges e Silva (2012).

Os nutrientes foliares foram determinados seguindo a metodologia proposta por Bataglia et al. (1989). O N foi extraído via ácido sulfúrico; P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn e Zn via digestão nitroperclórica; e B por via seca.

Os resultados das análises químicas do solo foram classificados de acordo com as classes de interpretação (TABELA 2.1), indicadas para os Estados de São Paulo (CANTARELLA et al., 2022) e do Paraná (PAULETTI e MOTTA, 2019). O P (extraído por resina em São Paulo) e o Fe foram interpretados apenas para São Paulo, pois no Paraná o P é extraído por Mehlich-1 e para Fe não há indicação de faixas de interpretação. A interpretação de Ca para São Paulo seguiu os valores indicados em Raij et al. (1997).

Os teores de nutrientes nas folhas de bananeira foram interpretados com base nas faixas de referência estabelecidas para a cultura em São Paulo (CANTARELLA et al., 2022) e no Paraná (PAULETTI e MOTTA, 2019). A interpretação do S para São Paulo foi realizada com base na faixa de referência indicada em Raij et al. (1997). Os valores que se encontravam dentro da faixa de referência foram denominados 'adequado' e aqueles que estavam abaixo ou acima dessa faixa foram denominados 'deficiente' e 'excesso', respectivamente (TABELA 2.2). Em razão das interpretações das análises foliares, indicadas nos estados de São Paulo e Paraná, não serem específicas para cultivares de banana, optou-se por trabalhar com os dados sem distinção de cultivar.

Os dados das análises químicas de solo e folha foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk ( $p > 0,05$ ), o qual indicou que todas as variáveis atendiam ao pressuposto. Calcularam-se os valores máximos, mínimos, médias, coeficientes de variação (CV) e intervalos de confiança (IC), a  $p < 0,05$ , dos parâmetros estudados. Os resultados das interpretações foram apresentados em frequência relativa (%), através de gráficos de barras verticais.

TABELA 2.1 – CLASSES DE INTERPRETAÇÃO DOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO INDICADOS PARA OS ESTADOS DE SÃO PAULO E PARANÁ.

Classes de Interpretação	pH	V	P	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>
	CaCl <sub>2</sub>	%	mg dm <sup>-3</sup>	----- mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----		mg dm <sup>-3</sup>
São Paulo						
Muito Baixo	< 4,4	< 25	< 5,0	-	-	-
Baixo	4,4-5,0	25-50	5,0-15,0	< 1,6	< 3,0	< 5,0
Médio	5,1-5,5	50-70	16,0-40,0	1,6 – 3,0	4,0 – 7,0	5,0 – 8,0
Alto	5,6-6,0	70-90	41,0-60,0	3,1 – 6,0	> 7,0	> 8,0
Muito Alto	> 6,0	> 90	> 60,0	> 6,0	-	-
----- cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----						
Paraná						
Muito Baixo	< 4,0	< 20	-	< 0,06	< 0,5	< 0,2
Baixo	4,0-4,4	21-35	-	0,06-0,12	0,5-1,0	0,2-0,4
Médio	4,5-4,9	36-50	-	0,13-0,21	1,1-2,0	0,5-1,0
Alto	5,0-5,5	51-70	-	0,22-0,45	2,1-6,0	1,1-2,0
Muito Alto	> 5,5	> 70	-	> 0,45	> 6,0	> 2,0
----- mg dm <sup>-3</sup> -----						
	S-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	B	Cu	Fe	Mn	Zn
São Paulo						
Muito Baixo	-	-	-	-	-	-
Baixo	< 5,0	< 0,60	< 2,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0
Médio	5,0 – 10,0	0,60 – 1,0	2,0 – 5,0	5,0-12,0	5,0 – 10,0	5,0 – 10,0
Alto	> 10,0	> 1,0	> 5,0	> 12,0	> 10,0	> 10,0
Muito Alto	-	-	-	-	-	-
Paraná						
Muito Baixo	< 1,0	< 0,10	< 0,2	-	< 5,0	< 0,4
Baixo	1,0-2,0	0,11-0,20	0,2-0,5	-	5,0-15,0	0,4-0,8
Médio	2,1-3,0	0,21-0,30	0,6-0,8	-	16,0-30,0	0,9-1,2
Alto	3,1-0,60	0,31-0,60	0,9-3,0	-	31,0-100,0	1,3-10,0
Muito Alto	> 6,0	> 0,60	> 3,0	-	> 100,0	> 10,0

FONTE: Rajj et al. (1997); Pauletti e Motta (2019); Cantarella et al. (2022).

TABELA 2.2 – FAIXAS DE REFERÊNCIA PARA INTERPRETAÇÃO DOS TEORES FOLIARES DE BANANEIRAS INDICADAS PARA OS ESTADOS DE SÃO PAULO E PARANÁ.

	N	P	K	Ca	Mg	S
	----- g kg <sup>-1</sup> -----					
Cantarella et al. (2022)	25,0-30,0	1,7-2,1	30,0-40,0	2,0-5,0	6,0-1,0	2,5-8,0
Pauletti e Motta (2019)	17,0-36,0	1,6-3,2	24,0-56,0	4,9-12,0	1,3-6,0	1,6-3,7
	B	Cu	Fe	Mn	Zn	
	----- mg kg <sup>-1</sup> -----					
Cantarella et al. (2022)	10,0-25,0	7,0-20,0	80,0-200,0	220,0-1000,0	15,0-30,0	
Pauletti e Motta (2019)	9,0-75,0	6,0-30,0	45,0-360,0	88,0-180,0	12,0-50,0	

FONTE: Rajj et al. (1997); Pauletti e Motta (2019); Cantarella et al. (2022).

## 2.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 2.5.1 Diagnóstico da fertilidade do solo nos pomares comerciais de banana

O pH apresentou a menor variação (11,8%) entre os atributos químicos do solo avaliados nos pomares de bananeiras Nanica, com amplitude de 3,7 e média de 5,1 (TABELA 2.3). A um nível de confiança de 95 %, pode-se inferir que, no Vale do

Ribeira, uma amostra de solo cultivado com bananeira possa ter seu valor de pH compreendido entre 5,08 e 5,13. De acordo Menezes e Galvão (2004) a bananeira possui bom desenvolvimento vegetativo em pH variando entre 4,5 e 7,0. Esses valores correspondem as classes 'médio' a 'muito alto' para o estado do Paraná (PAULETTI e MOTTA, 2019) e 'baixo' a 'muito baixo' para o estado de São Paulo (CANTARELLA et al., 2022). Deste modo, 83,9 % das amostras foram classificadas entre 'médio' e 'muito alto' nas indicações para o estado do Paraná e 87 % das amostras foram classificadas entre 'baixo' a 'muito alto' para o estado de São Paulo (FIGURA 2.3a; FIGURA 2.3b).

A saturação por bases (V) apresentou valores variando de 2,3 % a 92,6 %, com média de 67,2 % e IC à 95% entre 66,6 % e 67,9 % (TABELA 2.3). De acordo com as classes de interpretação para o estado do Paraná (PAULETTI e MOTTA, 2019), 55,6 % das amostras apresentaram valores considerados 'muito alto' (FIGURA 2.3a). Nas interpretações indicadas para o estado de São Paulo (CANTARELLA et al., 2022), a V apresentou em 55,0 % das amostras valores considerados 'alto' (FIGURA 2.3b). A maior porcentagem de amostras nas classes 'muito alto' e 'alto' indicadas para os estados do Paraná e São Paulo, respectivamente, correspondem a V acima de 70% que é o indicado para a banana por Pauletti e Motta (2019) e Cantarella et al. (2022).

A concentração de fósforo (P) no solo apresentou média de 114,6 mg dm<sup>-3</sup>, variação de 88,2 % e IC a 95 % entre 110,7 e 118,6 mg dm<sup>-3</sup> (TABELA 2.3). Para as classes de interpretação sugeridas para o P resina no estado de São Paulo (CANTARELLA et al., 2022), 62,2 % das amostras apresentaram valores considerados 'muito alto' (> 60 mg dm<sup>-3</sup>) (FIGURA 2.3d).

A concentração média de potássio (K) no solo foi de 4,1 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, com um IC a um nível de 95 % indicando que é provável que uma amostra de solo cultivado com banana no Vale do Ribeira esteja no intervalo de 3,9 a 4,2 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> (TABELA 2.3). A maior parte das amostras de solo apresentaram concentrações de K consideradas 'alto' para os valores indicados por Pauletti e Motta (2019) para o estado do Paraná (34,0 %) e por Cantarella et al. (2022) para o estado de São Paulo (32,1 %) (FIGURA 2.3c; FIGURA 2.3d).

As amostras de solo apresentaram variação das concentrações de cálcio (Ca) e magnésio (Mg) de 41,2 % e 47,0 %, respectivamente, com valor médio para Ca de 57,1 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> e para Mg de 18,5 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> (TABELA 2.3). Para as

classes de interpretação indicadas para o estado de São Paulo (RAIJ et al., 1997; CANTARELLA et al., 2022), o Ca e o Mg foram os nutrientes que apresentaram maior porcentagem de amostras com concentrações altas no solo, sendo 98,7 % e 100%, respectivamente (FIGURA 2.3d). Para as interpretações propostas por Pauletti e Motta (2019), em que há maior número de classes para classificar as concentrações de Ca e Mg no solo, 47,9 % e 47,2 % das amostras de solo foram classificadas como altas para Ca e Mg, respectivamente (FIGURA 2.3c).

O enxofre (S) apresentou o maior CV entre os atributos químicos do solo (131,7 %), com concentração média de 21,1 mg dm<sup>-3</sup> e IC entre 20,0 e 22,2 mg dm<sup>-3</sup> (TABELA 2.3). De acordo com as interpretações sugeridas por Pauletti e Motta (2019) para o estado do Paraná e Cantarella et al. (2022) para o estado de São Paulo, 76,5% das amostras foram classificadas como 'muito alto' e 58% como 'alto' no solo, respectivamente (FIGURA 2.3c; FIGURA 2.3d).

Os micronutrientes apresentaram altas variações das suas concentrações no solo. O boro (B) foi o micronutriente com maior variação (111,8 %), seguido pelo zinco (Zn) com 104,9%, manganês (Mn) com 94,2 %, cobre (Cu) com 82,1 % e ferro (Fe) com 74,6 % (TABELA 2.3).

Baseando-se nas classes de interpretação da fertilidade do solo recomendadas para o estado de São Paulo (CANTARELLA et al., 2022), as áreas avaliadas apresentaram, mais de 55 % das amostras com concentrações 'alto' para Ca, Mg, S, Fe e Mn (FIGURA 2.3d; FIGURA 2.3f), divergindo das interpretações para o estado do Paraná (PAULETTI e MOTTA, 2019) que apresentou maior porcentagem de amostras com concentrações 'alto' apenas para B, Cu e Zn (FIGURA 2.3e). Essa diferença decorre em razão do menor número de classes de interpretação para Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn atribuída por Cantarella et al. (2022) os quais apresentam para estes nutrientes apenas as classes 'baixo', 'médio' e 'alto' (TABELA 2.1), sendo assim a amplitude destas classes se torna maior, agrupando um maior número de talhões como 'alto'.

TABELA 2.3 – VALORES MÁXIMO, MÍNIMO, MÉDIA, COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (CV) E INTERVALO DE CONFIANÇA (IC) DOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO DE BANANAIS COMERCIAIS NO VALE DO RIBEIRA – SP.

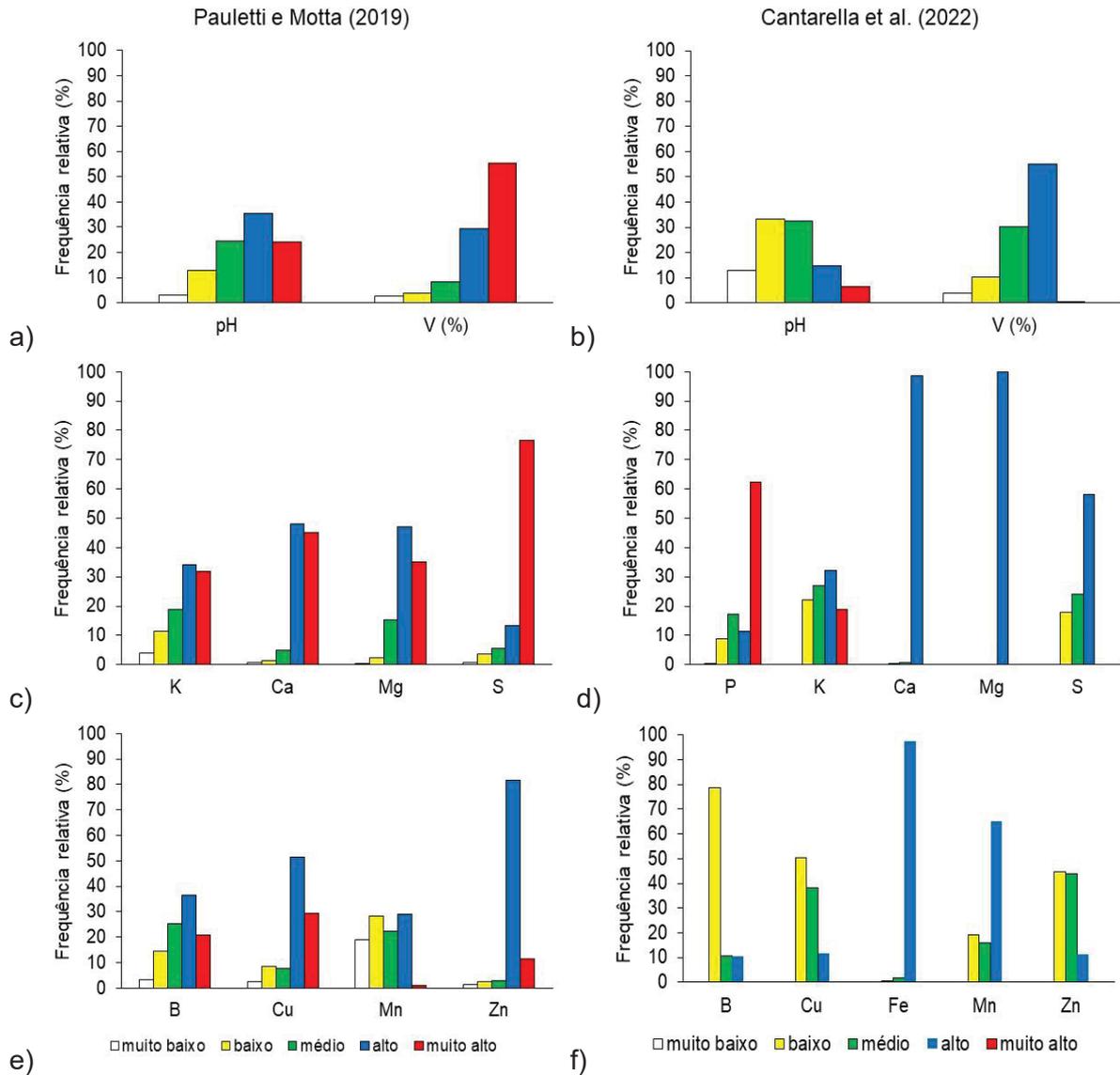
	pH	V	P	K	Ca	Mg
	CaCl <sub>2</sub>	%	mg dm <sup>-3</sup>	-----	mmolc dm <sup>-3</sup>	-----
mínimo	3,4	2,3	3,0	0,1	1,0	1,0
máximo	7,1	92,6	832,7	27,2	199,0	75,0
média	5,1	67,2	114,6	4,1	57,1	18,5
CV (%)	11,8	25,3	88,2	86,6	41,2	47,0
IC*	5,08 - 5,13	66,6 – 67,9	110,7 – 118,6	3,9 – 4,2	56,2 – 58,1	18,1 – 18,8
	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	----- mg dm <sup>-3</sup> -----					
mínimo	0,3	0,1	0,1	0,8	0,4	0,1
máximo	242,0	7,1	13,3	980,0	147,0	65,0
média	21,1	0,5	2,5	140,9	24,1	6,6
CV (%)	131,7	111,8	82,1	74,6	94,2	104,9
IC*	20,0 – 22,2	0,5 – 0,6	2,4 – 2,6	136,8 – 144,9	23,2 – 24,9	6,4 – 6,9

FONTE: A autora (2022).

NOTA: pH em cloreto de cálcio; P, K, Ca e Mg em resina trocadora de íons; S-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> extraído turbidimetricamente com fosfato de cálcio; B via água quente; Cu, Fe, Mn e Zn em DTPA a pH 7,3.

LEGENDA: \*significante a p<0,05.

FIGURA 2.3 – FREQUÊNCIA RELATIVA (%) DE TALHÕES COMERCIAIS DE BANANA COM ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO INTERPRETADOS COMO 'MUITO BAIXO', 'BAIXO', 'MÉDIO', 'ALTO' E 'MUITO ALTO', NO VALE DO RIBEIRA – SP.



FONTE: A autora (2022).

### 2.5.2 Diagnóstico do estado nutricional das bananeiras

O nitrogênio (N) na folha apresentou teor médio de  $26,7 \text{ g kg}^{-1}$ , variação de 17,0 % e IC entre  $26,6$  e  $26,9 \text{ g kg}^{-1}$  (TABELA 2.4). De acordo com a faixa de suficiência indicada por Pauletti e Motta (2019) para o estado do Paraná, 98,3 % das amostras foram consideradas com teores adequados de N (FIGURA 2.4a). Considerando a faixa recomendada por Cantarella et al. (2022) para o estado de São Paulo, apenas 54,3 % das amostras se encaixaram no intervalo considerado adequado para a bananeira (FIGURA 2.4b). De acordo com Malavolta et al. (1997),

o N é responsável, principalmente, pelo crescimento vegetativo e perfilhamento da planta.

O teor de P na folha apresentou menor variação (14,6 %) entre os nutrientes, com amplitude entre o teor mínimo e máximo de  $3,6 \text{ g kg}^{-1}$  (TABELA 2.4). Como observado para o N, a maior parte das amostras (96,0 %) se enquadraram na faixa de teor de P considerada adequada para a bananeira no estado do Paraná (PAULETTI e MOTTA, 2019) (FIGURA 2.4a). Na faixa de suficiência indicada para a cultura no estado de São Paulo (CANTARELLA et al., 2022), 57,4 % das amostras se enquadraram como 'adequado' (FIGURA 2.4b). Silva e Rodrigues (2001) encontraram resultados próximos aos do presente estudo realizando levantamento nutricional de bananais em Minas Gerais, observando variação de 15,0 % e diferença de  $2,4 \text{ g kg}^{-1}$  de P entre as amostras.

A menor variação e maior frequência de amostras foliares com teores de P considerados 'adequado' podem se relacionar à alta porcentagem de amostras de solo com concentrações de P 'alto' e 'muito alto' (73,5 %) (FIGURA 2.3d). Em razão da baixa mobilidade do P no solo, a adição de fertilizantes NPK em bananais formados permite que este nutriente se acumule na camada superficial. Com o tempo, os locais de adsorção ficam saturados e o P adicionado é estabilizado em formas de labilidade intermediária, retendo esse nutriente, que mais tarde poderá ser disponibilizado às plantas (SANTOS et al., 2008). Sendo esta a provável razão para a cultura apresentar grande porcentagem de amostras com teores adequados de P.

O K apresentou a maior variação entre os macronutrientes (28,8 %), com média de  $29,0 \text{ g kg}^{-1}$  e IC entre  $28,7$  e  $29,4 \text{ g kg}^{-1}$  (TABELA 2.4). Considerando a faixa de suficiência recomendada para a bananeira por Pauletti e Motta (2019) para o estado do Paraná, 72,7 % das amostras foram consideradas com teores adequados de K (FIGURA 2.4a). Porém, a maior parte das amostras (56,6 %) possuíam teores de K abaixo da faixa de suficiência recomendada para a cultura por Cantarella et al. (2022) para o estado de São Paulo, enquadrando-se como 'deficiente' (FIGURA 2.4b).

O Ca apresentou teor foliar médio de  $7,0 \text{ g kg}^{-1}$ , CV de 27,7 % e IC a 95% entre  $6,9$  e  $7,0 \text{ g kg}^{-1}$  (TABELA 2.4). Seguindo as faixas de teores foliares de Ca recomendadas para a bananeira para os estados do Paraná (PAULETTI e MOTTA, 2019) e São Paulo (CANTARELLA et al., 2022), 87,7 % das amostras foram consideradas com valores 'adequado' e 85,4 % das amostras com valores

superiores ao da faixa indicada, respectivamente (FIGURA 2.4a; FIGURA 2.4b). Os resultados obtidos com as faixas indicadas para o estado do Paraná são próximos aos encontrados por Silva e Rodrigues (2001) e Godoy et al. (2011) que ao realizarem levantamento nutricional em bananais apresentaram, respectivamente, 98,0 % e 86,0 % das amostras foliares consideradas adequadas em Ca.

A alta porcentagem de amostras foliares de bananeiras com teores 'adequado' de Ca nas folhas, em parte, é explicada pelas elevadas concentrações desse nutriente no solo. Semelhante ao observado por Godoy et al. (2011) que associaram a alta porcentagem de teores adequados na folha às altas concentrações de Ca no solo, em razão da aplicação periódica de calcário em bananais no Vale do Ribeira.

O teor médio de Mg observado nas amostras foliares de bananeira foi de 3,0 g kg<sup>-1</sup>, CV de 25,2 % e IC a 95% entre 3,0 e 3,1 g kg<sup>-1</sup> (TABELA 2.4). Os teores foliares de Mg se apresentaram como 'adequado' em 99,4 % das amostras, para as faixas de suficiência indicadas para a cultura por Pauletti e Motta (2019) no estado do Paraná (FIGURA 2.4a). O oposto foi observado para faixas estabelecidas por Cantarella et al. (2022) no estado de São Paulo, onde 99,4 % das amostras apresentaram teores de Mg na folha como 'deficiente' (FIGURA 2.4b).

Diferentemente do observado para o Ca em que as altas concentrações no solo se refletiram como 'adequado' na planta, o oposto foi observado para K e Mg pois apesar de apresentar as maiores porcentagens de amostras classificadas como 'alta' no solo, observaram-se elevadas porcentagens de amostras foliares com teores abaixo da faixa nutricional considerada adequada para a bananeira. As interações entre cátions alteram o equilíbrio catiônico, sendo que as altas concentrações de Ca no solo podem inibir a absorção de K e Mg pela planta, e assim ocasionar valores mais baixos desses nutrientes na maioria das amostras.

O S apresentou teor foliar médio de 2,0 g kg<sup>-1</sup>, variação de 23,7 % e IC à 95% entre 1,96 e 2,00 g kg<sup>-1</sup> (TABELA 2.4). Assim como observado para o Mg, o S apresentou maior número de amostras (81,3 %) com teores dentro da faixa de suficiência (1,6 – 3,7 g kg<sup>-1</sup>) estabelecida por Pauletti e Motta (2019) para o estado do Paraná (FIGURA 2.4a). Comparando os dados com os valores recomendados por Raij et al. (1997) para o estado de São Paulo, 86,5 % das amostras se apresentaram abaixo da faixa indicada (2,5 – 8,0 g kg<sup>-1</sup>), sendo classificadas como 'deficiente' (FIGURA 2.4b).

A alta porcentagem de amostras deficientes em S está relacionada a utilização de adubos formulados com baixa quantidade de S, bem como a lixiviação desse nutriente no perfil do solo. A aplicação de calcário promove a elevação do pH na camada superficial, aumentando as cargas negativas no solo, ocasionando lixiviação de  $S-SO_4^{2-}$  em razão da repulsão pelas cargas negativas dos coloides e por acompanhar o fluxo de água no solo, tendo sua concentração diminuída no perfil (CAIRES et al., 2003).

Os teores foliares de B, Fe e Cu apresentaram médias de  $11,5 \text{ mg kg}^{-1}$ ,  $8,4 \text{ mg kg}^{-1}$  e  $115,7 \text{ mg kg}^{-1}$ , respectivamente (TABELA 2.4), enquadrando-se nas faixas de suficiência indicadas para a bananeira nos estados do Paraná (PAULETTI e MOTTA, 2019) e São Paulo (CANTARELLA et al., 2022) (TABELA 2.2). Considerando as faixas de teores foliares recomendadas para a bananeira por Pauletti e Motta (2019), a maioria das amostras possuíam teores considerados adequados para B (73,7 %), Cu (79,1 %) e Fe (95,6 %) (FIGURA 2.4c). Seguindo as faixas recomendadas por Cantarella et al. (2022) também foi observado que 63,8 %, 69,1 % e 75,8 % das amostras apresentaram valores de B, Cu e Fe, respectivamente, como 'adequado' para a cultura (FIGURA 2.4d).

Os teores de Mn nas amostras foliares de bananeira apresentaram a maior variação (67,8 %) entre os nutrientes avaliados e média de  $354,3 \text{ mg kg}^{-1}$  (TABELA 2.4). Os resultados corroboram com os encontrados por Godoy et al. (2011), ao realizarem estudo semelhante em bananais no Vale do Ribeira e observarem maiores CV (88,7 % a 140,5 %), principalmente para a variedade 'Prata'. Contudo, observou-se maior amplitude no presente trabalho ( $20,0 - 1850,0 \text{ mg kg}^{-1}$ ) e, de acordo com Silva et al. (2003), altos teores de Mn em folhas de bananeiras podem reduzir a produção.

A interpretação dos dados mostrou que 75,3 % das amostras apresentaram teores de Mn nas folhas acima da faixa de suficiência indicada para a cultura ( $88,0 - 180,0 \text{ mg kg}^{-1}$ ) por Pauletti e Motta (2019) no estado do Paraná (FIGURA 2.4c). Considerando a faixa recomendada para o estado de São Paulo (CANTARELLA et al., 2022) 66,7 % das amostras apresentaram teores dentro da faixa considerada 'adequada' para a bananeira (FIGURA 2.4d). A alta frequência de amostras com teores de Mn 'adequado' ou 'excesso' observada nas recomendações dos estados de São Paulo e Paraná, provavelmente, está relacionada a alta porcentagem de amostras com altas concentrações desse nutriente no solo (FIGURA 2.3e; FIGURA

2.3f), bem como as aplicações de produtos fitossanitários, que possuem Mn em sua composição, para controle de doenças fúngicas como Sigatoka – Amarela e Sigatoka – Negra.

O Zn foi o micronutriente que apresentou o menor CV (23,3 %) entre os micronutrientes avaliados, com média de 20,1 mg kg<sup>-1</sup> e IC entre 20,0 e 20,3 mg kg<sup>-1</sup> (TABELA 2.4). Os teores foliares de Zn se apresentaram como ‘adequado’ em 97,9 % e 87,8 % das amostras de acordo com as faixas de suficiência estabelecidas para a bananeira nos estados do Paraná (PAULETTI e MOTTA, 2019) e São Paulo (CANTARELLA et al., 2022), respectivamente (FIGURA 2.4c; FIGURA 2.4d).

Confrontando os dados com as faixas de suficiência dos nutrientes indicadas para a bananeira por Pauletti e Motta (2019), observou-se a seguinte ordem de porcentagem de talhões fora da faixa adequada: Mn (86,0 %) > K (27,3 %) > B (26,3 %) > Cu (20,9 %) > S (18,7%) > Ca (12,3 %) > Fe (4,4 %) > P (4,0 %) > Zn (2,1 %) > N (1,7 %) > Mg (0,7 %) (FIGURA 2.4a; FIGURA 2.4c). Contudo, para as faixas indicadas por Cantarella et al. (2022) foi observado maior porcentagem de amostras com teores fora da faixa indicada por esses autores na seguinte a ordem: Mg (99,5 %) > S (86,6 %) > Ca (85,6 %) > K (67,0 %) > N (45,7 %) > P (42,6 %) > B (36,2 %) > Mn (33,3 %) > Cu (30,9 %) > Fe (24,2 %) > Zn (12,2 %) (FIGURA 2.4b; FIGURA 2.4d).

Com base nas faixas nutricionais sugeridas para o estado de São Paulo (CANTARELLA et al., 2022), em média, 48,7 % das amostras apresentaram teores de nutrientes considerados ‘adequado’ para a bananeira (FIGURA 2.4b; FIGURA 2.4d). Contudo, considerando as faixas estabelecidas para o estado do Paraná (PAULETTI e MOTTA, 2019), em média, 81,4 % das amostras apresentaram teores ‘adequado’ para a bananeira (FIGURA 2.4a; FIGURA 2.4c). As maiores porcentagens de amostras com teores dentro das faixas nutricionais indicadas para a cultura são em razão das maiores amplitudes e dos valores mais baixos das faixas indicadas por Pauletti e Motta (2019) em comparação a Cantarella et al. (2022) (TABELA 2.2).

TABELA 2.4 – VALORES MÁXIMO, MÍNIMO, MÉDIA, COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (CV) E INTERVALO DE CONFIANÇA (IC) DOS NUTRIENTES NO TECIDO FOLIAR DE BANANAIS COMERCIAIS NO VALE DO RIBEIRA – SP.

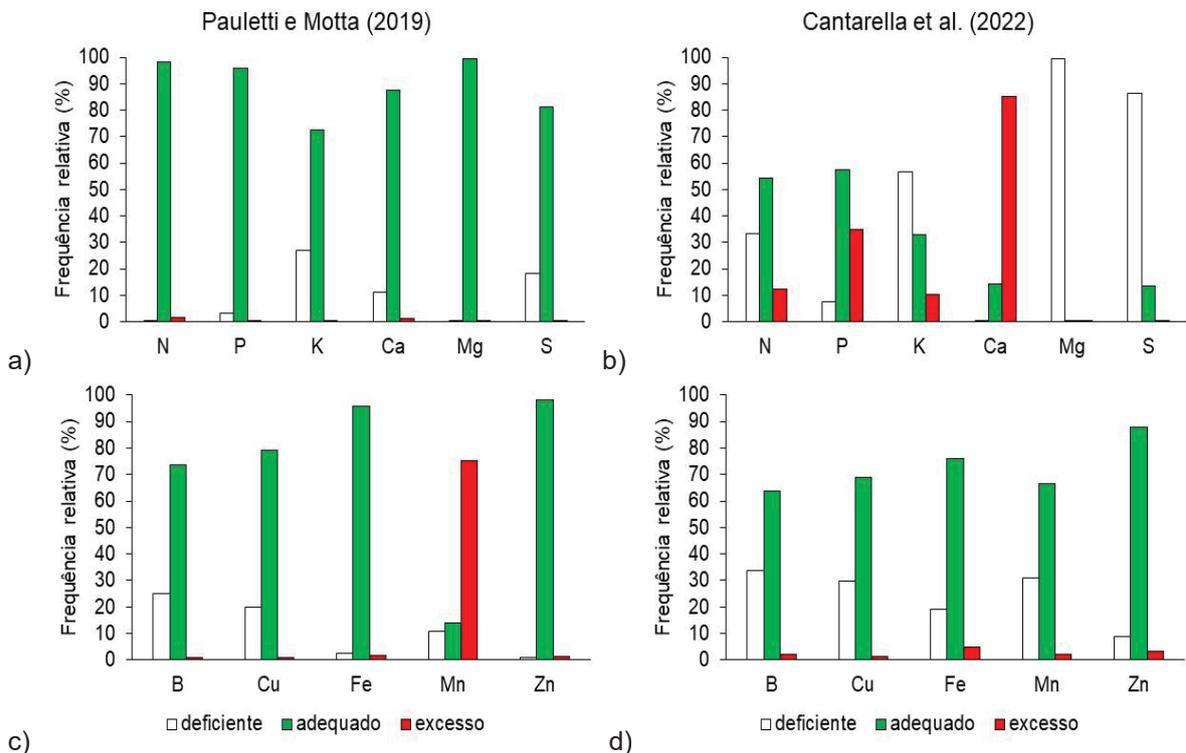
	N	P	K	Ca	Mg	S
	----- g kg <sup>-1</sup> -----					
mínimo	18,2	0,9	5,1	1,0	1,0	0,3
máximo	74,6	4,5	67,5	20,0	9,6	4,9
média	26,7	2,1	29,0	7,0	3,0	2,0
CV (%)	17,0	14,6	28,8	27,7	25,2	23,7
IC*	26,6 - 26,9	2,0 - 2,1	28,7 - 29,4	6,9 - 7,0	3,0 - 3,1	1,96 - 2,00
	B	Cu	Fe	Mn	Zn	
	----- mg kg <sup>-1</sup> -----					
mínimo	1,6	1,1	10,0	20,0	9,0	
máximo	85,3	21,0	598,0	1850,0	48,0	
média	11,5	8,4	115,7	354,3	20,1	
CV (%)	49,3	36,9	46,1	67,8	23,3	
IC*	11,3 - 11,8	8,3 - 8,5	113,6 - 117,8	344,9 - 363,7	20,0 - 20,3	

FONTES: A autora (2022).

NOTA: N extraído via ácido sulfúrico; P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn e Zn via ácido nitroperclórico; e B por via seca.

LEGENDA: \*significante a  $p < 0,05$ .

FIGURA 2.3 – FREQUÊNCIA RELATIVA (%) DE TALHÕES COMERCIAIS DE BANANA COM TEORES FOLIARES DE NUTRIENTES COMO 'DEFICIENTE', 'ADEQUADO' E EM 'EXCESSO', NO VALE DO RIBEIRA – SP.



FONTES: A autora (2022).

As interpretações dos resultados das análises químicas do solo e do tecido foliar apresentaram divergência entre os padrões indicados para o estado de São Paulo e do Paraná, demonstrando a importância do estabelecimento e utilização de

valores específicos para cada região, melhorando a acurácia na interpretação desses resultados (CARVALHO JÚNIOR, 2019).

Apesar do solo apresentar concentrações de nutrientes, em média, consideradas altas, observou-se que, em alguns casos, isso não refletiu na nutrição adequada para a bananeira, levando à deficiência alguns dos nutrientes como o K que é o mais exportado pelos cachos (TEIXEIRA et al., 2008; OLIVEIRA et al., 2022). Os resultados demonstram a necessidade de melhoria no manejo nutricional dos bananais no Vale do Ribeira, devendo-se atentar para a realização periódica das análises de solo e folha para que seja realizada a recomendação das doses corretas de corretivos e fertilizantes a serem aplicados, de modo a alcançar o pH indicado para a bananeira e não comprometer a disponibilidade e, conseqüente, absorção de nutrientes para a cultura.

## 2.6 CONCLUSÕES

A maioria das amostras de solo (> 80 %) apresentam pH com valores superiores ao indicado para a bananeira e mais de 55 % apresentam V com valores acima do indicado para a cultura, não demonstrando restrição para o crescimento e desenvolvimento das plantas nos pomares comerciais do Vale do Ribeira. Os nutrientes K, Ca, Mg, Fe e Mn possuem maior número de amostras com concentrações altas nos solos dos bananais da região.

No geral, há maior porcentagem de amostras foliares com teores de N, P, B, Cu, Fe e Zn dentro das faixas consideradas adequadas para a bananeira nos estados do Paraná e São Paulo. Contudo, o estado do Paraná apresenta maior percentual de amostras com teores de Mn em 'excesso' e o estado de São Paulo apresenta maior porcentagem de amostras com teores de K, Mg e S em 'deficiência' e de Ca em 'excesso'.

Para as faixas indicadas para a bananeira no estado de São Paulo, embora o solo apresente como 'alto' as concentrações de alguns nutrientes, o mesmo não se reflete na folha, tendo como mais limitantes o K, S e Mg.

## 2.7 REFERÊNCIAS

- Alvares, C. A., Stape, J. L., Sentelhas, P. C., de Moraes Gonçalves, J. L., & Sparovek, G. (2013). Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, 22(6), 711–728. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>
- Bataglia, O. C., Teixeira, J. P. F., Furlani, P. R., Furlani, A. M. C., & Gallo, J. R. (1978). Métodos de análise química de plantas (Vol. 87). Campinas: IAC.
- Borges, A. L.; Silva, J. T. A. (2012) Diagnose foliar na cultura da banana. In: PRADO, R. M. (Ed.). Nutrição de plantas: diagnose foliar em frutíferas. 1ª ed. Jaboticabal: Funep. 199-226.
- Caires, E. F., Blum, J., Barth, G., Garbuio, F. J., & Kusman, M. T. (2003). Alterações químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na implantação do sistema plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 27(2), 275–286. <https://doi.org/10.1590/s0100-06832003000200008>
- Cantarella, H.; Quaggio, J. A.; Mattos júnior, D.; Boaretto, R. M.; Raij, B. van. (2022). Boletim 100: Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo. 3ª ed. Campinas: IAC.
- Deus, J. A. L. de, Neves, J. C. L., Lima Neto, A. J. de, Natale, W., Alvarez V, V. H., & Albuquerque, F. M. R. de. (2020). Partitioning of macronutrients and nutritional efficiency in fertigated prata banana. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 42(4), e-611. <https://doi.org/10.1590/0100-29452020611>
- Godoy, L. J., Macedo, J. G. & Mendonça, J. C. de (2011). Levantamento nutricional de bananeiras do Vale do Ribeira - SP pela análise foliar. *Scientia Agraria*, 12(3), 157-167. <https://doi.org/10.5380/rsa.v12i3.34106>
- Guimarães, G. G. F., & Deus, J. A. L. de. (2021). Diagnosis of soil fertility and banana crop nutrition in the state of Santa Catarina. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 43(4), e-124. <https://doi.org/10.1590/0100-29452021124>
- Hoffmann, R. B., Oliveira, F. H. T. de, Souza, A. P. de, Gheyi, H. R., & Souza Júnior, R. F. de. (2010). Acúmulo de matéria seca e de macronutrientes em cultivares de bananeira irrigada. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 32(1), 268–275. <https://doi.org/10.1590/s0100-29452010005000026>
- Lana, R. M. Q., Oliveira, S. A. de, Lana, Â. M. Q., & Faria, M. V. de. (2010). Levantamento do estado nutricional de plantas de coffeea arabica L. pelo DRIS, na região do Alto Paranaíba - Minas Gerais. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 34(4), 1147–1156. <https://doi.org/10.1590/s0100-06832010000400014>
- Malavolta, E., Vitti, G. C., & Oliveira, S. A. D. (1997). Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2ª ed. Piracicaba: POTAFOS.

- Martin-Prével, P. Bananier. *In*: Martin-Prével, P., Gagnard, J., & Gautier, P. (1984). L'analyse végétale dans le contrôle de l'alimentation des plantes tempérées et tropicales. Paris: Lavoisier technique et documentation, (715-751).
- Marschner, P. (2012). *Mineral nutrition of higher plants*. Academic Press.
- Melo, A. S. de, Fernandes, P. D., Sobral, L. F., Brito, M. E. B., & Dantas, J. D. M. (2010). Crescimento, produção de biomassa e eficiência fotossintética da bananeira sob fertirrigação com nitrogênio e potássio. *Revista Ciência Agrônômica*, 41(3), 417–426. <https://doi.org/10.1590/s1806-66902010000300014>
- Menezes, A. J. E. A., & Galvão, E. (2004). Bananeira: recomendações de cultivo. *Embrapa Amazônia Oriental-Comunicado Técnico (INFOTECA-E)*.
- Oliveira, C. T. de, Rozane, D. E., Pavarin, L. G. F., Akamine, H. S., Silva, S. H. M. G. da, & Lima, J. D. (2022). Nutritional demand of “Grande Naine” and “Prata Comum” banana bunches in two growing seasons. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 44(5), e-430. <https://doi.org/10.1590/0100-29452022430>
- Raij, B. V., Cantarella, H., Quaggio, J. A., & Furlani, A. M. C. (1997). Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo (Vol. 100, pp. 8-13). Campinas: Instituto Agrônômico/Fundação IAC.
- Raij, B. E., Cantarella, H., Quaggio, J. A. (2001). Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. Campinas: Instituto Agrônômico de Campinas.
- Rozane, D. E., Parent, L. E., & Natale, W. (2015). Evolution of the predictive criteria for the tropical fruit tree nutritional status. *Científica*, 44(1), 102. <https://doi.org/10.15361/1984-5529.2016v44n1p102-112>
- Rozane, D. E., Romualdo, L. M., Centurion, J. F., & Barbosa, J. C. (2011). Dimensionamento do número de amostras para avaliação da fertilidade do solo. *Semina: Ciências Agrárias*, 32(1), 111. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2011v32n1p111>
- Santana, J. D. G., Leandro, W. M., Naves, R. V., Cunha, P. P. D., & Rocha, A. C. D. (2007). Estado nutricional da laranja pêra na região central do estado do Goiás avaliada pelas análises foliar e do solo. *Bioscience Journal*, 23(4), 40-49.
- Santos, D. R. dos, Gatiboni, L. C., & Kaminski, J. (2008). Fatores que afetam a disponibilidade do fósforo e o manejo da adubação fosfatada em solos sob sistema plantio direto. *Ciência Rural*, 38(2), 576–586. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782008000200049>
- Silva, E. D. B., & Rodrigues, M. G. V. (2001). Levantamento nutricional dos bananais da região norte de Minas Gerais pela análise foliar. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 23(3), 695–698. <https://doi.org/10.1590/s0100-29452001000300050>
- Silva, J. T. A. da, Borges, A. L., Carvalho, J. G., & Damasceno, J. E. A. (2003). Adubação com potássio e nitrogênio em três ciclos de produção da bananeira cv.

prata-anã. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 25(1), 152–155.  
<https://doi.org/10.1590/s0100-29452003000100042>

Pauletti, V.; Motta, A. C. V. (2019) Manual de adubação e calagem para o estado do Paraná. 2ª ed. Curitiba: SBCS/NEPAR.

Teixeira, L. A. J., Raij, B. V., & Bettiolo Neto, J. E. (2008). Estimativa das necessidades nutricionais de bananeiras do subgrupo Cavendish cultivadas no Estado de São Paulo. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 30(2), 540–545.  
<https://doi.org/10.1590/S0100-29452008000200047>

### 3 CAPÍTULO II: NORMAS DRIS E CND PARA BANANEIRAS NANICA NO VALE DO RIBEIRA-SP

#### 3.1 RESUMO

A banana é uma das frutas de maior importância econômica para o Brasil, contudo sua produtividade no país é baixa. Para que a cultura alcance seu potencial produtivo é necessário, que as plantas estejam equilibradas nutricionalmente. Desse modo, faz-se necessário a utilização de métodos de diagnóstico do estado nutricional das plantas que considerem as relações entre os nutrientes. O estudo teve como objetivo estabelecer normas pelos métodos DRIS e CND e faixas de teores de nutrientes adequados para bananeiras no Vale do Ribeira – SP. Para alcançar aos objetivos propostos foram utilizados dados de produtividade e análise química do tecido foliar de 291 talhões comerciais de bananeiras Nanica, coletados entre os anos de 2015 e 2020, no Vale do Ribeira – SP. Utilizaram-se os métodos Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS) e Diagnose da Composição Nutricional (CND) para estabelecimento das normas e faixas de suficiência para N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn. As faixas de suficiência obtidas pelos métodos DRIS e CND foram semelhantes entre si e diferiram das encontradas na literatura. O índice de balanço nutricional médio ( $IBN_m$ ) e o índice de desequilíbrio nutricional ( $CND-r^2$ ) não se correlacionaram com a produtividade dos frutos, porém os teores de K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn apresentaram alta correlação com seus respectivos índices nutricionais.

Palavras-chave: *Musa spp.*; balanço nutricional; diagnose foliar; faixa de suficiência

#### 3.2 ABSTRACT

Banana is one of the most economically important fruits for Brazil, but its productivity in the country is low. For the crop to reach its productive potential, it is necessary that the plants are nutritionally balanced. Thus, it is necessary to use methods for diagnosing the nutritional status of plants that consider the relationships between nutrients. The study aimed to establish norms by the Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS) and Compositional Nutritional Diagnosis (CND) methods and ranges of nutrient content suitable for banana trees in Vale do Ribeira - SP. To achieve the proposed objectives, productivity data and chemical analysis of the leaf tissue of 291 commercial plots of Nanica banana trees, collected between 2015 and 2020, in Vale do Ribeira - SP, were used. The DRIS, and CND methods were used to establish norms and sufficiency ranges for N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn, and Zn. The sufficiency ranges followed by the DRIS and CND methods were similar to each other and differed from those found in the literature. The average nutritional balance index ( $IBN_m$ ) and the nutritional imbalance index ( $CND-r^2$ ) did not correlate with fruit productivity, but the K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn, and Zn contents adopted high butterfly with their respective nutritional indexes.

Keywords: *Musa spp.*; nutritional balance; leaf diagnosis; sufficiency range.

### 3.3 INTRODUÇÃO

O Brasil é o quarto maior produtor mundial de banana, com uma produção aproximada de 6,6 milhões de toneladas. Entretanto, no ranking mundial de produtividade, o país ocupa a 62<sup>a</sup> posição, com uma produtividade média de 14,6 t ha<sup>-1</sup> (FAO, 2022). A região do Vale do Ribeira, estado de São Paulo, é responsável por aproximadamente 12 % da produção da fruta do país e, apresenta produtividade média anual de 21,2 t ha<sup>-1</sup> (IEA, 2022). Apesar da baixa produtividade a região se destaca pelo clima favorável à produção de banana e por sua proximidade com o principal mercado consumidor, a Grande São Paulo.

Para que a banana alcance seu potencial produtivo é necessário, dentre outros fatores, que a planta esteja equilibrada nutricionalmente (SILVA e CARVALHO, 2006; DEUS et al., 2018). Deste modo o diagnóstico nutricional por meio da análise do tecido foliar é uma ferramenta importante para avaliar o equilíbrio entre os nutrientes na planta, pois reflete a dinâmica de nutrientes no sistema solo-planta (DONATO et al., 2010).

Os resultados das análises foliares podem ser interpretados por métodos univariados, bivariados e multivariados. Porém, Holland (1966) afirma que a consistência dessa interpretação aumenta quando a relação multivariada entre os nutrientes é empregada, abrangendo assim toda a estrutura de variação da composição nutricional do tecido. Dentre os métodos que se destacam por considerar a relação entre os nutrientes de forma bivariada ou multivariada estão o Sistema Integrado de Diagnóstico e Recomendação – DRIS (BEAUFILS, 1973) e a Diagnóstico da Composição Nutricional – CND (PARENT e DAFIR, 1992). Ambos os métodos possibilitam o emprego de dados de monitoramento nutricional (análises foliares) e produtivo de lavouras comerciais, abrangendo a variabilidade das diferentes condições ambientais e de manejo (RODRÍGUEZ e RODRÍGUEZ, 2000).

Normas DRIS e CND para a cultura da banana têm sido estabelecidas ao longo dos anos considerando diferentes cultivares e locais (ANGELES et al., 1993; RAGHUPATHI et al., 2002; TEIXEIRA et al., 2007; WAIREGI e VAN ASTEN, 2011; VILLASEÑOR et al., 2020; LIMA NETO et al., 2022). Contudo, pesquisas recomendam a utilização de normas específicas para cada região produtora de forma a obter diagnósticos nutricionais mais precisos (SILVA et al., 2005; ROCHA et

al., 2007; WAIREGI e VAN ASTEN, 2011; GOTT et al., 2014; LIMA NETO et al., 2022).

O estabelecimento de normas e faixas nutricionais específicas para o Vale do Ribeira – SP possibilitará ao produtor maior acurácia no diagnóstico do estado nutricional de bananeiras Nanica, considerando as características da região em estudo. Deste modo, o objetivo do estudo foi estabelecer normas pelos métodos DRIS e CND, e gerar faixas de teores de nutrientes adequados para bananeiras Nanica no Vale do Ribeira – SP.

### 3.4 MATERIAL E MÉTODOS

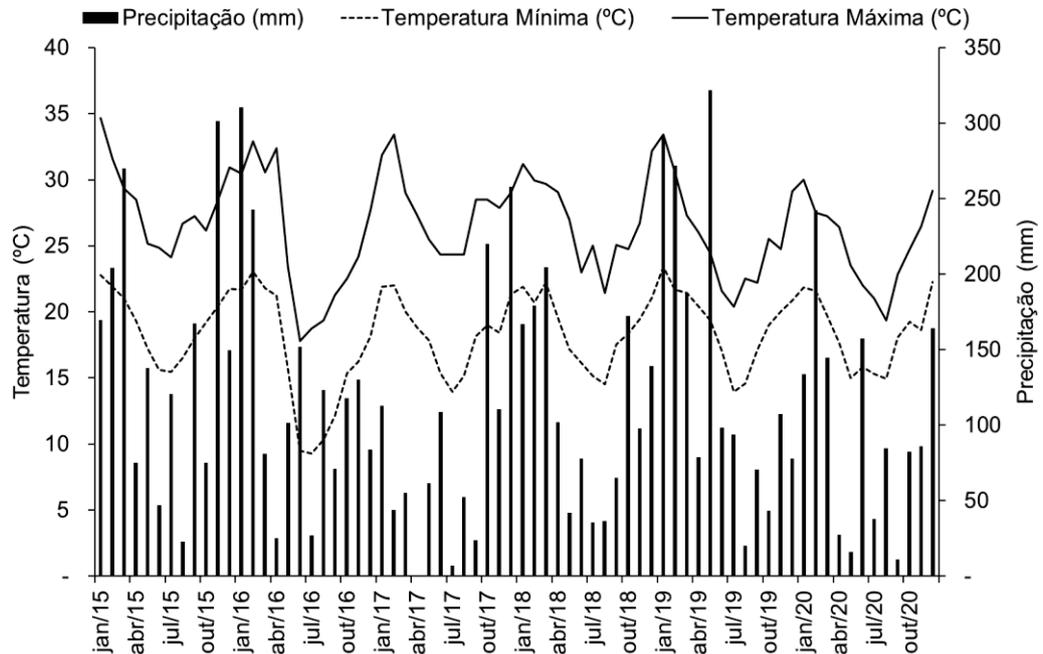
#### 3.4.1 Local do estudo e banco de dados

O estudo foi realizado em propriedades comerciais de produção de bananeiras Nanica, localizadas na região do Vale do Ribeira, estado de São Paulo. O clima na região, de acordo com o Sistema de Classificação de Köppen, é Af – tropical úmido sem estação seca (ALVARES et al., 2013).

O banco de dados utilizado no estabelecimento das normas DRIS e CND foi composto por dados de produtividade ( $t\ ha^{-1}$ ) e análises químicas do tecido foliar de 291 talhões, coletados entre os anos de 2015 e 2020. Também foram coletadas amostras de solo para caracterização das áreas avaliadas. Os dados climáticos do período em estudo são apresentados na Figura 3.1.

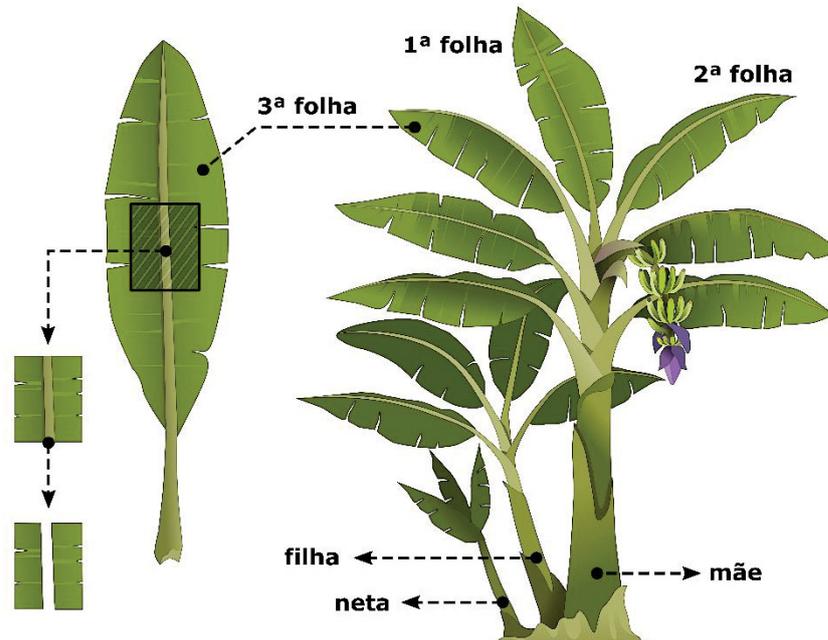
A amostragem foliar seguiu as recomendações proposta pelo Método de Amostragem Internacional de Referência – MEIR (FIGURA 3.2). Coletou-se a terceira folha (f3) a partir do ápice, na época em que a inflorescência apresentou todas as pencas femininas sem brácteas e com duas ou três pencas masculinas abertas; retirou-se uma faixa central com largura de 10 cm, eliminando-se a nervura central e as metades periféricas (MARTIN-PRÉVEL, 1984).

FIGURA 3.1 – DADOS CLIMÁTICOS DA REGIÃO DO VALE DO RIBEIRA ENTRE OS ANOS DE 2015 E 2020.



FONTE: CIIAGRO (2022).

FIGURA 3.2 – PROCEDIMENTO PARA COLETA DA AMOSTRA FOLIAR EM BANANEIRA.



FONTE: Adaptado de Borges e Silva (2012).

O solo foi amostrado na camada de 0,0-0,2 m, na região de adubação da bananeira, na frente da brotação lateral mais jovem, no sentido do caminhar do bananal (NATALE e ROZANE, 2018; GUIMARÃES et al., 2020). Os atributos

químicos do solo foram determinados seguindo a metodologia proposta por Raij et al. (2001).

As amostras foliares foram lavadas, acondicionadas em sacos de papel e secas em estufa com ventilação forçada de ar a  $65 \pm 3$  °C, até massa constante. Posteriormente, foram moídas em moinho tipo Willey, passadas em peneira de 0,841 mm (20 *mesh*) de abertura de malha, para determinação dos teores de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), Magnésio (Mg), enxofre (S), boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn), segundo metodologia descrita por Bataglia et al. (1983). Os dados foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk ( $p > 0,05$ ), o qual indicou que todas as variáveis atendiam ao pressuposto.

### 3.4.2 Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação – DRIS

Para estabelecimento das normas DRIS a base de dados foi dividida em população de alta (população de referência) e de baixa produtividade. Como não existem critérios específicos para divisão da população nesse método, utilizou-se a média das produtividades do banco de dados como critério para obtenção da população de referência, assim como utilizado por Santos e Rozane (2017). Calculou-se a média e o desvio-padrão (normas DRIS) das relações logarítmicas duais, como proposto por Beverly (1987).

O cálculo das funções das razões entre dois nutrientes seguiu o indicado por Jones (1981), utilizando-se a equação (1):

$$f\left(\frac{X}{Y}\right) = \left[\left(\frac{X}{Y}\right) - \left(\frac{x}{y}\right)\right] \cdot \left(\frac{k}{s}\right) \quad (1)$$

sendo:  $f\left(\frac{X}{Y}\right)$  – função razão entre dois nutrientes;  $\frac{X}{Y}$  – relação entre dois nutrientes da amostra avaliada;  $\frac{x}{y}$  – média da relação entre dois nutrientes da população de referência;  $k$  – constante de sensibilidade, igual a 1;  $s$  – desvio-padrão da população de referência.

O cálculo dos índices DRIS seguiu a fórmula proposta por Beaufils (1973), utilizando-se a equação (2)

$$I_x = \frac{\sum f\left(\frac{X}{Y}\right) - \sum f\left(\frac{Y}{X}\right)}{n + m} \quad (2)$$

sendo:  $I_x$  – índice nutricional de um determinado nutriente;  $n$  – número de relações diretas avaliadas;  $m$  – número de relações inversas avaliadas.

O índice de balanço nutricional (IBN) foi obtido pelo somatório em módulo dos índices nutricionais, pela equação (3), e o índice de balanço nutricional médio (IBN<sub>m</sub>) foi calculado dividindo o IBN pelo número total de nutrientes ( $n$ ), através da equação (4).

$$IBN = \sum_{i=N,P,K\dots} |I_x| \quad (3)$$

$$IBN_m = \frac{IBN}{n} \quad (4)$$

Os índices obtidos foram interpretados pelo Potencial de Resposta à Adubação (PRA), de acordo com Wadt (2005), em cinco classes (TABELA 3.1): positiva ( $p$ ), positiva ou nula ( $pz$ ), nula ( $z$ ), negativa ou nula ( $nz$ ) e negativa ( $n$ ).

As frequências observadas (FO) em que os nutrientes se mostraram limitantes para todas as classes do PRA, foram obtidas contabilizando o número de observações de suas ocorrências em relação aos valores dos índices obtidos pelas normas DRIS para todos os nutrientes. As frequências esperadas (FE) de cada nutriente foram obtidas pelo quociente entre o número total de talhões e o número de nutrientes avaliados. As FO e FE foram submetidas ao teste de qui-quadrado a 5 % de probabilidade, com  $n - 1$  graus de liberdade. Para utilização deste teste menos de 20 % das frequências esperadas devem estar abaixo de cinco e nenhuma deve ser igual a zero.

TABELA 3.1 – CRITÉRIOS PARA INTERPRETAÇÃO DOS ÍNDICES DRIS PELO MÉTODO DO POTENCIAL DE RESPOSTA À ADUBAÇÃO (PRA).

PRA	Critério
Positiva, com alta probabilidade ( $p$ )	$I_{nut} < 0$ $  I_{nut}   > IBN_m$ $I_{nut}$ é o índice DRIS de menor valor
Positiva, com baixa probabilidade ( $pz$ )	$I_{nut} < 0$ $  I_{nut}   > IBN_m$
Nula ( $z$ )	$  I_{nut}   \leq IBN_m$
Negativa, com baixa probabilidade ( $nz$ )	$I_{nut} > 0$ $  I_{nut}   > IBN_m$
Negativa, com alta probabilidade ( $n$ )	$I_{nut} > 0$ $  I_{nut}   > IBN_m$ $I_{nut}$ é o índice DRIS de maior valor

FONTE: Adaptado de Wadt (2005).

LEGENDA:  $I_{nut}$  – índice DRIS do nutriente;  $IBN_m$  – índice de balanço nutricional médio.

### 3.4.3 Diagnóstico da Composição Nutricional – CND

As produtividades foram classificadas em ordem decrescente e os teores dos nutrientes padronizados para miligrama por quilograma ( $\text{mg kg}^{-1}$ ).

De acordo com Parent e Dafir (1992), o tecido foliar é considerado um sistema fechado, formado pelos nutrientes e por componentes não determinados, representados por  $R$  na equação (5). Assim, este componente constitui um valor de enchimento somado as proporções de nutrientes para obtenção de 100 % da matéria seca.

$$R = 1000000 - \sum_{i=N,P,K\dots} Nt_i \quad (5)$$

sendo:  $R$  – valor dos componentes não determinados na matéria seca, em  $\text{mg kg}^{-1}$ ;  $1000000$  – quantidade total de componentes da matéria seca, em  $\text{mg kg}^{-1}$ ;  $Nt_i$  – teor de cada nutriente na matéria seca, em  $\text{mg kg}^{-1}$ .

Em seguida, utilizando-se a equação (6), calculou-se a média geométrica -  $G$  dos teores de todos os nutrientes e o valor de  $R$ , garantindo a relação entre todos os componentes presentes na matéria seca de uma amostra (PARENT e DAFIR, 1992).

$$G = \left[ \left( \prod_{i=N,P,K\dots} Nt_i \right) \cdot R \right]^{\frac{1}{n+1}} \quad (6)$$

sendo:  $G$  – média geométrica dos teores dos nutrientes na matéria seca, em  $\text{mg kg}^{-1}$ ;  $Nt_i$  – teor de cada nutriente na matéria seca, em  $\text{mg kg}^{-1}$ ;  $R$  – valor dos componentes não determinados na matéria seca,  $\text{mg kg}^{-1}$ ;  $n$  – número de nutrientes analisados.

Esta equação revela que há dependência entre os dados relativos da composição, pois qualquer variação em uma das partes de um todo afeta os valores de outras partes do conjunto (AITCHISON, 1986).

Posteriormente, calculou-se as variáveis multinutrientes ( $V$ ), utilizando-se a equação (7), por meio do logaritmo neperiano. O emprego da transformação logarítmica possibilita gerar melhor distribuição dos dados (BEVERLY, 1987).

$$V_i = \ln \left( \frac{Nt_i}{G} \right) \quad (7)$$

sendo:  $V_i$  – valor das variáveis multinutrientes;  $G$  – média geométrica dos teores dos nutrientes na matéria seca, em  $\text{mg kg}^{-1}$ ;  $Nt_i$  – teor de cada nutriente na matéria seca, em  $\text{mg kg}^{-1}$ .

O somatório dos valores das variáveis multinutrientes e do R de cada talhão, satisfaz a seguinte condição (KHIARI et al., 2001):

$$\sum_{i=N,P,K\dots} V_i = 0$$

O passo seguinte foi identificar e excluir os *outliers* do banco de dados. A análise multivariada, empregada nos cálculos do CND, permite que a Distância de Mahalanobis -  $D^2$ , calculada pela equação (8), possa excluir os dados em desequilíbrio (PARENT et al., 2009). Deste modo, quanto maior for a distância, maior será o desequilíbrio de nutrientes na amostra.

$$D^2 = \sum_{i=N,P,K\dots} (V_i - \bar{V})^T \text{COV}^{-1} (V_i - \bar{V}) \quad (8)$$

sendo:  $V_i$  – variável multinutriente da amostra a ser comparada;  $\bar{V}$  – média da variável multinutriente da população total;  $\text{COV}^{-1}$  – matriz de covariância inversa da população total;  $T$  – significa que a matriz deve ser transposta.

O CND fornece um índice de desequilíbrio de nutrientes de plantas (CND –  $r^2$ ) assumindo uma distribuição  $\chi^2$ , sendo que a  $D^2$ , que detecta casos anômalos no conjunto de dados de composição, também possui essa distribuição. Assim, calculou-se o teste de  $\chi^2$  com base na  $D^2$ , sendo excluídas as amostras cujo valor foi inferior a 1 % de probabilidade ( $p < 0,01$ ).

Relacionou-se a produtividade e a variância acumulada dos valores da  $D^2$  (função cumulativa) do conjunto amostral, ajustou-se a função cúbica e determinou-se a segunda derivada da função (ponto de inflexão), dividindo os dados em subpopulações de alta e baixa produtividade (KHIARI et al., 2001).

Calculou-se a média e o desvio padrão das variáveis multinutrientes ( $V_i$ ) da subpopulação de alta produtividade, obtendo-se assim as normas CND para cada nutriente. Deste modo, foi possível calcular os índices CND nutricionais de cada talhão, utilizando-se a equação (9).

$$I_i = \frac{(V_i - \bar{V}_i)}{\sigma_i} \quad (9)$$

sendo:  $I_i$  – índice de balanço do nutriente  $i$  ou índice CND;  $V_i$  – valor da variável multinutriente  $i$  dos talhões avaliados;  $\bar{V}_i$  – média dos valores da variável

multinutriente  $i$  na população de referência;  $\sigma_i$  – desvio padrão da variável multinutriente  $i$  na população de referência.

A partir dos índices CND foi possível determinar o índice de desbalanço nutricional no talhão, através da equação (10).

$$CND - r^2 = \sum_{i=N,P,K\dots} I_i^2 \quad (10)$$

sendo:  $CND-r^2$  – índice de desbalanço nutricional no talhão;  $I_i$  – índice de balanço do nutriente  $i$  ou índice CND.

#### 3.4.4 Estabelecimento dos níveis ótimos e faixas de suficiência

Os níveis ótimos e faixas de suficiência dos nutrientes N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn foram determinados como preconizado por Souza et al. (2015), Rozane et al. (2020), Rodrigues et al. (2022) e Lima Neto et al. (2022). Os teores de cada nutriente foram relacionados com seus respectivos índices obtidos pelos métodos DRIS ou CND e, então, ajustadas equações de regressão que melhor representassem o relacionamento entre os dados. Para estabelecimento dos níveis nutricionais ótimos, os índices (eixo y) foram iguados a zero e então calculado o teor de cada nutriente na condição de equilíbrio nutricional (índice zero). Os limites inferiores (LI) e superiores (LS) das faixas de suficiência foram determinados pelo valor do nível ótimo  $\pm 2/3$  do desvio-padrão da população total.

### 3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.5.1 Análise descritiva dos dados

Os valores médios encontrados nas análises químicas dos solos nos talhões avaliados (TABELA 3.2) indicaram que os solos dos pomares comerciais apresentam acidez alta (4,4-5,0) e saturação por bases média (50-70 %), abaixo do indicado para a bananeira que é de 70 % (CANTARELLA et al., 2022). As concentrações de P, K, Ca, Mg e S foram interpretadas como alta (41,0-60,0 mg dm<sup>-3</sup>), média (1,6-3,0 mmolc dm<sup>-3</sup>), alta (> 7,0 mmolc dm<sup>-3</sup>), alta (> 8,0 mg dm<sup>-3</sup>) e alta (>10 mg dm<sup>-3</sup>), respectivamente. As concentrações de B, Cu, Fe, Mn e Zn foram interpretados como baixa (< 0,60 mg dm<sup>-3</sup>), baixa (< 2,0 mg dm<sup>-3</sup>), alta (> 12,0 mg

dm<sup>-3</sup>), média (5,0-10,0 mg dm<sup>-3</sup>) e média (5,0-10,0 mg dm<sup>-3</sup>), respectivamente (CANTARELLA et al., 2022).

TABELA 3.2 – VALORES DOS ATRIBUTOS DA FERTILIDADE DOS SOLOS NOS TALHÕES COMERCIAIS DE BANANEIRAS NANICA, NO VALE DO RIBEIRA – SP.

	pH	MO	K	Ca	Mg	SB	CTC	V
	CaCl <sub>2</sub>	g dm <sup>-3</sup>	----- mmolc dm <sup>-3</sup> -----					%
mínimo	4,1	21,0	1	9	4	14	61	15,0
máximo	5,8	57,0	6	76	24	100	134	83,7
média	5,0	33,0	2	39	13	54	87	62,4
desvio-padrão	0,4	0,7	1	12	5	17	16	14,3
CV (%)	8,1	22,4	58,8	31,2	35,6	31,5	18,4	22,9
	P	S-SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	B	Cu	Fe	Mn	Zn	
	----- mg dm <sup>-3</sup> -----							
mínimo	9,0	1,5	0,1	0,3	75,0	1,0	1,5	
máximo	158,8	28,0	3,6	2,8	323,0	49,0	15,0	
média	40,7	13,0	0,4	1,3	212,1	7,7	6,9	
desvio-padrão	30,9	6,6	0,4	0,6	68,9	6,4	3,7	
CV (%)	76,1	51,1	93,5	50,5	32,5	83,7	53,8	

FONTE: A autora (2022).

LEGENDA: CV – coeficiente de variação.

A produtividade de frutos nos talhões avaliados variou entre 13,1 e 65,9 t ha<sup>-1</sup>, com média de 32,7 t ha<sup>-1</sup> e desvio-padrão de 9,6 t ha<sup>-1</sup> (TABELA 3.3). A produtividade média observada no banco de dados foi 35 % superior ao encontrado para a banana no estado de São Paulo (IEA, 2022) e 54 % superior à média brasileira (FAO, 2022).

A ordem de variação observada nos teores foliares médios de nutrientes foi Mn>B>Fe>K>Cu>Ca>S>Mg>Zn>N>P (TABELA 3.3). Em geral, os micronutrientes apresentaram maiores variações, sendo o Mn e Zn os que apresentaram os maiores e menores valores, respectivamente. Essa maior variação para os micronutrientes corrobora com as encontradas por Lima Neto et al. (2022) em folhas de bananeiras ‘Prata’ no Ceará.

As maiores variações observadas para os teores de micronutrientes na folha, em parte, são atribuídas à grande variação dos mesmos no solo, como também constatado por Guimarães e Deus (2021). Os autores também conferem a causa às maiores variações que os teores foliares podem apresentar em função do período em que se realiza a coleta.

O K foi o macronutriente que apresentou maior CV, corroborando com o encontrado por Perez et al. (2015) em folhas de bananeiras subgrupo Cavendish

para a mesma região do estudo. Esta variação, em parte, atribui-se as diferenças no manejo da adubação potássica adotada pelos produtores com diferentes doses e épocas do ano.

TABELA 3.3 – VALORES MÍNIMO, MÁXIMO, MÉDIA, DESVIO-PADRÃO E COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (CV) DA PRODUTIVIDADE E DOS TEORES FOLIARES DE NUTRIENTES EM TALHÕES COMERCIAIS DE BANANEIRAS NANICA NO VALE DO RIBEIRA – SP.

Variável	N	P	K	Ca	Mg	S
	----- g kg <sup>-1</sup> -----					
mínimo	18,9	1,6	15,8	2,0	1,4	1,3
máximo	39,3	2,7	82,5	14,3	4,9	3,6
média	26,6	2,1	34,3	7,6	2,9	2,1
desvio-padrão	3,3	0,2	9,6	1,8	0,5	0,4
CV (%)	12,4	10,9	27,9	24,3	17,8	20,0
	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Prod.
	----- mg kg <sup>-1</sup> -----					
mínimo	3,7	3,3	10,0	27,0	10,0	13,1
máximo	80,0	27,0	670,0	1454,0	32,0	65,9
média	12,9	8,8	123,6	296,6	20,4	32,7
desvio-padrão	6,7	2,4	61,7	182,7	3,5	9,6
CV (%)	52,0	26,9	49,9	61,6	17,2	29,3

FONTE: A autora (2022).

LEGENDA: CV – coeficiente de variação.

### 3.5.2 Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação – DRIS

Como não há uma metodologia padrão na literatura para exclusão de *outliers* e divisão da população geral em subpopulação de alta e baixa produtividade pelo método DRIS, as normas foram calculadas com base nos 291 talhões do banco de dados e para obtenção da população de referência (alta produtividade) foi utilizada a média das produtividades dos talhões avaliados, do mesmo modo ao utilizado por Santos e Rozane (2017).

O ponto de corte para divisão das subpopulações foi de 32,7 t ha<sup>-1</sup>, indicando que talhões com produtividades maiores que 32,7 t ha<sup>-1</sup> são de alta produtividade (n = 126) e menores são talhões de baixa produtividade (n = 165). O ponto de corte das subpopulações foi menor que os 45,0 t ha<sup>-1</sup> encontrado por Teixeira et al. (2007) ao estabelecerem normas DRIS para bananas do subgrupo Cavendish cultivadas no Planalto Paulista e Vale do Ribeira. Contudo, os autores não descrevem a metodologia utilizada para obtenção do ponto de corte. A estatística descritiva (valor mínimo, máximo, média, desvio-padrão e coeficiente de variação) dos teores dos nutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn) nas subpopulações de alta e baixa produtividade estão dispostas na Tabela 3.4.

As normas DRIS (média e desvio-padrão) estabelecidas para os nutrientes, considerando talhões de alta produtividade de bananeiras Nanica no Vale do Ribeira, são apresentadas na Tabela 3.5.

TABELA 3.4 – VALORES MÍNIMO, MÁXIMO, MÉDIA, DESVIO-PADRÃO E COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (CV) DOS TEORES DE NUTRIENTES E DA PRODUTIVIDADE OBTIDOS DE TALHÕES DE ALTA E BAIXA PRODUTIVIDADE DE BANANEIRAS NANICA NO VALE DO RIBEIRA – SP.

Subpopulação de Alta Produtividade (n = 126)						
Variável	N	P	K	Ca	Mg	S
	----- g kg <sup>-1</sup> -----					
mínimo	18,9	1,6	16,3	2,0	1,6	1,4
máximo	39,3	2,7	82,5	14,3	4,5	3,6
média	26,4	2,1	34,8	7,5	2,9	2,1
desvio-padrão	3,3	0,2	10,1	1,7	0,5	0,4
CV (%)	12,3	10,7	29,2	23,1	15,9	19,5
	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Prod.
	----- mg kg <sup>-1</sup> -----					
mínimo	4,1	4,0	40,0	27,0	10,0	34,6
máximo	46,0	27,0	250,0	950,0	32,0	65,9
média	12,5	9,2	123,2	319,1	20,6	42,2
desvio-padrão	4,4	2,7	35,4	185,8	3,6	4,2
CV (%)	35,0	28,8	28,7	58,2	17,5	9,8
Subpopulação de Baixa Produtividade (n = 165)						
Variável	N	P	K	Ca	Mg	S
	----- g kg <sup>-1</sup> -----					
mínimo	18,9	1,6	15,8	2,0	1,4	1,3
máximo	38,2	2,7	49,9	12,8	4,9	3,3
média	26,8	2,2	33,9	7,6	3,0	2,1
desvio-padrão	3,3	0,2	9,1	1,9	0,6	0,4
CV (%)	12,4	11,1	26,9	25,1	19,1	20,2
	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Prod.
	----- mg kg <sup>-1</sup> -----					
mínimo	3,7	3,3	10,0	32,0	11,0	13,1
máximo	80,0	16,0	670,0	1454,0	30,0	32,6
média	13,1	8,4	124,0	279,5	20,2	25,4
desvio-padrão	8,0	2,0	75,9	178,9	3,4	5,1
CV (%)	61,0	24,1	61,2	64,0	17,0	20,0

FONTE: A autora (2022).

LEGENDA: CV – coeficiente de variação.

TABELA 3.5 – MÉDIA ( $\bar{x}$ ) E DESVIO-PADRÃO ( $\sigma$ ) (NORMAS DRIS) DAS RELAÇÕES DUAIS LOGARÍTMICAS ENTRE OS TEORES NUTRICIONAIS OBTIDAS DE TALHÕES DE ALTA PRODUTIVIDADE (N = 126) DE BANANEIRAS NANICA NO VALE DO RIBEIRA – SP.

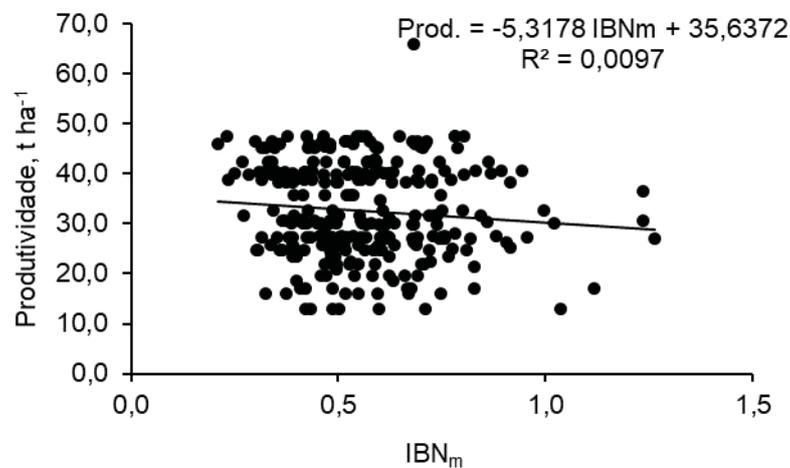
Relação	N/P	N/K	N/Ca	N/Mg	N/S	N/B	N/Cu	N/Fe	N/Mn	N/Zn
$\bar{x}$	1,09	-0,10	0,56	0,96	1,09	0,34	0,47	-0,65	-1,00	0,11
$\sigma$	0,06	0,14	0,11	0,09	0,10	0,14	0,11	0,13	0,30	0,09
Relação	P/N	P/K	P/Ca	P/Mg	P/S	P/B	P/Cu	P/Fe	P/Mn	P/Zn
$\bar{x}$	-1,09	-1,20	-0,54	-0,13	0,002	-0,75	-0,63	-1,75	-2,10	-0,98
$\sigma$	0,06	0,14	0,11	0,08	0,08	0,14	0,11	0,13	0,30	0,09
Relação	K/N	K/P	K/Ca	K/Mg	K/S	K/B	K/Cu	K/Fe	K/Mn	K/Zn
$\bar{x}$	0,10	1,20	0,66	1,07	1,20	0,45	0,57	-0,55	-0,90	0,22
$\sigma$	0,14	0,14	0,17	0,15	0,16	0,18	0,17	0,19	0,32	0,15
Relação	Ca/N	Ca/P	Ca/K	Ca/Mg	Ca/S	Ca/B	Ca/Cu	Ca/Fe	Ca/Mn	Ca/Zn
$\bar{x}$	-0,56	0,54	-0,66	0,41	0,54	-0,21	-0,09	-1,21	-1,56	-0,44
$\sigma$	0,11	0,11	0,17	0,11	0,13	0,16	0,17	0,16	0,33	0,14
Relação	Mg/N	Mg/P	Mg/K	Mg/Ca	Mg/S	Mg/B	Mg/Cu	Mg/Fe	Mg/Mn	Mg/Zn
$\bar{x}$	-0,96	0,13	-1,07	-0,41	0,13	-0,62	-0,49	-1,62	-1,96	-0,85
$\sigma$	0,09	0,08	0,15	0,11	0,10	0,14	0,13	0,13	0,29	0,10
Relação	S/N	S/P	S/K	S/Ca	S/Mg	S/B	Mg/Cu	Mg/Fe	Mg/Mn	Mg/Zn
$\bar{x}$	-1,09	-0,002	-1,20	-0,54	-0,13	-0,75	-0,63	-1,75	-2,10	-0,98
$\sigma$	0,10	0,08	0,16	0,13	0,10	0,16	0,12	0,15	0,30	0,10
Relação	B/N	B/P	B/K	B/Ca	B/Mg	B/S	B/Cu	B/Fe	B/Mn	B/Zn
$\bar{x}$	-0,34	0,75	-0,45	0,21	0,62	0,75	0,13	-1,00	-1,34	-0,23
$\sigma$	0,14	0,14	0,18	0,16	0,14	0,16	0,18	0,17	0,33	0,14
Relação	Cu/N	Cu/P	Cu/K	Cu/Ca	Cu/Mg	Cu/S	Cu/B	Cu/Fe	Cu/Mn	Cu/Zn
$\bar{x}$	-0,47	0,63	-0,57	0,09	0,49	0,63	-0,13	-1,12	-1,47	-0,36
$\sigma$	0,11	0,11	0,17	0,17	0,13	0,12	0,18	0,15	0,29	0,11
Relação	Fe/N	Fe/P	Fe/K	Fe/Ca	Fe/Mg	Fe/S	Fe/B	Fe/Cu	Fe/Mn	Fe/Zn
$\bar{x}$	0,65	1,75	0,55	1,21	1,62	1,75	1,00	1,12	-0,35	0,77
$\sigma$	0,13	0,13	0,19	0,16	0,13	0,15	0,17	0,15	0,31	0,13
Relação	Mn/N	Mn/P	Mn/K	Mn/Ca	Mn/Mg	Mn/S	Mn/B	Mn/Cu	Mn/Fe	Mn/Zn
$\bar{x}$	1,00	2,10	0,90	1,56	1,96	2,10	1,34	1,47	0,35	1,11
$\sigma$	0,30	0,30	0,32	0,33	0,29	0,30	0,33	0,29	0,31	0,30
Relação	Zn/N	Zn/P	Zn/K	Zn/Ca	Zn/Mg	Zn/S	Zn/B	Zn/Cu	Zn/Fe	Zn/Mn
$\bar{x}$	-0,11	0,98	-0,22	0,44	0,85	0,98	0,23	0,36	-0,77	-1,11
$\sigma$	0,09	0,09	0,15	0,14	0,10	0,10	0,14	0,11	0,13	0,30

FONTES: A autora (2022).

LEGENDA:  $\bar{x}$  – média;  $\sigma$  – desvio-padrão.

O relacionamento entre a produtividade e o índice de balanço nutricional médio (IBNm), é apresentado na Figura 3.3. O coeficiente de correlação obtido foi de 0,098, não indicando que a produtividade esteve associada ao estado nutricional da bananeira. Baixos valores de  $R^2$  foram observados ao relacionar produtividade com IBNm para as culturas da banana (SILVA e CARVALHO, 2006; VILLASEÑOR et al., 2020) e atemoia (SANTOS e ROZANE, 2017).

FIGURA 3.3 – RELACIONAMENTO ENTRE A PRODUTIVIDADE E O ÍNDICE DE BALANÇO NUTRICIONAL MÉDIO (IBN<sub>m</sub>) DE TALHÕES DE BANANEIRAS NANICA NO VALE DO RIBEIRA – SP.



FONTE: A autora (2022).

Os modelos estatísticos obtidos da relação entre os teores de nutrientes no tecido foliar e seus respectivos índices DRIS são apresentados na Tabela 3.6. Em geral, observa-se que os coeficientes de determinação ( $R^2$ ) foram superiores a 0,70, indicando forte correlação de Pearson ( $r > 0,83$ ), de acordo com Dancey e Reidey (2006). Apenas os macronutrientes N e P apresentaram valores de  $R^2$  menores que 0,50. Texeira et al. (2007), Villaseñor et al. (2020) e Lima Neto et al. (2022) ao estabelecerem normas DRIS para bananeiras também observaram baixos valores de  $R^2$  para os mesmos nutrientes.

TABELA 3.6 – MODELOS ESTATÍSTICOS OBTIDOS ENTRE OS TEORES DE NUTRIENTES E SEUS RESPECTIVOS ÍNDICES DRIS NAS AMOSTRAS FOLIARES DE BANANEIRAS NANICA NO VALE DO RIBEIRA – SP.

Nutriente	Equações	$R^2$
N	$IN = 0,1244 N - 3,2314$	0,50
P	$IP = 1,4155 P - 2,9591$	0,40
K	$IK = -0,0010 K^2 + 0,1530 K - 3,9642$	0,88
Ca	$ICa = 2,8236 \ln(Ca) - 5,5778$	0,87
Mg	$IMg = 0,9642 Mg - 2,8763$	0,72
S	$IS = 1,4000 S - 2,9897$	0,76
B	$IB = 2,5729 \ln(B) - 6,3463$	0,91
Cu	$ICu = -0,0084 Cu^2 + 0,4480 Cu - 3,3633$	0,87
Fe	$IFe = 2,6505 \ln(Fe) - 12,6292$	0,93
Mn	$IMn = 1,3912 \ln(Mn) - 7,7443$	0,98
Zn	$IZn = -0,0054 Zn^2 + 0,3721 Zn - 5,2554$	0,71

FONTE: A autora (2022).

### 3.5.3 Potencial de Resposta a Adubação (PRA)

Os índices DRIS foram interpretados pelo método do Potencial de Resposta à Adubação (PRA), de acordo com Wadt (1996). As frequências nas quais os nutrientes se comportaram quanto às 5 classes (*p*, *pz*, *z*, *nz* e *n*), nos talhões de alta e baixa produtividade, são apresentadas na Tabela 3.7. Na subpopulação de baixa produtividade o K é o nutriente que apresenta a maior frequência de talhões com resposta à adubação (*p*) (18,8%) e a maior frequência de talhões quanto à baixa resposta à adubação (*n*) (13,3%). A bananeira demanda expressivas e constantes quantidades de nutrientes para seu desenvolvimento, sendo, em geral, o K o nutriente mais demandado pela planta, estando diretamente ligado à produção e qualidade dos frutos (RATKE et al., 2012; DEUS et al., 2020).

TABELA 3.7 – PORCENTAGENS DE OBSERVAÇÕES DOS NUTRIENTES CONSIDERANDO AS CINCO CLASSES DO POTENCIAL DE RESPOSTA À ADUBAÇÃO (PRA) PARA AS SUBPOPULAÇÕES DE ALTA E BAIXA PRODUTIVIDADE, PARA BANANEIRAS NANICA NO VALE DO RIBEIRA – SP.

PRA	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
----- % -----											
Subpopulação de Alta Produtividade (n = 126)											
<i>p</i>	4,8	4,0	16,7	7,1	4,8	10,3	11,9	8,7	10,3	11,9	9,5
<i>pz</i>	7,1	8,7	11,9	12,7	20,6	11,1	9,5	12,7	9,5	8,7	11,9
<i>z</i>	73,8	74,6	42,9	53,2	63,5	54,0	59,5	58,7	56,3	47,6	60,3
<i>nz</i>	8,7	8,7	16,7	16,7	7,1	11,9	9,5	11,1	11,1	15,1	14,3
<i>n</i>	5,6	4,0	11,9	10,3	4,0	12,7	9,5	8,7	12,7	16,7	4,0
Subpopulação de Baixa Produtividade (n = 165)											
<i>p</i>	1,2	4,2	18,8	10,3	1,8	10,9	9,7	9,1	12,7	13,3	7,9
<i>pz</i>	9,1	6,1	10,3	5,5	12,7	12,1	8,5	20,0	15,2	18,2	12,1
<i>z</i>	68,5	64,2	45,5	57,6	61,8	62,4	60,0	62,4	52,7	47,3	61,8
<i>nz</i>	10,9	17,6	12,1	13,9	12,1	10,3	12,1	5,5	9,7	8,5	13,3
<i>n</i>	10,3	7,9	13,3	12,7	11,5	4,2	9,7	3,0	9,7	12,7	4,8

FONTE: A autora (2022).

LEGENDA: *p* – positiva, com alta probabilidade; *pz* – positiva, com baixa probabilidade; *z* – nula; *nz* – negativa, com baixa probabilidade; *n* – negativa, com alta probabilidade.

Na Tabela 3.8 são apresentadas as frequências esperadas (FE) e observadas (FO) dos nutrientes nas cinco classes do PRA, bem como o cálculo do qui-quadrado ( $\chi^2$ ) para as subpopulações de alta e de baixa produtividade. A análise de distribuição de  $\chi^2$  permitiu rejeitar a hipótese de que as FO para os nutrientes foram estatisticamente semelhantes às FE, indicando que o PRA não se mostrou um

método de interpretação sensível para interpretação dos índices DRIS, obtidos para bananeiras Nanica no Vale do Ribeira – SP.

TABELA 3.8 – FREQUÊNCIAS DOS NUTRIENTES CONSIDERANDO AS CINCO CLASSES DO POTENCIAL DE RESPOSTA À ADUBAÇÃO (PRA) E VALORES DE QUI-QUADRADO ( $\chi^2$ ) PARA AS SUBPOPULAÇÕES DE ALTA E BAIXA PRODUTIVIDADE DE BANANEIRAS NANICA NO VALE DO RIBEIRA – SP.

Nutriente	Alta produtividade						Baixa produtividade					
	(FE-FO) <sup>2</sup> /FE					$\chi^2$ (2 GL)	(FE-FO) <sup>2</sup> /FE					$\chi^2$ (2 GL)
	n	nz	z	pz	p		n	nz	z	pz	p	
N	1,7	15,9	100,1	18,7	2,6	139,0 <sup>ns</sup>	0,3	16,2	102,8	20,0	11,3	150,5 <sup>ns</sup>
P	3,6	15,9	103,5	15,9	3,6	142,5 <sup>ns</sup>	0,3	5,7	82,7	27,2	4,3	120,1 <sup>ns</sup>
K	1,1	5,2	11,2	10,9	8,0	36,4 <sup>ns</sup>	3,3	13,9	20,0	17,4	17,1	71,6 <sup>ns</sup>
Ca	0,2	5,2	31,0	9,8	0,5	46,7 <sup>ns</sup>	2,4	10,8	55,6	28,8	0,3	97,8 <sup>ns</sup>
Mg	3,6	18,7	60,6	2,0	2,6	87,6 <sup>ns</sup>	1,1	13,9	72,2	12,8	9,6	109,6 <sup>ns</sup>
S	1,8	10,9	32,9	12,1	0,2	54,9 <sup>ns</sup>	4,3	17,4	74,8	13,9	0,6	110,9 <sup>ns</sup>
B	0,0	14,6	48,1	14,6	1,1	78,3 <sup>ns</sup>	0,1	13,9	64,8	21,4	0,1	100,2 <sup>ns</sup>
Cu	0,0	12,1	45,7	9,8	0,0	67,6 <sup>ns</sup>	6,7	28,8	74,8	3,2	0,0	113,4 <sup>ns</sup>
Fe	1,8	12,1	39,1	14,6	0,2	67,7 <sup>ns</sup>	0,1	18,7	39,2	8,9	2,4	69,2 <sup>ns</sup>
Mn	8,0	6,9	19,1	15,9	1,1	50,9 <sup>ns</sup>	2,4	21,4	24,2	5,0	3,3	56,2 <sup>ns</sup>
Zn	3,6	7,8	50,4	10,9	0,0	72,8 <sup>ns</sup>	3,3	11,8	72,2	13,9	0,3	101,4 <sup>ns</sup>
$\chi^2$ (10 GL)	25,6 <sup>ns</sup>	125,1 <sup>ns</sup>	541,7 <sup>ns</sup>	135,2 <sup>ns</sup>	20,0 <sup>ns</sup>	-	24,0 <sup>ns</sup>	172,3 <sup>ns</sup>	683,1 <sup>ns</sup>	172,5 <sup>ns</sup>	49,1 <sup>ns</sup>	-
$\chi^2$ (20 GL)	-	-	-	-	-	847,5 <sup>ns</sup>	-	-	-	-	-	1101,0 <sup>ns</sup>

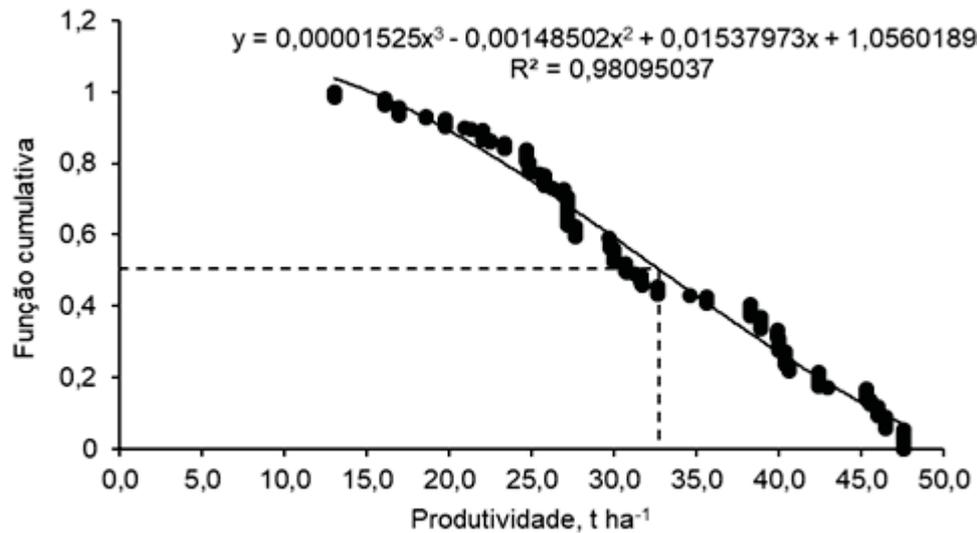
FONTE: A autora (2022).

LEGENDA: <sup>ns</sup>não significativo à 5 % de probabilidade.

### 3.5.4 Diagnóstico da Composição Nutricional – CND

O emprego da distância de Mahalanobis ( $D^2$ ), proposto por Parent et al. (2009), permitiu identificar e excluir 23 *outliers* do banco de dados, resultando em 268 dados a serem avaliados pelo método CND. O emprego desta metodologia e a da proposta por Khiari et al. (2001) para divisão das subpopulações possibilitou obter um ponto de corte para a produtividade de 32,5 t ha<sup>-1</sup> (FIGURA 3.4), o qual foi utilizado como valor base na divisão das subpopulações de alta produtividade (> 32,5 t ha<sup>-1</sup>) e baixa produtividade (< 32,5 t ha<sup>-1</sup>). Observa-se que o valor do ponto de corte obtido foi muito próximo ao de 32,7 t ha<sup>-1</sup>, obtido pela média das produtividades para divisão das subpopulações na metodologia DRIS.

FIGURA 3.4 – PONTO DE INFLEXÃO OBTIDO NA RELAÇÃO ENTRE A FUNÇÃO CUMULATIVA E A PRODUTIVIDADE EM TALHÕES COMERCIAIS DE BANANEIRAS NANICA NO VALE DO RIBEIRA – SP.



FONTE: A autora (2022).

Dos 268 talhões avaliados, 122 compuseram a população de alta produtividade e 146 a subpopulação de baixa produtividade. Os valores mínimos, máximos, médias e desvios-padrões dos teores foliares e da produtividade são apresentados na Tabela 3.9.

As normas CND, média e desvio-padrão das variáveis multinutrientes da subpopulação de alta produtividade, são apresentados na Tabela 3.10. As maiores médias das variáveis multinutrientes foram observadas para K (3,36), N (3,13) e Ca (1,87), indicando que são os nutrientes mais exigidos pela cultura. Os valores negativos observados para os micronutrientes, não demonstram menor importância destes na nutrição da bananeira, mas sim menores quantidades exigidas pela cultura, em relação aos demais.

TABELA 3.9 – VALORES MÍNIMO, MÁXIMO, MÉDIA, DESVIO-PADRÃO E COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (CV) DOS TEORES FOLIARES DE NUTRIENTES E DA PRODUTIVIDADE OBTIDOS DE TALHÕES DE ALTA E BAIXA PRODUTIVIDADE DE BANANEIRAS NANICA NO VALE DO RIBEIRA – SP.

Variável	Subpopulação de Alta Produtividade (n = 122)					
	N	P	K	Ca	Mg	S
	----- g kg <sup>-1</sup> -----					
mínimo	18,9	1,7	16,3	4,6	2,0	1,4
máximo	36,5	2,7	62,4	12,6	4,6	3,2
média	26,2	2,2	34,3	7,5	2,9	2,2
desvio-padrão	3,0	0,2	9,4	1,5	0,5	0,4
CV (%)	11,4	10,6	27,4	20,0	15,6	18,4
	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Produtividade
	----- mg kg <sup>-1</sup> -----					t ha <sup>-1</sup>
mínimo	6,0	5,0	40,0	52,0	12,0	32,6
máximo	25,6	16,0	225,0	800,0	32,0	47,6
média	12,2	9,0b	120,3	315,6	20,7	41,7
desvio-padrão	3,2	2,0	33,5	174,8	3,4	4,1
CV (%)	25,8	22,0	27,8	55,4	16,5	9,7
	Subpopulação de Baixa Produtividade (n = 146)					
	N	P	K	Ca	Mg	S
	----- g kg <sup>-1</sup> -----					
mínimo	18,9	1,6	15,8	3,5	1,9	1,3
máximo	38,2	2,7	49,9	12,8	4,9	3,3
média	26,9	2,2	33,6	7,8	3,0	2,1
desvio-padrão	3,2	0,2	9,2	1,8	0,5	0,4
CV (%)	11,8	10,9	27,3	23,5	18,2	20,1
	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Prod.
	----- mg kg <sup>-1</sup> -----					t ha <sup>-1</sup>
mínimo	5,0	3,3	60,0	46,0	11,0	13,1
máximo	38,0	16,0	335,0	1454,0	30,0	31,7
média	12,3	8,4	117,6	284,3	20,0	25,0
desvio-padrão	3,8	1,9	36,5	183,7	3,4	4,9
CV (%)	30,7	22,6	31,1	64,6	16,7	19,7

FONTE: A autora (2022).

LEGENDA: CV – coeficiente de variação.

TABELA 3.10 – MÉDIA E DESVIO-PADRÃO DAS VARIÁVEIS MULTINUTRIENTES (NORMAS CND) OBTIDAS DE TALHÕES DE ALTA PRODUTIVIDADE DE BANANEIRAS NANICA NO VALE DO RIBEIRA – SP.

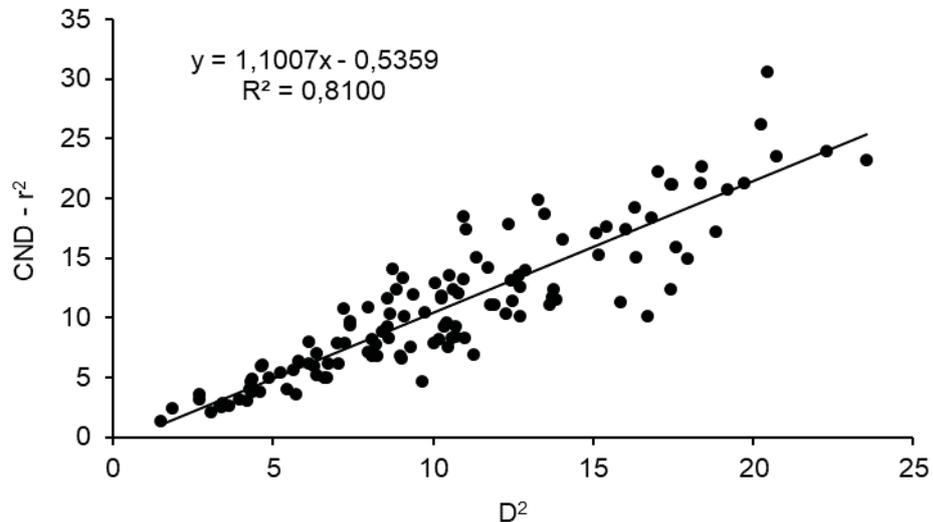
Variável	Média	Desvio-padrão
V <sub>N</sub>	3,13	0,13
V <sub>P</sub>	0,63	0,12
V <sub>K</sub>	3,36	0,29
V <sub>Ca</sub>	1,87	0,21
V <sub>Mg</sub>	0,92	0,13
V <sub>S</sub>	0,62	0,18
V <sub>B</sub>	-4,57	0,24
V <sub>Cu</sub>	-4,86	0,19
V <sub>Fe</sub>	-2,29	0,26
V <sub>Mn</sub>	-1,46	0,57
V <sub>Zn</sub>	-4,03	0,16

FONTE: A autora (2022).

A relação entre a Distância de Mahalanobis ( $D^2$ ) e o índice de desequilíbrio nutricional ( $CND-r^2$ ) na população de referência (FIGURA 3.5), demonstrou que

quanto maior é a distância dos dados em relação à linha de tendência central, maior é o desequilíbrio nutricional da amostra foliar.

FIGURA 3.5 – RELACIONAMENTO ENTRE O ÍNDICE DE DESEQUILÍBRIO NUTRICIONAL ( $CND-r^2$ ) E DISTÂNCIA DE MAHALANOBIS ( $D^2$ ) DA POPULAÇÃO DE ALTA PRODUTIVIDADE.

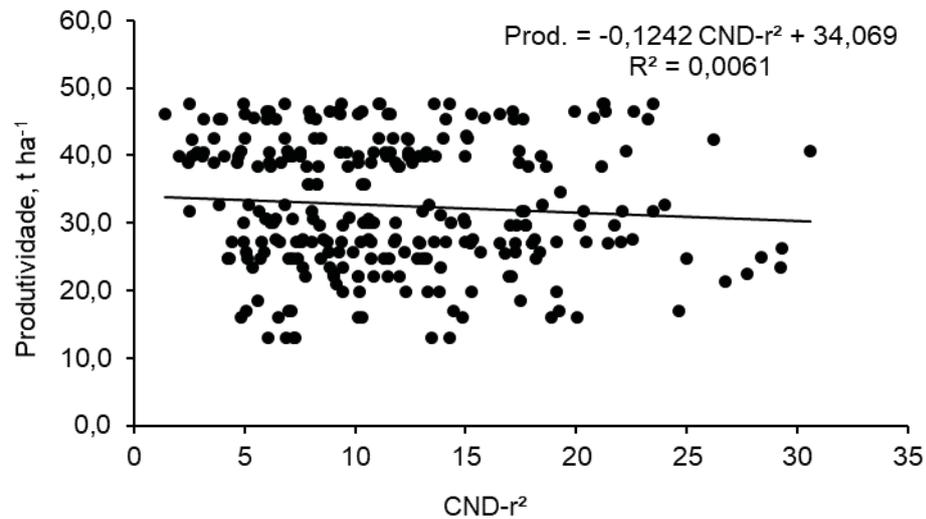


FONTE: A autora (2022).

Na Figura 3.6 é apresentado o gráfico de dispersão e o modelo que ajusta o relacionamento entre o índice de desequilíbrio nutricional ( $CND-r^2$ ) de cada talhão com sua respectiva produtividade. O coeficiente de correlação obtido foi de 0,078, indicando que os fatores nutricionais estiveram pouco associados a produtividade da bananeira. Rozane et al. (2020) também observaram baixos valores de  $R^2$  ao utilizarem a metodologia CND em videiras.

A baixa correlação entre os índices DRIS e CND com a produtividade evidencia que outros fatores (não nutricionais) influenciaram diretamente na produtividade da bananeira durante as épocas estudadas. A baixa produtividade associada a fatores não nutricionais pode ter relação com adversidades climáticas como chuva de granizo que atingiu a região em 2019, ocasionando diminuição de produção e severos danos físicos às áreas em avaliação.

FIGURA 3.6 – RELACIONAMENTO ENTRE A PRODUTIVIDADE E O ÍNDICE DE DESEQUILÍBRIO NUTRICIONAL (CND-r<sup>2</sup>) DE TALHÕES COMERCIAIS DE BANANEIRAS NANICA NO VALE DO RIBEIRA – SP.



FONTE: A autora (2022).

Os modelos de regressão obtidos da relação entre o teor de cada nutriente e seus respectivos índices CND, são apresentados na Tabela 3.11. De modo semelhante aos obtidos pelos índices DRIS (TABELA 3.6), observou-se que os nutrientes K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn apresentaram coeficientes de determinação ( $R^2$ ) superiores a 0,70, e N e P apresentaram  $R^2 > 0,6$ , sendo, em geral, os valores de  $R^2$  no CND superiores aos do DRIS.

TABELA 3.11 – MODELOS ESTATÍSTICOS OBTIDOS ENTRE OS TEORES FOLIARES DE NUTRIENTES E SEUS RESPECTIVOS ÍNDICES CND NAS AMOSTRAS FOLIARES DE BANANEIRAS NANICA NO VALE DO RIBEIRA – SP.

Nutriente	Equações	R <sup>2</sup>
N	IN = 0,2439 N - 6,2995	0,56
P	IP = 3,1043 P - 6,5815	0,48
K	IK = -0,0015 K <sup>2</sup> + 0,2059 K - 5,1331	0,90
Ca	ICa = -0,0371Ca <sup>2</sup> + 1,1510 Ca - 6,4326	0,84
Mg	IMg = 1,7908 Mg - 5,0769	0,71
S	IS = 2,1903 S - 4,6797	0,78
B	IB = 3,6995 ln(B) - 9,1047	0,88
Cu	ICu = -0,0165 Cu <sup>2</sup> + 0,7908 Cu - 5,7232	0,85
Fe	IFe = 3,3641 ln(Fe) - 15,9551	0,89
Mn	IMn = 1,5938 ln(Mn) - 8,8963	0,99
Zn	IZn = -0,0108 Zn <sup>2</sup> + 0,6967 Zn - 9,6223	0,74

FONTE: A autora (2022).

### 3.5.5 Faixas de suficiência foliar de nutrientes para bananeiras Nanica

Os teores foliares considerados adequados e as faixas de suficiência foliar obtidas pelos métodos DRIS e CND para bananeiras Nanica são apresentados na Tabela 3.12. Realizou-se a comparação entre os teores e as faixas de suficiência obtidas ambos os métodos, bem como a comparação das faixas nutricionais consideradas adequadas para a cultura da banana nos estados de São Paulo (CANTARELLA et al., 2022), Paraná (PAULETTI e MOTTA, 2019) e Santa Catarina (GUIMARÃES et al., 2020) (TABELA 3.13). Observou-se que os teores adequados e as faixas de suficiência variaram pouco entre as metodologias DRIS e CND (TABELA 3.12), corroborando ao observado por Lima Neto et al. (2022), ao estabelecerem normas DRIS e CND para bananeiras 'Prata' no Nordeste do país. No presente estudo, apenas o teor de S apresentou a mesma faixa para ambos os métodos, sendo que a metodologia CND apresenta faixas mais estreitas e mais precisas aos demais.

TABELA 3.12 – TEORES FOLIARES ADEQUADOS E FAIXAS DE SUFICIÊNCIA DE NUTRIENTES OBTIDAS PELAS METODOLOGIAS DRIS E CND PARA BANANEIRAS NANICA NO VALE DO RIBEIRA – SP.

Nutrientes	DRIS		CND	
	Faixa	Teor <sup>1</sup>	Faixa	Teor <sup>1</sup>
	----- g kg <sup>-1</sup> -----			
N	23,8-28,2	26,0	23,8-27,9	25,8
P	1,9-2,2	2,1	2,0-2,3	2,1
K	26,7-39,4	33,0	26,6-38,9	32,7
Ca	6,0-8,4	7,2	6,2-8,4	7,3
Mg	2,6-3,3	3,0	2,5-3,2	2,8
S	1,9-2,4	2,1	1,9-2,4	2,1
	----- mg kg <sup>-1</sup> -----			
B	7,3-16,2	11,8	9,4-14,1	11,7
Cu	7,5-10,6	9,0	7,6-10,2	8,9
Fe	76,2-158,4	117,3	91,3-138,2	114,7
Mn	139,8-383,3	261,6	145,5-385,6	265,6
Zn	17,5-22,2	19,8	17,8-22,3	20,0

FONTE: A autora (2022).

LEGENDA: <sup>1</sup>Teores obtidos para índices em equilíbrio nutricional (valor zero).

Ao confrontar as faixas obtidas no presente estudo com as da literatura (TABELA 3.14) se observa, em geral, que as faixas recomendadas para o estado de São Paulo (RAIJ et al., 1997; CANTARELLA et al., 2022) e Paraná (PAULETTI e MOTTA, 2019) são mais amplas do que as obtidas no presente estudo. Já as faixas

recomendadas por Guimarães et al. (2020) estão mais próximas às encontradas para bananeiras Nanica no Vale do Ribeira – SP.

Menores amplitudes das faixas de suficiência foram observadas para soja (URANO et al., 2006), laranja (CAMACHO et al., 2012), algodão (KURIHARA et al., 2013) e videiras (ROZANE et al., 2020) em relação às encontradas na literatura. A menor amplitude das faixas de suficiência permite maior confiabilidade no diagnóstico do estado nutricional das plantas, diminuindo a probabilidade de interpretações equivocadas quanto a deficiência, suficiência ou excesso de um nutriente (KURIHARA et al., 2013; PARTELLI et al., 2014). Rozane et al. (2015), Rozane et al. (2016) e Guimarães et al. (2020) também ressaltaram a importância de que cada estado ou região atualize as faixas de suficiência para as culturas conforme haja mudanças de cultivares, manejo e/ou condições edafoclimáticas.

TABELA 3.13 – FAIXAS DE TEORES FOLIARES DE NUTRIENTES CONSIDERADAS ADEQUADAS PARA BANANEIRA, DE ACORDO COM A LITERATURA.

Nutrientes	Raij et al. (1997) e	Pauletti e Motta (2019)	Guimarães et al. (2020)
	Cantarella et al. (2022)		
	----- g kg <sup>-1</sup> -----		
N	27,0-36,0	17,0-36,0	21,0-24,0
P	1,8-2,7	1,6-3,2	1,9-2,2
K	35,0-54,0	24,0-56,0	37,0-54,0
Ca	3,0-12,0	4,9-12,0	6,0-8,0
Mg	3,0-6,0	1,3-6,0	2,9-3,4
S	2,5-8,0	1,6-3,7	1,5-2,0
	----- mg kg <sup>-1</sup> -----		
B	10,0-25,0	9,0-75,0	12,0-19,0
Cu	6,0-30,0	6,0-30,0	6,0-9,0
Fe	80,0-360,0	45,0-360,0	120,0-207,0
Mn	200,0-2000,0	88,0-180,0	148,0-460,0
Zn	20,0-50,0	45,0-360,0	18,0-23,0

FONTE: A autora (2022).

### 3.6 CONCLUSÕES

Apesar dos índices de balanço nutricional (IBN<sub>m</sub>) e de desequilíbrio nutricional (CND-r<sup>2</sup>) não se correlacionarem a produtividade, os teores de K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn correlacionaram-se com seus respectivos índices nutricionais.

Os teores ótimos e as faixas de suficiência estimadas pelos métodos DRIS e CND são semelhantes, embora a metodologia empregada para o tratamento dos dados e obtenção das relações entre nutrientes sejam distintas.

A utilização das faixas nutricionais obtidas no presente estudo pode ser utilizada por produtores de banana no Vale do Ribeira – SP, permitindo maior acurácia no diagnóstico nutricional da cultura sob as atuais bases produtivas.

### 3.7 REFERÊNCIAS

- Aitchison, J. (1982). The Statistical Analysis of Compositional Data. *Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Methodological)*, 44(2), 139–160. <https://doi.org/10.1111/j.2517-6161.1982.tb01195.x>
- Alvares, C. A., Stape, J. L., Sentelhas, P. C., de Moraes Gonçalves, J. L., & Sparovek, G. (2013). Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, 22(6), 711–728. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>
- Angeles, D. E., Sumner, M. E., & Lahav, E. (1993). Preliminary DRIS norms for banana. *Journal of Plant Nutrition*, 16(6), 1059–1070. <https://doi.org/10.1080/01904169309364594>
- Bataglia, O. C., Teixeira, J. P. F., Furlani, P. R., Furlani, A. M. C., & Gallo, J. R. (1978). Métodos de análise química de plantas (Vol. 87). Campinas: IAC.
- Beaufils, E. R. (1973). Diagnosis and recommendation integrated system (DRIS): a general scheme for experimentation and calibration based on principles developed from research in plant nutrition. Pietermaritzburg: University of Natal, 1973. 132p. Soil science bulletin, 1.
- Beverly, R. B. (1987). Fertilizer use efficiency: Modified dris method for simplified nutrient diagnosis of 'valencia' oranges. *Journal of Plant Nutrition*, 10(9-16), 1401-1408.
- Borges, A. L. Silva, J. T. A. (2012). Diagnose foliar na cultura da banana. In: Prado, R. M. (Ed.). Nutrição de plantas: diagnose foliar em frutíferas. 1ª ed. Jaboticabal: Funep, (199-226).
- Camacho, M. A., Silveira, M. V. D., Camargo, R. A., & Natale, W. (2012). Normal nutrient ranges by the ChM, DRIS and CND methods and critical level by method of the reduced normal distribution for orange-pera. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 36, 193-200.
- Cantarella, H.; Quaggio, J. A.; Mattos Júnior, D.; Boaretto, R. M.; Raij, B. van. (2022). Boletim 100: Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo. 3ª ed. Campinas: IAC.

- Centro Integrado de Informações Agrometeorológicas – CIIAGRO. Portal agrometeorológico e hidrológico do estado de São Paulo. Disponível em: <http://www.ciiagro.org.br/cpmensal>. Acesso em: 1 nov. 2022.
- Dancey, C. P., Reidy, J., & Lorí Viali. (2006). Estatística sem matemática para psicologia: usando SPSS para Windows. Artmed.
- Deus, J. A. L., Neves, J. C. L., Corrêa, M. C. D. M., Parent, S. É., Natale, W., & Parent, L. E. (2018). Balance design for robust foliar nutrient diagnosis of “Prata” banana (*Musa spp.*). *Scientific Reports*, 8(1), 1-7.
- Deus, J. A. L. D., Neves, J. C. L., Lima Neto, A. J. D., Natale, W., Alvarez V, V. H., & Albuquerque, F. M. R. D. (2020). Partitioning of macronutrients and nutritional efficiency in fertigated prata banana. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 42(4), e-611.
- Donato, S. L. R., Lédo, A. A., Pereira, M. C. T., Coelho, E. F., Cotrim, C. E., & Coelho Filho, M. A. (2010). Estado nutricional de bananeiras tipo Prata sob diferentes sistemas de irrigação. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 45(9), 980-988.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). Faostat. Crop production data. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>. Acesso em: 15 mai. 2022.
- Gott, R. M., Aquino, L. A. D., de Carvalho, A. M., dos Santos, L. P., Nunes, P. H., & Coelho, B. S. (2014). Índices diagnósticos para interpretação de análise foliar do milho. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 18(11), 1110-1115.
- Guimarães, G. G. F., & Deus, J. A. L. D. (2021). Diagnosis of soil fertility and banana crop nutrition in the state of Santa Catarina. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 43(4), e-124.
- Guimarães, G. G. F., DEUS, J. D., & Rozane, D. E. (2020). Calagem, adubações e valores de referência de nutrientes na cultura da banana. BRUNETTO, G. et al. Atualização sobre calagem e adubação em frutíferas. Porto Alegre: Núcleo Regional Sul da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 65-77.
- Holland, D. A. (1966). The Interpretation of Leaf Analyses. *Journal of Horticultural Science*, 41(4), 311–329. <https://doi.org/10.1080/00221589.1966.11514179>
- Instituto de economia agrícola (IEA). Secretaria de Agricultura e Abastecimento. Estatísticas da produção paulista. Disponível em: [http://ciagri.iea.sp.gov.br/nia1/subjetiva.aspx?cod\\_sis=1&idioma=1](http://ciagri.iea.sp.gov.br/nia1/subjetiva.aspx?cod_sis=1&idioma=1). Acesso em: 15 mai. 2022.
- Jones, C. A. (1981). Proposed modifications of the diagnosis and recommendation integrated system (DRIS) for interpreting plant analyses. *Communications in Soil*

*Science and Plant Analysis*, 12(8), 785–794.  
<https://doi.org/10.1080/00103628109367194>

- Khiari, L., Parent, L.-É., & Tremblay, N. (2001). Selecting the High-Yield Subpopulation for Diagnosing Nutrient Imbalance in Crops. *Agronomy Journal*, 93(4), 802–808. <https://doi.org/10.2134/agronj2001.934802x>
- Kurihara, C. H., Venegas, V. H. A., Neves, J. C. L., Novais, R. F. de, & Staut, L. A. (2013). Faixas de suficiência para teores foliares de nutrientes em algodão e em soja, definidas em função de índices DRIS. *Revista Ceres*, 60(3), 412–419. <https://doi.org/10.1590/s0034-737x2013000300015>
- Lima Neto, A. J., Natale, W., Rozane, D. E., de Deus, J. A. L., & Rodrigues Filho, V. A. (2021). Establishment of DRIS and CND Standards for Fertigated “Prata” Banana in the Northeast, Brazil. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 22(1), 765–777. <https://doi.org/10.1007/s42729-021-00687-7>
- Martin-Prével, P. Bananier. In: Martin-Prével, P., Gagnard, J., & Gautier, P. (1984). L'analyse végétale dans le contrôle de l'alimentation des plantes tempérées et tropicales. Paris: Lavoisier technique et documentation, (715-751).
- Natale, W., & Rozane, D. E. (2018). Análise de solo, folhas e adubação de frutíferas. Registro: Unesp-Câmpus Experimental de Registro.
- Parent, L. E., & Dafir, M. (1992). A Theoretical Concept of Compositional Nutrient Diagnosis. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 117(2), 239–242. <https://doi.org/10.21273/jashs.117.2.239>
- Parent, L. E., Natale, W., & Ziadi, N. (2009). Compositional nutrient diagnosis of corn using the Mahalanobis distance as nutrient imbalance index. *Canadian Journal of Soil Science*, 89(4), 383–390. <https://doi.org/10.4141/cjss08050>
- Partelli, F. L., Dias, J. R. M., Vieira, H. D., Wadt, P. G. S., & Paiva Júnior, E. (2014). Avaliação nutricional de feijoeiro irrigado pelos métodos CND, DRIS e faixas de suficiência. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 38(3), 858–866. <https://doi.org/10.1590/s0100-06832014000300017>
- Pauletti, V.; Motta, A. C. V. (2019) Manual de adubação e calagem para o estado do Paraná. 2ª ed. Curitiba: SBCS/NEPAR.
- Perez, A. T.; Godoy, L. J. G.; Rosa, N. K. F.; Campos, C. R.; Albanaz, A. A. (2015). Estabelecimento de normas DRIS na cultura da banana subgrupo Cavendish cultivada em Jacupiranga, SP. In: XXXV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Natal. Anais... Natal: SBCS, (1-6).
- Raghupathi, H. B., Reddy, B. M. C., & Srinivas, K. (2002). Multivariate diagnosis of nutrient imbalance in banana. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 33(13-14), 2131–2143. <https://doi.org/10.1081/css-120005753>

- Raij, B. V., Cantarella, H., Quaggio, J. A., & Furlani, A. M. C. (1997). Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo (Vol. 100, pp. 8-13). Campinas: Instituto Agronômico/Fundação IAC.
- Raij, B. E., Cantarella, H., Quaggio, J. A. (2001). Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. Campinas, Instituto Agronômico de Campinas.
- Ratke, R. F., Santos, S. C., Pereira, H. S., Souza, E. D. de, & Carneiro, M. A. C. (2012). Desenvolvimento e produção de bananeiras Thap Maeo e Prata-Anã com diferentes níveis de adubação nitrogenada e potássica. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 34(1), 277–288. <https://doi.org/10.1590/s0100-29452012000100037>
- Rocha, A. C. D., Leandro, W. M., Rocha, A. O., Santana, J. D. G., & Andrade, J. W. D. S. (2007). Normas DRIS para cultura do milho semeado em espaçamento reduzido na região de Hidrolândia, GO. *Bioscience Journal*, 23(4), 50-60.
- Rodrigues, J. B., da Silva, A. P., Rozane, D. E., Natale, W., & de Melo Silva, S. (2021). Leaf reference values for “Pérola” pineapple quality using compositional nutrient diagnosis. *Journal of Plant Nutrition*, 45(20), 3066–3079. <https://doi.org/10.1080/01904167.2021.2020826>
- Rodríguez, O., & Rodríguez, V. (2000). Desarrollo, determinación e interpretación de normas DRIS para el diagnóstico nutricional en plantas. Una revisión. *Revista de la Facultad de Agronomía (LUZ)*, 17, 449-470.
- Rozane, D. E., Mattos, D., Parent, S.-É., Natale, W., & Parent, L. E. (2015). Meta-analysis in the Selection of Groups in Varieties of Citrus. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 46(15), 1948–1959. <https://doi.org/10.1080/00103624.2015.1069307>
- Rozane, D. E., Parent, L. E., & Natale, W. (2015). Evolution of the predictive criteria for the tropical fruit tree nutritional status. *Científica*, 44(1), 102-112. <https://doi.org/10.15361/1984-5529.2016v44n1p102-112>
- Rozane, D. E., Vahl de Paula, B., Wellington Bastos de Melo, G., Haitzmann dos Santos, E. M., Trentin, E., Marchezan, C., Stefanello da Silva, L. O., Tassinari, A., Dotto, L., Nunes de Oliveira, F., Natale, W., Baldi, E., Toselli, M., & Brunetto, G. (2020). Compositional Nutrient Diagnosis (CND) Applied to Grapevines Grown in Subtropical Climate Region. *Horticulturae*, 6(3), 56. <https://doi.org/10.3390/horticulturae6030056>
- Santos, E. M. H. dos, & Rozane, D. E. (2017). DRIS standard and normal ranges of foliar nutrients for the culture of “Thompson” atemoya. *Ciência Rural*, 47(4), e20160613. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20160613>
- Silva, J. T. A. da, & Carvalho, J. G. de. (2006). Estabelecimento de normas dris para bananeira “Prata Anã” (AAB) sob irrigação. *Ciência e Agrotecnologia*, 30(1), 43–51. <https://doi.org/10.1590/s1413-70542006000100006>

- Silva, G. G. C. da, Neves, J. C. L., Alvarez V., V. H., & Leite, F. P. (2005). Avaliação da universalidade das normas DRIS, M-DRIS e CND. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 29(5), 755–761. <https://doi.org/10.1590/s0100-06832005000500011>
- Souza, H. A., Rozane, D. E., Amorim, D. A., Dias, M. J. T., Modesto, V. C., & Natale, W. (2015). Assessment of Nutritional Status of Guava Seedlings using Preliminary DRIS Norms and Sufficiency Ranges. *Journal of Plant Nutrition*, 38(10), 1611–1618. <https://doi.org/10.1080/01904167.2015.1017050>
- Teixeira, L. A. J., Zambrosi, F. C. B., & Bettiol Neto, J. E. (2007). Avaliação do estado nutricional de bananeiras do subgrupo Cavendish no estado de São Paulo: normas dris e níveis críticos de nutrientes. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 29(3), 613–620. <https://doi.org/10.1590/s0100-29452007000300037>
- Urano, E. O. M., Kurihara, C. H., Maeda, S., Vitorino, A. C. T., Gonçalves, M. C., & Marchetti, M. E. (2006). Avaliação do estado nutricional da soja. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 41(9), 1421–1428. <https://doi.org/10.1590/s0100-204x2006000900011>
- Villaseñor, D., Prado, R. de M., Pereira da Silva, G., Carrillo, M., & Durango, W. (2020). DRIS norms and limiting nutrients in banana cultivation in the South of Ecuador. *Journal of Plant Nutrition*, 43(18), 2785–2796. <https://doi.org/10.1080/01904167.2020.1793183>
- Wadt, P. G. S. (1996). Os métodos da chance matemática e do Sistema Integrado de Diagnóstico e Recomendação (DRIS) na avaliação nutricional de plantios de eucalipto. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 1996. 123p (Tese de Doutorado).
- Wadt, P. G. S. (2005). Relationships between soil class and nutritional status of coffee plantations. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 29(2), 227–234. <https://doi.org/10.1590/s0100-06832005000200008>
- Wairegi, L., & van Asten, P. (2011). Norms for multivariate diagnosis of nutrient imbalance in the east african highland bananas (*Musa spp. AAA*). *Journal of Plant Nutrition*, 34(10), 1453–1472. <https://doi.org/10.1080/01904167.2011.585203>

## 4 CAPÍTULO 3: INDICAÇÃO DE ADUBAÇÃO PARA BANANEIRAS NANICA UTILIZANDO A ANÁLISE FOLIAR

### 4.1 RESUMO

A análise foliar é uma ferramenta muito útil no diagnóstico do estado nutricional das plantas, podendo auxiliar também no ajuste de programas de adubação. Contudo sua utilização direta na recomendação de nutrientes para as plantas ainda é limitada. Deste modo, o objetivo do presente estudo foi indicar doses de adubação de NPK para bananeiras Nanica no Vale do Ribeira – SP, utilizando resultados de análises química de solo e folha. Dados de produtividade e de análises químicas de solo e folha de 159 talhões comerciais de bananeiras foram coletados entre 2015 e 2020. O método CND e a Distância de Mahalanobis ( $D^2$ ) foram utilizados para exclusão de 11 outliers, determinação do ponto de corte da população de alta produtividade ( $32,5 \text{ t ha}^{-1}$ ) e dos teores adequados de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) quando o índice CND do nutriente se encontrava em equilíbrio (valor zero). A abordagem da linha de fronteira (LF) foi utilizada para estabelecer o nível crítico dos nutrientes no solo à 90 % da máxima produtividade e o diagrama de quadrantes do relacionamento planta-solo (DQRps) para obtenção da equação que estima a concentração da matéria orgânica (MO), P e K no solo a partir do teor de N, P e K na folha. Posteriormente, foram simuladas doses recomendáveis de NPK para cinco diferentes áreas no Vale do Ribeira – SP, a partir de amostras de tecidos foliares de bananeiras, e confrontadas com as doses recomendadas pelo Boletim Técnico 100: Recomendações de Adubação e Calagem para o Estado de São Paulo. Os valores dos níveis críticos obtidos para MO, P e K foram, respectivamente,  $22,2 \text{ g dm}^{-3}$ ,  $31,4 \text{ mg dm}^{-3}$  e  $2 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ . A indicação de adubação por meio da análise foliar resultou em quantidades de N e K abaixo das indicadas na literatura. Contudo, as baixas doses recomendadas podem estar associadas à reposição da quantidade de nutriente do solo extraída pela planta e não na quantidade realmente disponível no solo.

Palavras-chave: *Musa spp.*; nutrição mineral; linha de fronteira; análise de solo.

### 4.2 ABSTRACT

Leaf analysis is a very useful tool in diagnosing the nutritional status of plants and can also help adjust fertilization programs. However, its direct use in the recommendation of nutrients for plants is still limited. Thus, the objective of the present study was to indicate NPK fertilization doses for Nanica banana trees in Vale do Ribeira - SP, using results of soil and leaf chemical analysis. Productivity and soil and leaf chemical analysis data from 159 commercial banana plantations were collected between 2015 and 2020. The CND method and the Mahalanobis Distance ( $D^2$ ) were used to exclude 11 outliers, determine the population cutoff point of high productivity ( $32.5 \text{ t ha}^{-1}$ ) and adequate contents of nitrogen (N), phosphorus (P) and potassium (K) when the CND index of the nutrient was in equilibrium (zero value). The boundary line approach (LF) was used to establish the critical level of nutrients

in the soil at 90 % of maximum productivity and the quadrant diagram of the plant-soil relationship (DQRps) to obtain the equation that estimates the concentration of organic matter (MO), P and K in the soil from the N, P and K content in the leaf. Subsequently, recommendable doses of NPK were simulated for five different areas in Vale do Ribeira - SP, from samples of leaf tissues of banana trees, and compared with the doses recommended by Technical Bulletin 100: Fertilization and Liming Recommendations for the State of São Paulo. Paul. The values of the critical levels obtained for MO, P and K were, respectively, 22.2 g dm<sup>-3</sup>, 31.4 mg dm<sup>-3</sup> and 2 mmolc dm<sup>-3</sup>. The indication of fertilization through leaf analysis resulted in amounts of N and K below those indicated in the literature. However, the low recommended doses may be associated with replacing the amount of soil nutrient extracted by the plant and not the amount actually available in the soil.

Keywords: *Musa spp.*; mineral nutrition.; boundary line; leaf analysis; soil analysis.

### 4.3 INTRODUÇÃO

O suprimento de nutrientes para as plantas, em geral, baseia-se nos resultados da análise química de solo, realizando a comparação de seus valores com aqueles presentes em tabelas de adubação, específicas para cada região ou estado. Contudo, os valores indicados pelos boletins não consideram a influência de fatores intrínsecos e extrínsecos à planta que possam limitar a absorção de nutrientes (DEUS, 2016; NATALE e ROZANE, 2018), além de serem estabelecidos em determinada condição de clima, manejo e cultivar, podendo diminuir a confiabilidade das interpretações realizadas para diferentes locais (CARVALHO JÚNIOR et al., 2019).

De forma a auxiliar na tomada de decisões para o adequado suprimento de nutrientes para as plantas, Damatto Júnior et al. (2006) sugerem que a indicação de fertilizantes para a bananeira considere a utilização em conjunto da análise química do solo e da folha, pois esta reflete da melhor forma a aquisição de nutrientes pelo solo. De acordo com Malavolta (2006) a importância da utilização da análise foliar se deve ao fato de a planta funcionar como extrator dos elementos disponíveis no solo.

Diversos estudos utilizaram a análise foliar como ferramenta de diagnóstico nutricional de frutíferas como atemoia (SANTOS e ROZANE, 2017), banana (DEUS et al., 2018; LIMA NETO et al., 2022), manga (ROZANE et al., 2013; PARENT et al., 2013; ALI, 2018), laranja (DIAS et al., 2017; TADAYON e SADEGHI, 2022), pitiaia (ALMEIDA et al., 2016), uva (ROZANE et al., 2020). Contudo, a utilização dessa

análise como meio de recomendação de doses de fertilizantes ainda é limitada (NATALE e ROZANE, 2018).

A metodologia proposta nos trabalhos de Deus et al. (2018) e Sousa et al. (2018) utiliza a análise foliar para recomendação de fertilizantes, empregando a abordagem da Linha de Fronteira (LF) definindo que o melhor desempenho da população se encontra na borda de qualquer corpo de pares de dados, ocorrendo sempre que existe uma relação causa-efeito entre duas variáveis (WEBB, 1972).

A abordagem do diagrama de quadrantes do relacionamento planta-solo (DQRps) representa graficamente os dados em um sistema de coordenadas cartesianas, separando-os em quatro quadrantes e utilizando apenas os dados presentes nos quadrantes I e II, sendo aqueles que apresentam resposta positiva da variável dependente em relação a variável independente (DEUS et al., 2018; SOUSA et al., 2018).

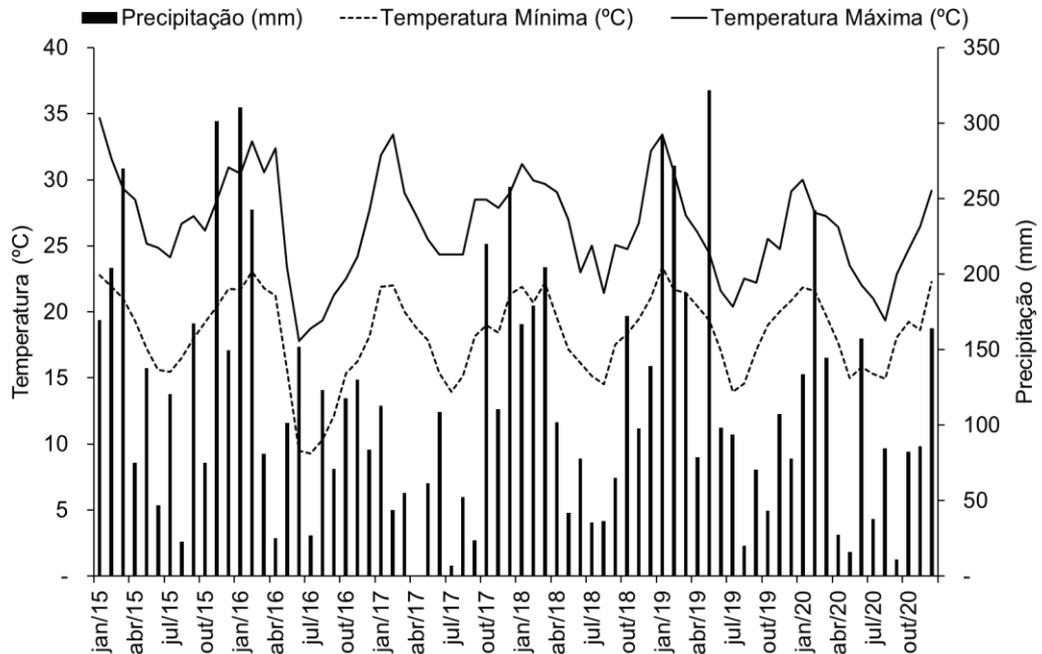
A necessidade da avaliação/recomendação regional se faz necessária (ROZANE et al., 2015; ROZANE et al., 2016; GUIMARÃES et al., 2020) para outras culturas/cultivares, tendo em vista a variabilidade que condições edafoclimáticas locais, de cultivo e manejo causam nos resultados. Desse modo, o objetivo do presente estudo foi realizar a indicação de adubação de NPK para bananeiras Nanica no Vale do Ribeira – SP, pelas abordagens linha de fronteira (LF) e diagrama de quadrantes do relacionamento planta-solo (DQRps) utilizando as análises químicas de solo e folha.

## 4.4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.4.1 Local do estudo e banco de dados

O estudo foi realizado em propriedades comerciais de produção de bananeiras Nanica, localizadas na região do Vale do Ribeira, estado de São Paulo. O clima na região, de acordo com o Sistema de Classificação de Köppen, é Af – tropical úmido sem estação seca (ALVARES et al., 2013). O banco de dados foi composto por dados de produtividade anual ( $t\ ha^{-1}$ ) e resultados de análise química do solo e do tecido foliar de 159 talhões comerciais, coletados entre os anos de 2015 e 2020. Os dados climáticos referentes ao período estudado se encontram na Figura 4.1.

FIGURA 4.1 – DADOS CLIMÁTICOS DA REGIÃO DO VALE DO RIBEIRA ENTRE OS ANOS DE 2015 E 2020.

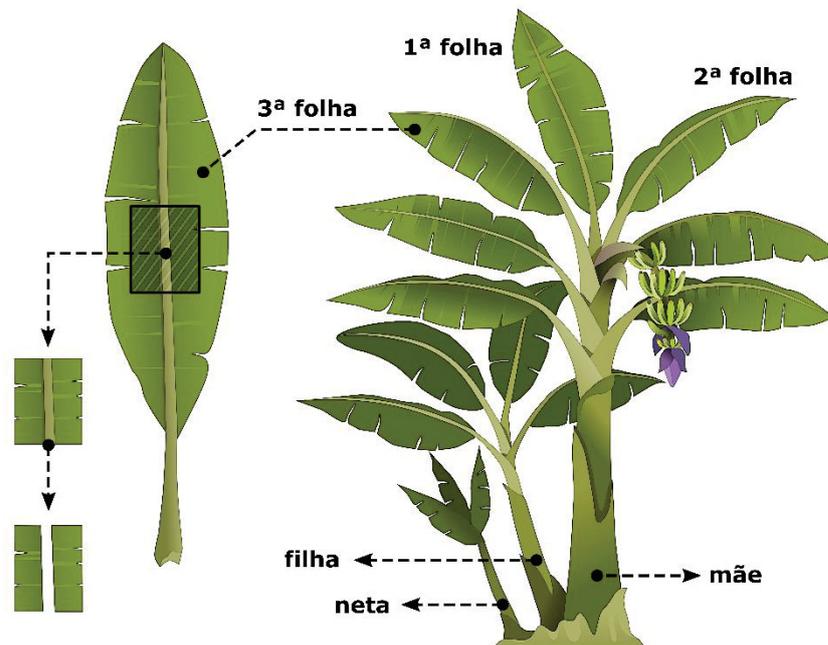


FONTE: CIIAGRO (2022).

O solo foi amostrado na região de adubação da bananeira, que compreende uma faixa com cerca de um metro de largura, em frente a brotação lateral mais jovem a uma distância aproximada de 40 cm do pseudocaule (NATALE e ROZANE, 2018; GUIMARÃES et al., 2020). Coletaram-se, na camada de 0,0-0,20 m, 20 subamostras simples que compuseram a amostra composta de cada talhão, representando um ponto amostrado. As amostras de solo foram secas em estufa a  $45 \pm 2$  °C, peneiradas em malha 2 mm e determinada as concentrações de matéria orgânica (MO), fósforo (P) e potássio (K), segundo metodologia proposta por Raij et al. (2001).

A amostragem foliar seguiu a recomendação de Martin-Prével (1984) e Costa et al. (2019), coletando a terceira folha, a partir do ápice, entre a emissão do cacho e a visualização de todas as ráquis (pencas) femininas (flores) e três ráquis masculina, retirando uma faixa central de 10 cm de largura e eliminando a nervura central e as metades externas da faixa (FIGURA 4.2). O material vegetal coletado foi lavado, seco em estufa de ventilação forçada de ar a  $65 \pm 3$  °C, até massa constante, moído em moinho tipo Willey, passado em peneira de 0,841 mm (20 *mesh*) de abertura de malha, e determinado os teores de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) conforme metodologia descrita por Bataglia et al. (1983).

FIGURA 4.2 – PROCEDIMENTO PARA COLETA DA AMOSTRA FOLIAR EM BANANEIRA.



FONTE: Adaptado de Borges e Silva (2012).

Anteriormente ao estabelecimento da relação entre produtividade, análise química de solo e análise química foliar, os dados foram submetidos ao método, proposto por Parent e Dafir (1992), de diagnóstico da composição nutricional (CND), para transformação da razão log centralizada do quociente entre um nutriente e a média geométrica dos teores dos demais componentes da matéria seca, incluindo os não determinados analiticamente. Foi possível identificar e excluir 11 *outliers* do banco de dados, pelo uso da distância de Mahalanobis ( $D^2$ ) (PARENT et al., 2009) e estabelecer a população de referência (alta produtividade), utilizando a proposta de Khiari et al. (2001), obtendo-se um ponto de corte de  $32,5 \text{ t ha}^{-1}$ .

Calcularam-se as médias e os desvios-padrões (normas CND) das variáveis multinutrientes da população de alta produtividade ( $> 32,5 \text{ t ha}^{-1}$ ) e determinaram-se os índices de balanço nutricional de N, P e K de cada talhão empregando a equação (1). Amostras com índices negativos foram consideradas em deficiência, nulos em equilíbrio e positivos em excesso. Esses índices foram relacionados com seus respectivos teores foliares em gráficos de dispersão e geraram modelos matemáticos, sendo possível identificar o teor adequado de N, P e K quando o índice se encontrava em equilíbrio (valor zero).

$$I_i = \frac{(V_i - \bar{V}_i)}{\sigma_i} \quad (1)$$

sendo:  $I_i$  – índice de balanço do nutriente  $i$  ou índice CND;  $V_i$  – valor da variável multinutriente  $i$  dos talhões avaliados;  $\bar{V}_i$  – média dos valores da variável multinutriente  $i$  na população de referência;  $\sigma_i$  – desvio padrão da variável multinutriente  $i$  na população de referência.

O estabelecimento dos níveis críticos de MO, P e K no solo, as equações para estimar a concentração destes no solo pela análise foliar e as fórmulas para cálculo de adubação para bananeira seguiu o recomendado por Deus et al. (2018), sendo apresentadas nos tópicos a seguir.

#### 4.4.2 Estabelecimento das relações entre produtividade, análise de solo e análise foliar

Os níveis críticos de N, P e K no solo ( $NC_{nut}$ ) foram estabelecidos relacionando, em gráficos de dispersão, a concentração de MO para N, P e K (eixo x) com a produtividade (eixo y). Utilizou-se a abordagem da linha de fronteira (LF), proposta inicialmente por Webb (1972), identificando-se pontos localizados no limite superior da nuvem de pontos no gráfico de dispersão.

Para cada nutriente foi calculada a amplitude (diferença entre o maior e menor valor) de seus teores no banco de dados e o número de classes possíveis utilizando a raiz quadrada da quantidade de talhões analisados ( $n = 148$ ). O número de classes possíveis calculados foi 13, atendendo ao pressuposto de que deveria estar entre 10 e 20 classes (BLANCO-MACÍAS et al., 2009). O quociente entre a amplitude de cada nutriente e o número de classes, resultou no tamanho de cada intervalo de classe para os teores nutricionais avaliados. Posteriormente, foram identificados e extraídos da linha de fronteira superior (LFS), os talhões que correspondiam as maiores produtividades de cada intervalo de classe, sendo ajustadas equações aos pares de dados, selecionando-se a de melhor ajuste.

As equações foram derivadas, igualando-se a primeira derivada a zero para obtenção dos valores das concentrações de MO, P e K no solo correspondentes ao ponto de máximo da curva da LFS. Estes valores foram substituídos nas respectivas equações para estimar as máximas produtividades, que corresponde à 100%. As produtividades foram multiplicadas por 0,9 para obtenção da produtividade à 90% e

estimados, a partir destes, os níveis críticos dos nutrientes e da matéria orgânica do solo.

Para o relacionamento dos teores foliares com as concentrações no solo, utilizou-se o método diagrama de quadrantes do relacionamento planta-solo (DQRps). Os teores foliares (eixo y) e suas respectivas concentrações de fósforo (P), potássio (K) e matéria orgânica (MO) no solo (eixo x) foram relacionados em gráficos de dispersão para obtenção da curva de resposta foliar em função desses parâmetros do solo. A nuvem de pontos foi estratificada em quatro quadrantes (I, II, III e IV) no sistema cartesiano e delimitações foram realizadas com os valores dos teores adequados de N (25,8 g kg<sup>-1</sup>), P (2,1 g kg<sup>-1</sup>) e K (32,7 g kg<sup>-1</sup>) na folha, obtidos pelo método CND, e o nível crítico do nutriente no solo, obtido pelo método LFS. Consideraram-se apenas os talhões dos quadrantes I e III (quadrantes positivos), pois são aqueles que melhor representam o teor foliar em função da concentração do nutriente no solo (DEUS et al., 2018; SOUSA et al., 2018; LIMA NETO et al., 2020). Foram ajustadas equações de regressão aos pares de pontos dos quadrantes I e III, e selecionada a que melhor representou a curva de resposta foliar de nutrientes em relação à concentração no solo.

#### 4.4.3 Indicação de adubação de N, P e K

Realizou-se a simulação de recomendação de adubação considerando análises químicas foliares de cinco talhões, não presentes no banco de dados, localizados em diferentes locais no Vale do Ribeira, estado de São Paulo (TABELA 4.1).

A recomendação das doses de P e K seguiu a equação (2), proposta por Deus et al. (2018).

$$DR_{nut} = \left[ \frac{NC_{nut} - Nut_i}{TR_{nut}} \right] \cdot 2 \quad (2)$$

sendo:  $DR_{nut}$  – dose recomendada do nutriente, em kg ha<sup>-1</sup>;  $NC_{nut}$  – nível crítico do nutriente no solo, em mg dm<sup>-3</sup> ou cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>;  $Nut_i$  – teor estimado do nutriente no solo pelo teor foliar, em mg dm<sup>-3</sup> ou cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>;  $TR_{nut}$  – taxa de recuperação do nutriente pelo extrator (mg dm<sup>-3</sup> / mg dm<sup>-3</sup>); 2 é o fator de conversão de mg dm<sup>-3</sup> para kg ha<sup>-1</sup>, considerando a camada de 0,0-0,2 m e densidade do solo de 1 g dm<sup>-3</sup>.

A taxa de recuperação para P ( $TR_P$ ) e para K ( $TR_K$ ) com o extrator resina seguiram como indicado na Tabela 4.2. Para conversão das doses de P e K para  $P_2O_5$  e  $K_2O$  utilizaram-se os fatores de conversão 2,2913 e 1,2045, respectivamente.

TABELA 4.1 – CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DE SOLOS NA CAMADA 0,0-0,20 M DE PROFUNDIDADE E TEORES FOLIARES DE NITROGÊNIO (N), FÓSFORO (P) E POTÁSSIO (K) AMOSTRADOS EM CINCO DIFERENTES ÁREAS DE PRODUÇÃO COMERCIAL DE BANANEIRAS NANICA NO VALE DO RIBEIRA – SP.

	Áreas				
	1	2	3	4	5
Análise química de solo					
pH (CaCl <sub>2</sub> )	4,9	6,1	5,5	5,2	4,9
MO (g dm <sup>-3</sup> )	20	26	22	28	21
P (mg dm <sup>-3</sup> )	134	174	130	99	128
K (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,1	0,3	0,3	0,2	0,1
CTC (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	16,0	10,9	10,9	13,3	18,0
V (%)	72	85	78	78	70
Análise química foliar					
N (g kg <sup>-1</sup> )	23	25	23	23	23
P (g kg <sup>-1</sup> )	1,8	1,7	1,9	2,0	2,4
K (g kg <sup>-1</sup> )	22	31	22	26	26

FONTE: A autora (2022).

NOTA: Fósforo (P) determinado pelo método de resina trocadora de íons.

TABELA 4.2 – TAXA DE RECUPERAÇÃO DOS EXTRATORES PARA FÓSFORO (P) E POTÁSSIO (K).

Nutriente	Equação	Fonte
P	$TR_{nut} = 0,419 P_{rem}^{0,128099}$	Oliveira et al. (2005); Santos et al. (2008); Silva et al. (2009); Deus et al. (2015); Dezordi et al. (2015)
K	$TR_{nut} = 0,7559$	Oliveira et al. (2005); Dezordi et al. (2015)

FONTE: Oliveira et al. (2005); Santos et al. (2008); Silva et al. (2009); Deus et al. (2015); Dezordi et al. (2015).

LEGENDA: Prem – fósforo remanescente, em mg L<sup>-1</sup> (ALVAREZ V. et al., 1999).

A equação (3), adaptada de Stahringer (2013), foi utilizada para recomendação de adubação pelo nitrogênio, para solos tropicais.

$$N_{pm} = 1000000 \cdot PER \cdot \left[ \left( \frac{(NC_{MO} - MO_{est})}{1000} \right) / 10 \right] \cdot 0,04 \quad (3)$$

sendo:  $N_{pm}$  – nitrogênio potencialmente mineralizável, em kg ha<sup>-1</sup>; 1000000 – valor referente a área de um hectare, em dm<sup>2</sup>; PER – profundidade efetiva do sistema radicular, em dm;  $NC_{MO}$  – nível crítico da matéria orgânica no solo, em g dm<sup>-3</sup>;  $MO_{est}$  – concentração de matéria orgânica estimada a partir do teor foliar de N, em g dm<sup>-3</sup>; 1000 – fator para conversão de grama em quilograma; 1,724 – valor de conversão para estimar o carbono orgânico (considerando que a MO possui 58% de carbono orgânico); 10 – valor utilizado para estimar o nitrogênio orgânico (considerando que

a MO possui relação C/N de 10); 0,04 – valor médio de nitrogênio potencialmente mineralizável, estimado para 16 solos diferentes (GONÇALVES et al., 2001).

As doses de N, P e K recomendadas com base nos teores foliares, foram confrontadas com as doses recomendadas em Boletim 100: Recomendações de Adubação e Calagem para o Estado de São Paulo (CANTARELLA et al., 2022), considerando as análises de solos realizadas nas mesmas áreas (TABELA 4.1).

## 4.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.5.1 Análise descritiva dos dados

Na Tabela 4.3 é apresentada a estatística descritiva da produtividade e análises químicas de solo e folha de 148 talhões de bananeiras Nanica no Vale do Ribeira. A produtividade variou acentuadamente entre os valores máximos e mínimos observados. O maior CV (28,5 %) foi observado para o teor foliar de K em relação ao N e o P, bem como se observou maior variação de P no solo. Apesar dos dados terem sido obtidos em propriedades altamente tecnificadas e localizadas na mesma bacia hidrográfica, os proprietários empregam manejos distintos, o que explica a alta variação desses parâmetros.

TABELA 4.3 – VALOR MÍNIMO, MÁXIMO, AMPLITUDE, MÉDIA E COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (CV) DA PRODUTIVIDADE, DOS TEORES DE NITROGÊNIO (N), FÓSFORO (P) E POTÁSSIO (K) FOLIAR E DAS CONCENTRAÇÕES DE MATÉRIA ORGÂNICA (MO), FÓSFORO (P) E POTÁSSIO (K) NO SOLO DOS 148 TALHÕES DE BANANEIRAS NANICA NO VALE DO RIBEIRA – SP.

	Produtividade	N	Folha P	K	MO	Solo P	K
	t ha <sup>-1</sup>		g kg <sup>-1</sup>		g dm <sup>-3</sup>	mg dm <sup>-3</sup>	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>
mínimo	13,1	18,9	1,7	16,3	21,0	9,0	0,
máximo	47,6	36,5	2,7	62,4	57,0	158,8	0,6
amplitude	34,5	17,6	1,0	46,1	36,0	149,8	0,5
média	33,4	26,6	2,2	33,1	33,0	40,7	0,2
CV (%)	31,1	12,3	11,0	28,5	22,4	76,1	58,8

FONTE: A autora (2022).

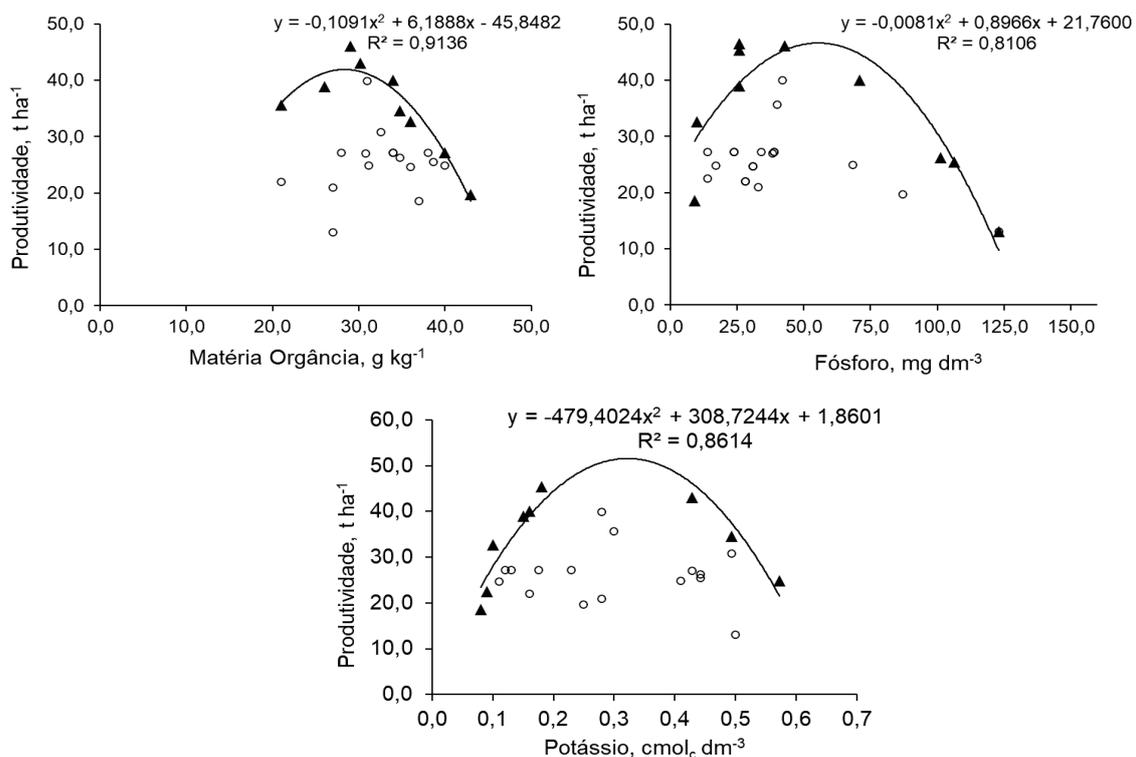
### 4.5.2 Estabelecimento das relações entre produtividade, análise de solo e análise foliar

Houve relação entre as concentrações de matéria orgânica (MO), fósforo (P) e potássio (K) nas amostras de solo com as produtividades dos talhões da linha de

fronteira superior (LFS) (FIGURA 4.3). De acordo com a análise de regressão, o modelo quadrático foi o que melhor se ajustou com coeficientes de determinação ( $R^2$ ) superiores a 0,80.

Com as equações ajustadas foi possível obter as concentrações de MO, P e K necessárias para alcance de produtividades entre 90 % e 100 % do potencial produtivo, sendo, respectivamente, 22,2 e 28,4 g  $dm^{-3}$  para MO, 31,4 e 55,3 mg  $dm^{-3}$  para P e 0,2 e 0,3  $cmol_c dm^{-3}$  ou 2 e 3  $mmol_c dm^{-3}$  para K. As concentrações à 90 % da máxima produtividade equivale ao nível crítico do nutriente ( $NC_{nut}$ ) ou matéria orgânica no solo.

FIGURA 4.3 – LINHA DE FRONTEIRA SUPERIOR (LFS) DA PRODUTIVIDADE EM FUNÇÃO DAS CONCENTRAÇÕES DE MO, P E K NO SOLO.



FONTE: A autora (2022).

No nível crítico à 90% estipulado no presente trabalho supõem-se que as bananeiras responderiam a adubação quando o teor estiver abaixo deste valor e acima haveria pouco incremento na produtividade, com resultados econômicos deficientes. Contudo, há de se considerar que o valor estipulado da porcentagem relativa ao máximo rendimento econômico a ser adotado requer estudos específicos

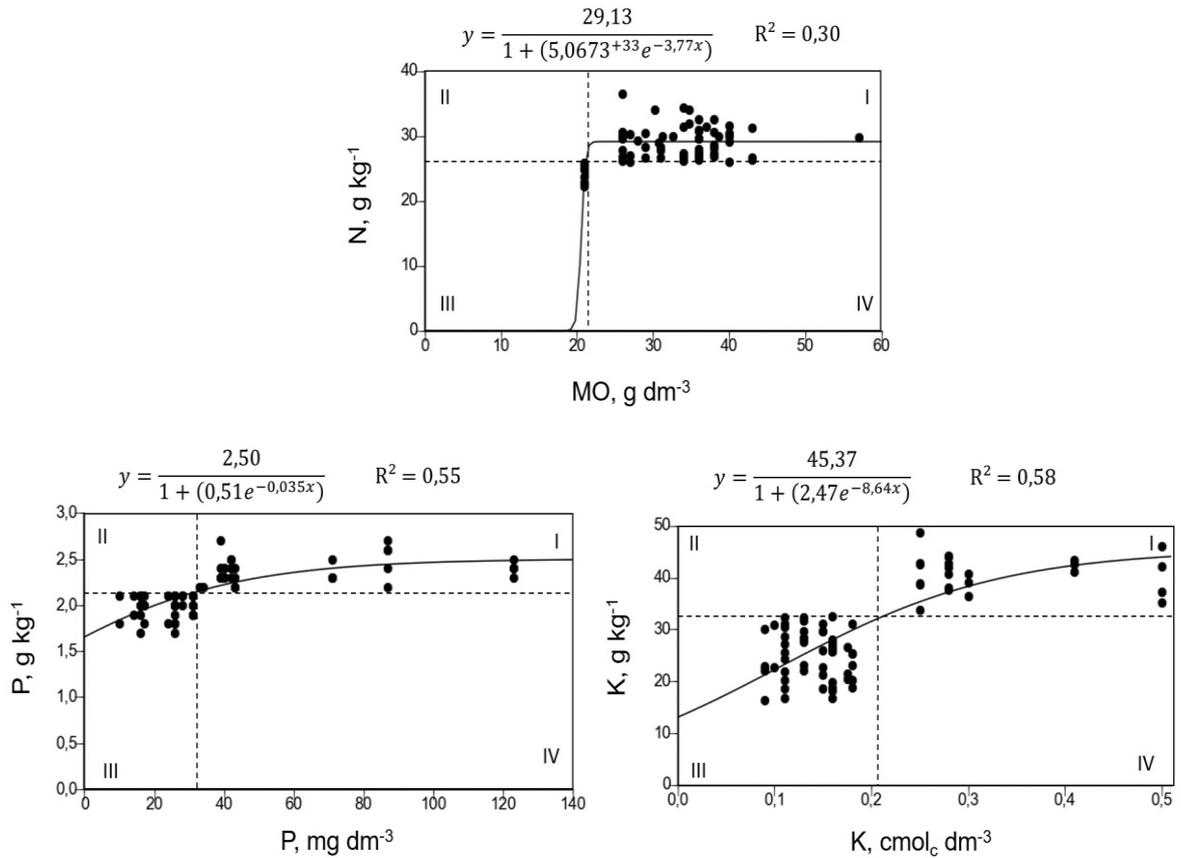
quanto a resposta de cada nutriente pela cultura, bem como o valor dos insumos inerentes aos custos de produção e do valor do produto vendido, como preconizam Natale et al. (2010) e Natale et al. (2011).

A determinação do nível crítico e da dose econômica a partir de experimentos de campo, apesar de precisa, é uma prática onerosa para obtenção desses valores (Carvalho Júnior, 2017). Deste modo, o nível crítico obtido com esta metodologia permite economizar tempo e dinheiro em experimentos de doses de adubação, por meio da utilização de dados de talhões comerciais.

A relação entre os teores de N, P e K foliar, com as concentrações de MO, P e K no solo, pelo método do DQRps, possibilitou observar a dispersão dos talhões no plano cartesiano. Para construção do modelo que estima a concentração no solo em função do teor da folha utilizou apenas os talhões presentes nos quadrantes I e III (FIGURA 4.4). Observa-se que os coeficientes de determinação para o N foi de 0,30, para o P de 0,55 e para o K de 0,58. Estes valores foram superiores aos encontrados por Deus et al. (2018), que propuseram o presente método de recomendação de adubação.

Os critérios estabelecidos para N, P e K pelo método do DQRps extraídos das equações da Figura 4.4, são apresentados na Tabela 4.4. A partir desses critérios foi verificada a porcentagem de talhões que se encontravam em cada quadrante considerando N, P e K (TABELA 4.5).

FIGURA 4.4 – TEORES DE N, P E K EM FOLHAS DE BANANEIRAS NANICA EM FUNÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE MO, P E K NO SOLO, OBTIDOS PELO MÉTODO DE DIAGRAMA DE QUADRANTES DO RELACIONAMENTO PLANTA-SOLO (DQRps).



FONTE: A autora (2022).

TABELA 4.4 – CRITÉRIOS ESTABELECIDOS PELO MÉTODO DIAGRAMA DE QUADRANTES DO RELACIONAMENTO PLANTA-SOLO (DQRps) PARA CLASSIFICAÇÃO DOS TALHÕES.

Nutriente	Critério	Quadrante
N	$\forall 22,2 \leq x \leq 57,0 \text{ g dm}^{-3}$ e $\forall 25,8 \leq y \leq 36,5 \text{ g kg}^{-1}$	I
	$\forall 21,0 \leq x < 22,2 \text{ g dm}^{-3}$ e $\forall 25,8 \leq y \leq 36,5 \text{ g kg}^{-1}$	II
	$\forall 21,0 \leq x < 22,2 \text{ g dm}^{-3}$ e $\forall 22,3 \leq y < 25,8 \text{ g kg}^{-1}$	III
	$\forall 22,2 \leq x \leq 57,0 \text{ g dm}^{-3}$ e $\forall 22,3 \leq y < 25,8 \text{ g kg}^{-1}$	IV
P	$\forall 31,4 \leq x \leq 123,0 \text{ mg dm}^{-3}$ e $\forall 2,1 \leq y \leq 2,7 \text{ g kg}^{-1}$	I
	$\forall 10,0 \leq x < 31,4 \text{ mg dm}^{-3}$ e $\forall 2,1 \leq y \leq 2,7 \text{ g kg}^{-1}$	II
	$\forall 10,0 \leq x < 31,4 \text{ mg dm}^{-3}$ e $\forall 1,7 \leq y < 2,1 \text{ g kg}^{-1}$	III
	$\forall 31,4 \leq x \leq 123,0 \text{ mg dm}^{-3}$ e $\forall 1,7 \leq y < 2,1 \text{ g kg}^{-1}$	IV
K	$\forall 0,2 \leq x \leq 0,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ e $\forall 32,7 \leq y \leq 48,8 \text{ g kg}^{-1}$	I
	$\forall 0,09 \leq x < 0,2 \text{ g cmol}_c$ e $\forall 32,7 \leq y \leq 48,8 \text{ g kg}^{-1}$	II
	$\forall 0,09 \leq x < 0,2 \text{ g cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ e $\forall 16,3 \leq y < 32,7 \text{ g kg}^{-1}$	III
	$\forall 0,2 \leq x \leq 0,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ e $\forall 16,3 \leq y < 32,7 \text{ g kg}^{-1}$	IV

FONTE: A autora (2022).

TABELA 4.5 – NÚMERO DE TALHÕES IDENTIFICADOS NOS QUADRANTES I, II, III E IV CONFORME CRITÉRIOS ESTABELECIDOS PELO DIAGRAMA DE QUADRANTES DO RELACIONAMENTO PLANTA-SOLO (DQRps), CONSIDERANDO AVALIAÇÃO DE 148 TALHÕES COMERCIAIS DE BANANEIRAS NANICA NO VALE DO RIBEIRA – SP.

Quadrante	N	P	K
	----- % -----		
I	41	24	16
II	12	41	35
III	5	18	36
IV	42	18	13

FONTE: A autora (2022).

Observou-se que, aproximadamente, metade dos talhões estudados apresentaram limitações de produtividade por fatores nutricionais, pois estavam presentes nos quadrantes I ou III e a outra metade por fatores não nutricionais, estando nos quadrantes II ou IV.

Para N, P e K apenas 5 %, 18 % e 36 % dos talhões responderiam, respectivamente, à adubação nitrogenada, fosfatada e/ou potássica, considerando a presença destes no quadrante III (TABELA 4.5).

#### 4.5.3 Indicação de doses de nitrogênio, fósforo e potássio

Na Tabela 6 são apresentadas as concentrações de MO, P e K estimadas a partir do teor foliar de N, P e K. Comparando-se esses valores com aqueles das análises de solo das áreas avaliadas (TABELA 4.1), observa-se que os valores de P e K estimados estão muito discrepantes dos valores observados no solo. O modelo estimou baixas concentrações no solo, provavelmente devido a relação com o teor foliar, ou seja, mesmo com altas concentrações disponíveis no solo a planta absorveu menor quantidade para seu desenvolvimento e obtenção das produtividades alcançadas.

TABELA 4.6 – CONCENTRAÇÕES DE MATÉRIA ORGÂNICA (MO), FÓSFORO (P) E POTÁSSIO (K) ESTIMADAS A PARTIR DO TEOR FOLIAR DE N, P E K PELO MÉTODO DO DIAGRAMA DE QUADRANTES DO RELACIONAMENTO PLANTA-SOLO (DQRps) E NÍVEIS CRÍTICOS ( $NC_{nut}$ ) ESTIMADOS PELO MÉTODO DA LINHA DE FRONTEIRA (LF), PARA BANANEIRAS NANICA NO VALE DO RIBEIRA – SP.

Áreas	MO g dm <sup>-3</sup>	P mg dm <sup>-3</sup>	K mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>
1	21,0	7,8	0,01
2	21,1	2,4	0,19
3	20,9	13,8	0,01
4	20,9	20,4	0,14
5	20,9	70,9	0,14
$NC_{nut}$	22,2	31,4	0,2

FONTE: A autora (2022).

As doses NPK indicadas com base nos teores foliares são apresentadas na Tabela 4.7. Observa-se que a indicação de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> para a área 5 não ocorreu, pois, a concentração estimada desse elemento no solo foi superior ao nível crítico estabelecido. Para o N apenas a área 2 se enquadrou nos critérios do quadrante III para alta resposta à adubação, sendo indicada a dose de 17,9 kg ha<sup>-1</sup>. Para o P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> as áreas 3 e 4 se enquadraram no quadrante 3, sendo indicadas doses de 120 kg ha<sup>-1</sup> e 75 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Já a indicação para o K<sub>2</sub>O foi para as áreas 2, 4 e 5 com doses de 12,5 kg ha<sup>-1</sup>, 74,8 kg ha<sup>-1</sup> e 74,8 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. As demais áreas não citadas se encaixaram em quadrantes não envolvidos com fatores nutricionais.

TABELA 4.7 – DOSES INDICADAS DE N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O, COM BASE NOS TEORES FOLIARES DE BANANEIRAS NANICA NO VALE DO RIBEIRA – SP.

Áreas	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		K <sub>2</sub> O
		kg ha <sup>-1</sup>		
1	19,5	160,9		236,8
2	<b>17,9</b>	197,7		<b>12,5</b>
3	21,1	<b>120,0</b>		236,8
4	21,1	<b>75,0</b>		<b>74,8</b>
5	21,1	-		<b>74,8</b>

FONTE: A autora (2022).

As doses de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O indicadas no presente estudo foram comparadas com as doses recomendadas pelo Boletim Técnico 100 para o estado de São Paulo (CANTARELLA et al., 2022). Nesse material, as recomendações de NPK para a bananeira são baseadas na produtividade esperada para a cultura. Considerando o ponto de corte para a população de alta produtividade de 32,5 t ha<sup>-1</sup>, utilizamos uma produtividade esperada de 31-40 t ha<sup>-1</sup> para as áreas escolhidas, sendo, portanto, a quantidade recomendada para N de 300 kg ha<sup>-1</sup>, valor 14 vezes superior à média da

indicação obtida no presente estudo para as cinco áreas (TABELA 4.7). De acordo com Deus et al. (2018) a baixa dose de N observada na recomendação pelo presente método se refere a quantidade de N necessária para estabilização da concentração da MO no seu nível crítico.

A concentração de P no solo em todas as áreas estava acima de  $80 \text{ mg dm}^{-3}$ , baseando-se no Boletim 100, deste modo não se recomenda aplicar esse nutriente (CANTARELLA et al., 2022) A concentração de K em todas as áreas apresentou valores entre 0,1 e 0,3  $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , sendo a quantidade média recomendada de  $390 \text{ kg ha}^{-1}$ , o dobro da indicada neste trabalho.

O K e N são os nutrientes mais demandados pela bananeira (DEUS et al., 2020). O N atua desde o início do desenvolvimento da planta até a emissão da inflorescência (SILVA et al., 2003), sendo responsável, principalmente, pelo crescimento vegetativo e de perfilhamento da planta (MALAVOLTA et al., 1997). O K é o nutriente mais acumulado e exportado pela bananeira, sendo considerado de elevada importância para a planta (AULAR e NATALE, 2013), estando, principalmente, relacionado com a síntese, translocação e acúmulo de açúcares no cacho, influenciando diretamente na sua produção e qualidade no pré e no pós-colheita (GANESHAMURTHY et al., 2011).

As doses mais baixas indicadas em relação as recomendadas no boletim de adubação, podem sugerir apenas a reposição do nutriente que foi extraído do solo pela planta e não a sua real disponibilidade. Borges (2004) destaca que a adubação nitrogenada recomendada para a bananeira na fase de formação varia de 160 a 400  $\text{kg ha}^{-1}$ . Enquanto a adubação potássica na fase de formação, recomendada pelos mesmos autores, varia de 200 a 450  $\text{kg ha}^{-1}$  e na fase de produção de 100 a 750  $\text{kg ha}^{-1}$ , dependendo da concentração no solo.

A bananeira apresenta seu sistema de condução em “família”, com três plantas (“mãe”, “filha” e “neta”), em diferentes estádios de desenvolvimento (vegetativo e reprodutivo), na mesma touceira, com produção média de dois cachos por touceira por ano; a tendência é que com o tempo, se não forem adequadamente nutridas, os solos cultivados se tornem deficientes em nutrientes (HOFFMANN et al., 2010). Em estudo sobre acúmulo, exportação e restituição de nutrientes por bananeiras da cultivar Grande Naine, Soares et al. (2008) observaram que mais de 80% de K e N acumulados na touceira eram provenientes da “planta-mãe”. O mesmo foi observado por Deus et al. (2020) em estudo sobre partição de

macronutrientes e eficiência nutricional em bananeiras 'Prata', identificando maiores acúmulos de K e N na "planta-mãe" em relação a "planta-filha", para diferentes órgãos estudados. Moreira (1999) afirma que existe uma relação de dependência entre as plantas "mãe", "filha" e "neta", desta forma Soares et al. (2008) recomendam que a adubação de K e N para as bananeiras seja realizada objetivando a demanda nutricional da touceira.

O emprego da metodologia proposta por Deus et al. (2018), com as abordagens LF e DQRps é importante por aproveitar dados de produtividade e análise química do tecido foliar e de solo obtidos de condições não controladas em propriedades agrícolas. O aproveitamento desses dados também possibilita economizar tempo e recursos financeiros utilizados em experimentos de campo para calibração de doses de nutrientes e estabelecimento de níveis críticos.

O uso da análise foliar como estimativa das concentrações de nutrientes no solo possibilita identificar a quantidade de nutriente absorvido do solo pela bananeira, mostrando-se capaz de indicar adubação de forma a repor a quantidade extraída pela "planta-mãe" (utilizada no processo de amostragem foliar). Contudo, a utilização desta metodologia não exige o produtor ou técnico de realizar análises de solo periódicas e utilizar a recomendação de adubação proposta pelo manual de cada estado, de forma a suprir a exigência nutricional de todas as plantas do bananal. Assim, a recomendação de adubação por esta metodologia se torna um complemento à adubação recomendada pela forma convencional, podendo ser realizada em períodos menores e mais pontuais.

#### 4.6 CONCLUSÕES

Os níveis críticos de MO, P e K nos solos cultivados com bananeiras Nanica no Vale do Ribeira são  $22,2 \text{ g dm}^{-3}$ ,  $31,4 \text{ mg dm}^{-3}$  e  $0,2 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , respectivamente.

As doses médias de N,  $\text{P}_2\text{O}_5$  e  $\text{K}_2\text{O}$  recomendadas para as áreas em estudo foram  $17,9 \text{ kg ha}^{-1}$ ,  $97,5 \text{ kg ha}^{-1}$  e  $54,0 \text{ kg ha}^{-1}$ , respectivamente. Contudo, a indicação de adubação por meio da análise foliar resultou em quantidades de N e K abaixo e de P acima das indicadas para a banana conforme a literatura, de  $300 \text{ kg ha}^{-1}$  de N,  $0 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  e  $310 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ .

## 4.7 REFERÊNCIAS

- Ali, A. M. (2018). Nutrient Sufficiency Ranges in Mango Using Boundary-Line Approach and Compositional Nutrient Diagnosis Norms in El-Salhiya, Egypt. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 49(2), 188–201. <https://doi.org/10.1080/00103624.2017.1421651>
- Almeida, E. I. B., Deus, J. A. L. D., Corrêa, M. C. D. M., Crisostomo, L. A., & Neves, J. C. L. (2016). Linha de fronteira e chance matemática na determinação do estado nutricional de pitaia. *Revista Ciência Agronômica*, 47(4), 744-754.
- Alvares, C. A., Stape, J. L., Sentelhas, P. C., de Moraes Gonçalves, J. L., & Sparovek, G. (2013). Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, 22(6), 711–728. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>
- Alvarez, V. V. H., Novais, R. D., Barros, N. D., Cantarutti, R. B., & Lopes, A. S. (1999). Interpretação dos resultados das análises de solos. Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais, 5, 25-32.
- Aular, J., & Natale, W. (2013). Nutrição mineral e qualidade do fruto de algumas frutíferas tropicais: goiabeira, mangueira, bananeira e mamoeiro. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 35(4), 1214-1231. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452013000400033>
- Bataglia, O. C., Teixeira, J. P. F., Furlani, P. R., Furlani, A. M. C., & Gallo, J. R. (1983). Métodos de análise química de plantas (Vol. 87). Campinas: IAC.
- Blanco-Macías, F., Magallanes-Quintanar, R., Valdez-Cepeda, R. D., Vázquez-Alvarado, R., Olivares-Sáenz, E., Gutiérrez-Ornelas, E., & Vidales-Contreras, J. A. (2009). Comparison between cnd norms and boundary-line approach nutrient standards: *Opuntia ficus-indica* L. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 15(2), 217–223. <https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2009.15.030>
- Borges, A. L. (2004). O cultivo da bananeira (pp. 132-145). L. da Silva Souza (Ed.). Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura.
- Borges, A. L. Silva, J. T. A. (2012). Diagnose foliar na cultura da banana. In: Prado, R. M. (Ed.). Nutrição de plantas: diagnose foliar em frutíferas. 1ª ed. Jaboticabal: Funep, (199-226).
- Camacho, M. A., Silveira, M. V. D., Camargo, R. A., & Natale, W. (2012). Normal nutrient ranges by the ChM, DRIS and CND methods and critical level by method of the reduced normal distribution for orange-pera. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 36(1), 193-200. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832012000100020>
- Cantarella, H.; Quaggio, J. A.; Mattos júnior, D.; Boaretto, R. M.; Raij, B. van. (2022). Boletim 100: Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo. 3ª ed. Campinas: IAC.

- Carvalho Junior, I. S. (2017). Níveis críticos e avaliação nutricional da bananeira prata-anã cultivada no norte de Minas Gerais. 56 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Federal de Minas Gerais, Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Montes Claros.
- Carvalho Júnior, I. S. C., Moreira, E. D. S., Pegoraro, R. F., Frazão, L. A., Sampaio, R. A., & Fernandes, L. A. (2019). Critical levels and nutritional evaluation of irrigated "Prata-Anã" banana. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 14(4), 1-7. <https://doi.org/10.5039/agraria.v14i4a6291>
- Centro Integrado de Informações Agrometeorológicas – CIIAGRO. Portal agrometeorológico e hidrológico do estado de São Paulo. Disponível em: <http://www.ciiagro.org.br/cpmensal>. Acesso em: 1 nov. 2022.
- Costa, L. G. de A. F., Rozane, D. E., Silva, S. de A., Oliveira, C. T. de, Pavarin, L. G. F., & Silva, S. H. M. G. da. (2019). Seasonality in nutrient content of banana diagnostic leaf. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 41(4), e-151. <https://doi.org/10.1590/0100-29452019151>
- Damatto Junior, E. R., Bôas, R. L. V., Leonel, S., & Fernandes, D. M. (2006). Avaliação nutricional em folhas de bananeira 'Prata-anã' adubadas com composto orgânico. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 28(1), 109-112. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452006000100030>
- Deus, J. A. L. D. (2016). Demanda, partição de nutrientes e recomendação de adubação para bananeira com base em análise de solo, diagnose foliar e produtividade. 110 f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, Viçosa,
- Deus, J. A. L. D., Neves, J. C. L., Lima Neto, A. J. D., Natale, W., Alvarez V, V. H., & Albuquerque, F. M. R. D. (2020). Partitioning of macronutrients and nutritional efficiency in fertigated prata banana. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 42(4), e-161. <https://doi.org/10.1590/0100-29452020611>
- Deus, J. A. L. D., Neves, J. C. L., Soares, I., Alvarez V, V. H., Albuquerque, F. M. R. D., Santos, L. L. D., & Natale, W. (2018). Modeling in the adjustment of fertilization recommendation through leaf analysis in fertigated 'Prata' banana. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 42, e0170372. <https://doi.org/10.1590/18069657rbcs20170372>
- Deus, J. A. L. D., Soares, I., Neves, J. C. L., Medeiros, J. F. D., & Miranda, F. R. D. (2015). Sistema de recomendação de fertilizantes para o meloeiro com base no balanço nutricional. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 39(2), 498-511. <https://doi.org/10.1590/01000683rbcs20140172>
- Dezordi, L. R., Aquino, L. A. D., Novais, R. F., Aquino, P. M. D., & Santos, L. P. D. D. (2015). Nutrient recommendation model for carrot crop–Ferticalc carrot. *Revista*

*Brasileira de Ciência do Solo*, 39(6), 1714-1722.  
<https://doi.org/10.1590/01000683rbcS20150065>

Dias, J. R. M., Wadt, P. G. S., Partelli, F. L., Espindula, M. C., Perez, D. V., Souza, F. R., ... & Delarmelinda, E. A. (2017). Normal nutrient ranges and nutritional monitoring of 'Pêra' orange trees based on the CND method in different fruiting stages. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 52(9), 776-785.  
<https://doi.org/10.1590/S0100-204X2017000900010>

Ganeshamurthy, A. N., Satisha, G. C., & Patil, P. (2011). Potassium nutrition on yield and quality of fruit crops with special emphasis on banana and grapes. *Karnataka Journal of Agricultural Sciences*, 24(1), 29-38.

Gonçalves, J. L. M., Mendes, K. C. F. S., & Sasaki, C. M. (2001). Mineralização de nitrogênio em ecossistemas florestais naturais e implantados do estado de São Paulo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 25(3), 601-616.  
<https://doi.org/10.1590/S0100-06832001000300009>

Guimarães, G. G. F., DEUS, J. D., & Rozane, D. E. (2020). Calagem, adubações e valores de referência de nutrientes na cultura da banana. BRUNETTO, G. et al. Atualização sobre calagem e adubação em frutíferas. Porto Alegre: Núcleo Regional Sul da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 65-77.

Hoffmann, R. B., Oliveira, F. H. T. D., Souza, A. P. D., Gheyi, H. R., & Souza Júnior, R. F. D. (2010). Acúmulo de matéria seca e de macronutrientes em cultivares de bananeira irrigada. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 32(1), 268-275.  
<https://doi.org/10.1590/S0100-29452010005000026>

Khiari, L., Parent, L.-É., & Tremblay, N. (2001). Selecting the High-Yield Subpopulation for Diagnosing Nutrient Imbalance in Crops. *Agronomy Journal*, 93(4), 802–808. <https://doi.org/10.2134/agronj2001.934802x>

Lima Neto, A. J. D., Neves, J. C. L., Martinez, H. E. P., Sousa, J. S., & Fernandes, L. V. (2020). Establishment of critical nutrient levels in soil and plant for eucalyptus. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 44, e0190150.  
<https://doi.org/10.36783/18069657rbcS20190150>

Lima Neto, A. J., Natale, W., Rozane, D. E., de Deus, J. A. L., & Rodrigues Filho, V. A. (2022). Establishment of DRIS and CND Standards for Fertigated 'Prata' Banana in the Northeast, Brazil. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 22(1), 765-777. <https://doi.org/10.1007/s42729-021-00687-7>

Malavolta, E. (2006). Manual de nutrição mineral de plantas (Vol. 1). Sao Paulo: Agronômica Ceres.

Malavolta, E., Vitti, G. C., & Oliveira, S. A. D. (1997). Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2ª ed. Piracicaba: POTAFOS.

- Martin-Prével, P. Bananier. *In*: Martin-Prével, P., Gagnard, J., & Gautier, P. (1984). L'analyse végétale dans le contrôle de l'alimentation des plantes tempérées et tropicales. Paris: Lavoisier technique et documentation, (715-751).
- Moreira, R. S. (1999). *Banana: teoria e prática de cultivo*. São Paulo: Fundação Cargill.
- Natale, W., & Rozane, D. E. (2018). Análise de solo, folhas e adubação de frutíferas. Registro: Unesp-Câmpus Experimental de Registro.
- Natale, W., Rozane, D. E., Prado, R. D. M., Romualdo, L. M., Souza, H. A. D., & Hernandez, A. (2010). Viabilidade econômica do uso do calcário na implantação de pomar de goiabeiras. *Ciência e Agrotecnologia*, 34(3), 708-713. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542010000300025>
- Natale, W., Rozane, D. E., Prado, R. D. M., Romualdo, L. M., Souza, H. A. D., & Hernandez, A. (2011). Dose econômica de calcário na produtividade de caramboleiras. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 33(4), 1294-1299. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452011000400030>
- Oliveira, F. H. T. D., Novais, R. F., Alvarez V, V. H., & Cantarutti, R. B. (2005). Desenvolvimento de um sistema para recomendação de adubação para a cultura da bananeira. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 29(1), 131-143. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832005000100015>
- Parent, L. E., & Dafir, M. (1992). A Theoretical Concept of Compositional Nutrient Diagnosis. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 117(2), 239–242. <https://doi.org/10.21273/jashs.117.2.239>
- Parent, L. E., Natale, W., & Ziadi, N. (2009). Compositional nutrient diagnosis of corn using the Mahalanobis distance as nutrient imbalance index. *Canadian Journal of Soil Science*, 89(4), 383–390. <https://doi.org/10.4141/cjss08050>
- Parent, S. É., Parent, L. E., Rozane, D. E., & Natale, W. (2013). Plant ionome diagnosis using sound balances: case study with mango (*Mangifera Indica*). *Frontiers in Plant Science*, 4, 449. <https://doi.org/10.3389/fpls.2013.00449>
- Raij, B. E., Cantarella, H., Quaggio, J. A. (2001). Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. Campinas, Instituto Agrônomo de Campinas.
- Rozane, D. E., Mattos Jr, D., Parent, S. É., Natale, W., & Parent, L. E. (2015). Meta-analysis in the selection of groups in varieties of citrus. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 46(15), 1948-1959. <https://doi.org/10.1080/00103624.2015.1069307>
- Rozane, D. E., Parent, L. E., & Natale, W. (2016). Evolution of the predictive criteria for the tropical fruit tree nutritional status. *Científica*, 44(1), 102-112. <http://dx.doi.org/10.15361/1984-5529.2016v44n1p102-112>

- Rozane, D. E., Vahl de Paula, B., Wellington Bastos de Melo, G., Haitzmann dos Santos, E. M., Trentin, E., Marchezan, C., ... & Brunetto, G. (2020). Compositional nutrient diagnosis (CND) applied to grapevines grown in subtropical climate region. *Horticulturae*, 6(3), 56. <https://doi.org/10.3390/horticulturae6030056>
- Santos, E. M. H. D., & Rozane, D. E. (2017). DRIS standard and normal ranges of foliar nutrients for the culture of 'Thompson' atemoya. *Ciência Rural*, 47(4), e20160613. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20160613>
- Santos, F. C. D., Neves, J. C. L., Novais, R. F., Alvarez V, V. H., & Sediyaama, C. S. (2008). Modelagem da recomendação de corretivos e fertilizantes para a cultura da soja. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 32(4), 1661-1674. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832008000400031>
- Silva, A. P. D., Alvarez V, V. H., Souza, A. P. D., Neves, J. C. L., Novais, R. F., & Dantas, J. P. (2009). Sistema de recomendação de fertilizantes e corretivos para a cultura do abacaxi – Fertcalc - Abacaxi. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 33(5), 1269-1280. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832009000500020>
- Silva, J. T. A. da, Borges, A. L., Carvalho, J. G., & Damasceno, J. E. A. (2003). Adubação com potássio e nitrogênio em três ciclos de produção da bananeira cv. prata-anã. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 25(1), 152–155. <https://doi.org/10.1590/s0100-29452003000100042>
- Soares, F. A. L., Gheyi, H. R., Oliveira, F. H. T. de, Fernandes, P. D., Alves, A. N., & Silva, F. V. da. (2008). Acúmulo, exportação e restituição de nutrientes pelas bananeiras “Prata Anã” e “Grand Naine”. *Ciência Rural*, 38(7), 2054–2058. <https://doi.org/10.1590/s0103-84782008000700042>
- Sousa, J. S., Neves, J. C. L., Martinez, H. E. P., & Alvarez, V. H. V. (2018). Relationship between Coffee Leaf Analysis and Soil Chemical Analysis. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 42, e0170109. <https://doi.org/10.1590/18069657rbcs20170109>
- Stahinger, N. (2013). Sistema de recomendação de corretivos e fertilizantes para a cultura da laranjeira com base no balanço nutricional (FERTICALC-Laranja). Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 2013. 120p (Dissertação de Mestrado).
- Tadayon, M. S., & Sadeghi, S. (2022). The relation between compositional nutrient diagnosis indices and susceptibility of Valencia orange to citrus decline. *Journal of Plant Nutrition*, 46(2), 261-274. <https://doi.org/10.1080/01904167.2022.2067772>
- Webb, R. A. (1972). Use of the Boundary Line in the analysis of biological data. *Journal of Horticultural Science*, 47(3), 309–319. <https://doi.org/10.1080/00221589.1972.11514472>

## 5 CONCLUSÃO GERAL

O levantamento da fertilidade do solo e do estado nutricional dos bananais no Vale do Ribeira – SP demonstrou que quanto ao pH e a V não há restrição para crescimento e desenvolvimento das bananeiras nos solos do Vale do Ribeira. Quanto aos nutrientes no solo grande parte das amostras apresentaram concentrações de P, K, Ca, Mg, S, Fe e Mn altas a muito altas. Contudo, o contrário foi observado nas amostras foliares que apresentaram alta porcentagem de amostras com teores de K, S e Mg abaixo da faixa recomendada para a bananeira, demonstrando a necessidade de melhoria no manejo nutricional da cultura na região.

As faixas de suficiência obtidas pelos métodos DRIS e CND para N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn são semelhantes, porém diferem das faixas estabelecidas para bananeira na literatura, apresentando menores amplitudes e, portanto, sendo mais restritivas. Essas observações confirmam que as faixas não são universais e que é importante o estabelecimento de normas específicas para cada região, garantindo maior confiabilidade. Os índices de balanço nutricional obtidos pelos métodos DRIS e CND não se correlacionaram com a produtividade, estando outros fatores não nutricionais envolvidos nas baixa produtividades. Mesmo assim, observou-se alta correlação entre os teores de K, Ca, Mg, S, B, Fe, Mn e Zn com seus respectivos índices nutricionais. As faixas nutricionais obtidas podem ser utilizadas pelos produtores e/ou técnicos da região para maior acurácia no diagnóstico nutricional das bananeiras sob as atuais bases de produção.

A utilização de dados de produção, análise química foliar e de solo juntamente com abordagem da Linha de Fronteira (LF) e do Diagrama de Quadrantes do Relacionamento Planta-Solo (DQRps) permitiu obter níveis críticos de MO, P e K no solo, bem como relacionar esses atributos aos teores foliares de N, P e K. As doses de N e K<sub>2</sub>O recomendadas pelo método em estudo foram menores do que as indicadas no Boletim Técnico 100, sugerindo apenas a reposição do nutriente que foi extraído do solo pela 'planta-mãe'. Desta forma, esse método deve ser utilizado de forma complementar a adubação convencional pela análise de solo. Indica-se ainda a necessidade de estudos de validação desta metodologia, especialmente para N que não possui correlação com a MO no estado de São Paulo.

## 6 REFERÊNCIAS

- Aitchison, J. (1982). The Statistical Analysis of Compositional Data. *Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Methodological)*, 44(2), 139–160. <https://doi.org/10.1111/j.2517-6161.1982.tb01195.x>
- Ali, A. M. (2018). Nutrient Sufficiency Ranges in Mango Using Boundary-Line Approach and Compositional Nutrient Diagnosis Norms in El-Salhiya, Egypt. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 49(2), 188–201. <https://doi.org/10.1080/00103624.2017.1421651>
- Almeida, E. I. B., Deus, J. A. L. D., Corrêa, M. C. D. M., Crisostomo, L. A., & Neves, J. C. L. (2016). Linha de fronteira e chance matemática na determinação do estado nutricional de pitaita. *Revista Ciência Agrônômica*, 47(4), 744-754.
- Alvares, C. A., Stape, J. L., Sentelhas, P. C., de Moraes Gonçalves, J. L., & Sparovek, G. (2013). Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, 22(6), 711–728. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>
- Alvarez, V. V. H., Novais, R. D., Barros, N. D., Cantarutti, R. B., & Lopes, A. S. (1999). Interpretação dos resultados das análises de solos. Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais, 5, 25-32.
- Angeles, D. E., Sumner, M. E., & Lahav, E. (1993). Preliminary DRIS norms for banana. *Journal of Plant Nutrition*, 16(6), 1059–1070. <https://doi.org/10.1080/01904169309364594>
- Aular, J., & Natale, W. (2013). Nutrição mineral e qualidade do fruto de algumas frutíferas tropicais: goiabeira, mangueira, bananeira e mamoeiro. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 35(4), 1214-1231. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452013000400033>
- Bataglia, O. C., Teixeira, J. P. F., Furlani, P. R., Furlani, A. M. C., & Gallo, J. R. (1983). Métodos de análise química de plantas (Vol. 87). Campinas: IAC.
- Beaufils, E. R. (1973). Diagnosis and recommendation integrated system (DRIS): a general scheme for experimentation and calibration based on principles developed from research in plant nutrition. Pietermaritzburg: University of Natal, 1973. 132p. Soil science bulletin, 1.
- Beverly, R. B. (1987). Fertilizer use efficiency: Modified DRIS method for simplified nutrient diagnosis of 'valencia' oranges. *Journal of plant Nutrition*, 10(9-16), 1401-1408. DOI: 10.1080/01904168709363672
- Bhaduri, D., & Pal, S. (2013). Diagnosis and recommendation integrated system (DRIS): Concepts and applications on nutritional diagnosis of plants - a review. *Journal of Soil and Water Conservation*, 12(1), 70-79. DOI: 10.5772/54576

- Blanco-Macías, F., Magallanes-Quintanar, R., Valdez-Cepeda, R. D., Vázquez-Alvarado, R., Olivares-Sáenz, E., Gutiérrez-Ornelas, E., & Vidales-Contreras, J. A. (2009). Comparison Between CND Norms and Boundary-Line Approach NUTRIENT Standards: *Opuntia ficus-indica* L. case. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, XV(2), 217–223. <https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2009.15.030>
- Borges, A. L. (2004). O cultivo da bananeira (pp. 132-145). L. da Silva Souza (Ed.). Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura.
- Borges, A. L. Silva, J. T. A. (2012). Diagnose foliar na cultura da banana. In: Prado, R. M. (Ed.). *Nutrição de plantas: diagnose foliar em frutíferas*. 1ª ed. Jaboticabal: Funep, (199-226).
- Caires, E. F., Blum, J., Barth, G., Garbuio, F. J., & Kusman, M. T. (2003). Alterações químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na implantação do sistema plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 27(2), 275–286. <https://doi.org/10.1590/s0100-06832003000200008>
- Camacho, M. A., Silveira, M. V. D., Camargo, R. A., & Natale, W. (2012). Normal nutrient ranges by the ChM, DRIS and CND methods and critical level by method of the reduced normal distribution for orange-pera. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 36(1), 193-200. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832012000100020>
- Cantarella, H.; Quaggio, J. A.; Mattos Júnior, D.; Boaretto, R. M.; Raij, B. van. (2022). Boletim 100: Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo. 3ª ed. Campinas: IAC.
- Carvalho Junior, I. S. (2017). Níveis críticos e avaliação nutricional da bananeira prata-anã cultivada no norte de Minas Gerais. 56 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Federal de Minas Gerais, Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Montes Claros.
- Carvalho Júnior, I. S. C., Moreira, E. D. S., Pegoraro, R. F., Frazão, L. A., Sampaio, R. A., & Fernandes, L. A. (2019). Critical levels and nutritional evaluation of irrigated “Prata-Anã” banana. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 14(4), 1-7. DOI : 10.5039/agraria.v14i4a6291
- Centro Integrado de Informações Agrometeorológicas – CIIAGRO. Portal agrometeorológico e hidrológico do estado de São Paulo. Disponível em: <http://www.ciiagro.org.br/cpmensal>. Acesso em: 1 nov. 2022.
- Costa, L. G. de A. F., Rozane, D. E., Silva, S. de A., Oliveira, C. T. de, Pavarin, L. G. F., & Silva, S. H. M. G. da. (2019). Seasonality in nutrient content of banana diagnostic leaf. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 41(4), e-151. <https://doi.org/10.1590/0100-29452019151>
- Damatto Junior, E. R., Bôas, R. L. V., Leonel, S., & Fernandes, D. M. (2006). Avaliação nutricional em folhas de bananeira'Prata-anã'adubadas com composto orgânico. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 28(1), 109-112. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452006000100030>

- Dancey, C. P., Reidy, J., & Lorí Viali. (2006). Estatística sem matemática para psicologia: usando SPSS para Windows. Artmed.
- Deus, J. A. L. D., Soares, I., Neves, J. C. L., Medeiros, J. F. D., & Miranda, F. R. D. (2015). Sistema de recomendação de fertilizantes para o meloeiro com base no balanço nutricional. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 39(2), 498-511. <https://doi.org/10.1590/01000683rbc20140172>
- Deus, J. A. L. D. (2016). Demanda, partição de nutrientes e recomendação de adubação para bananeira com base em análise de solo, diagnose foliar e produtividade. 110 f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, Viçosa.
- Deus, J. A. L. D., Neves, J. C. L., Soares, I., Alvarez V, V. H., Albuquerque, F. M. R. D., Santos, L. L. D., & Natale, W. (2018). Modeling in the adjustment of fertilization recommendation through leaf analysis in fertigated 'Prata' banana. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 42, e0170372. <https://doi.org/10.1590/18069657rbc20170372>
- Deus, J. A. L., Neves, J. C. L., Corrêa, M. C. D. M., Parent, S. É., Natale, W., & Parent, L. E. (2018). Balance design for robust foliar nutrient diagnosis of "Prata" banana (*Musa spp.*). *Scientific Reports*, 8(1), 1-7. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-32328-y>
- Deus, J. A. L.; Rozane, D. E.; Albuquerque, F. M. R.; Neves, J. C. L.; Natale, W.; Corrêa, M. C.; Santos, E. M. H.; Parent, L. E. (2018). CND-Banana. Programa de computador: Instituto Nacional da Propriedade Industrial - INPI: BR512019000613-5. Universidade Federal do Ceará.
- Deus, J. A. L., Neves, J. C. L., Lima Neto, A. J. D., Natale, W., Alvarez V, V. H., & Albuquerque, F. M. R. D. (2020). Partitioning of macronutrients and nutritional efficiency in fertigated prata banana. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 42(4), e-611. <https://doi.org/10.1590/0100-29452020611>
- Dezordi, L. R., Aquino, L. A. D., Novais, R. F., Aquino, P. M. D., & Santos, L. P. D. D. (2015). Nutrient recommendation model for carrot crop – Ferticalc carrot. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 39(6), 1714-1722. <https://doi.org/10.1590/01000683rbc20150065>
- Dias, J. R. M., Perez, D. V., Silva, L. M. da, Lemos, C. de O., & Wadt, P. G. S. (2010). Normas DRIS para cupuaçuzeiro cultivado em monocultivo e em sistemas agroflorestais. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 45(1), 64–71. <https://doi.org/10.1590/s0100-204x2010000100009>
- Dias, J. R. M., Wadt, P. G. S., Partelli, F. L., Espindula, M. C., Perez, D. V., Souza, F. R., ... & Delarmelinda, E. A. (2017). Normal nutrient ranges and nutritional monitoring of 'Pêra' orange trees based on the CND method in different fruiting

- stages. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 52(9), 776-785.  
<https://doi.org/10.1590/S0100-204X2017000900010>
- Donato, S. L. R., Lédo, A. A., Pereira, M. C. T., Coelho, E. F., Cotrim, C. E., & Coelho Filho, M. A. (2010). Estado nutricional de bananeiras tipo Prata sob diferentes sistemas de irrigação. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 45(9), 980-988. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2010000900007>
- Egozcue, J. J., & Pawlowsky-Glahn, V. (2005). Groups of Parts and Their Balances in Compositional Data Analysis. *Mathematical Geology*, 37(7), 795–828.  
<https://doi.org/10.1007/s11004-005-7381-9>
- Fageria, N. K., Filho, M. P. B., Moreira, A., & Guimarães, C. M. (2009). Foliar Fertilization of Crop Plants. *Journal of Plant Nutrition*, 32(6), 1044–1064.  
<https://doi.org/10.1080/01904160902872826>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Faostat. Crop production data. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>>. Acesso em: 15 mai. 2022.
- Ganeshamurthy, A. N., Satisha, G. C., & Patil, P. (2011). Potassium nutrition on yield and quality of fruit crops with special emphasis on banana and grapes. *Karnataka Journal of Agricultural Sciences*, 24(1), 29-38.
- Godoy, L. J., Macedo, J. G. & Mendonça, J. C.de (2011). Levantamento nutricional de bananeiras do Vale do Ribeira - SP pela análise foliar. *Scientia Agraria*, 12(3), 157-167, 1983-2443. <https://doi.org/10.5380/rsa.v12i3.34106>
- Gonçalves, J. L. M., Mendes, K. C. F. S., & Sasaki, C. M. (2001). Mineralização de nitrogênio em ecossistemas florestais naturais e implantados do estado de São Paulo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 25(3), 601-616.  
<https://doi.org/10.1590/S0100-06832001000300009>
- Gott, R. M., Aquino, L. A. D., de Carvalho, A. M., dos Santos, L. P., Nunes, P. H., & Coelho, B. S. (2014). Índices diagnósticos para interpretação de análise foliar do milho. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 18(11), 1110-1115.  
<https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v18n11p1110-1115>
- Gott, R. M., Aquino, L. A., Clemente, J. M., Santos, L. P. D. D., Carvalho, A. M. X., & Xavier, F. O. (2017). Foliar Diagnosis Indexes for Corn by the Methods Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS) and Nutritional Composition (CND). *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 48(1), 11–19.  
<https://doi.org/10.1080/00103624.2016.1253714>
- Guimarães, G. G. F., Deus, J. D., & Rozane, D. E. (2020). Calagem, adubações e valores de referência de nutrientes na cultura da banana. In: Brunetto, G. et al. Atualização sobre calagem e adubação em frutíferas. Porto Alegre: Núcleo Regional Sul da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 65-77.

- Guimarães, G. G. F., & Deus, J. A. L. de. (2021). Diagnosis of soil fertility and banana crop nutrition in the state of Santa Catarina. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 43(4), e-124. <https://doi.org/10.1590/0100-29452021124>
- Hoffmann, R. B., Oliveira, F. H. T. D., Souza, A. P. D., Gheyi, H. R., & Souza Júnior, R. F. D. (2010). Acúmulo de matéria seca e de macronutrientes em cultivares de bananeira irrigada. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 32(1), 268-275. <https://doi.org/10.1590/s0100-29452010005000026>
- Holland, D. A. (1966). The Interpretation of Leaf Analyses. *Journal of Horticultural Science*, 41(4), 311–329. <https://doi.org/10.1080/00221589.1966.11514179>
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). (2022). Estatísticas. Censo agropecuário. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/economicas/agricultura-e-pecuaria/21814-2017-censo-agropecuario.html>. Acesso em: 15 mai. 2022.
- Instituto de Economia Agrícola (IEA). (2022). Secretaria de Agricultura e Abastecimento. Estatísticas da produção paulista. Disponível em: <[http://ciagri.iea.sp.gov.br/nia1/subjetiva.aspx?cod\\_sis=1&idioma=1](http://ciagri.iea.sp.gov.br/nia1/subjetiva.aspx?cod_sis=1&idioma=1)>. Acesso em: 15 mai. 2022.
- Jones, C. A. (1981). Proposed modifications of the diagnosis and recommendation integrated system (DRIS) for interpreting plant analyses. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 12(8), 785–794. <https://doi.org/10.1080/00103628109367194>
- Khiari, L., Parent, L.-É., & Tremblay, N. (2001). Selecting the High-Yield Subpopulation for Diagnosing Nutrient Imbalance in Crops. *Agronomy Journal*, 93(4), 802–808. <https://doi.org/10.2134/agronj2001.934802x>
- Kurihara, C. H., Venegas, V. H. A., Neves, J. C. L., Novais, R. F. de, & Staut, L. A. (2013). Faixas de suficiência para teores foliares de nutrientes em algodão e em soja, definidas em função de índices DRIS. *Revista Ceres*, 60(3), 412–419. <https://doi.org/10.1590/s0034-737x2013000300015>
- Lana, R. M. Q., Oliveira, S. A. de, Lana, Â. M. Q., & Faria, M. V. de. (2010). Levantamento do estado nutricional de plantas de coffeea arabica L. pelo dris, na região do Alto Paranaíba - Minas Gerais. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 34(4), 1147–1156. <https://doi.org/10.1590/s0100-06832010000400014>
- Lima Neto, A. J. D., Neves, J. C. L., Martinez, H. E. P., Sousa, J. S., & Fernandes, L. V. (2020). Establishment of critical nutrient levels in soil and plant for eucalyptus. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 44, e0190150. <https://doi.org/10.36783/18069657rbc20190150>
- Lima Neto, A. J. de, Deus, J. A. L. de, Rodrigues Filho, V. A., Natale, W., & Parent, L. E. (2020). Nutrient Diagnosis of Fertigated “Prata” and “Cavendish” Banana (*Musa* spp.) at Plot-Scale. *Plants*, 9(11), 1467. <https://doi.org/10.3390/plants9111467>

- Lima Neto, A. J., Natale, W., Rozane, D. E., de Deus, J. A. L., & Rodrigues Filho, V. A. (2022). Establishment of DRIS and CND Standards for Fertigated 'Prata' Banana in the Northeast, Brazil. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 22(1), 765-777. <https://doi.org/10.1007/s42729-021-00687-7>
- Malavolta, E., Vitti, G. C., & Oliveira, S. A. D. (1997). Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2ª ed. Piracicaba: POTAFOS.
- Malavolta, E. (2006). Manual de nutrição mineral de plantas (Vol. 1). Sao Paulo: Agronômica Ceres.
- Marschner, P. (2012). Mineral nutrition of higher plants. Academic Press.
- Martin-Prével, P. Bananier. In: Martin-Prével, P., Gagnard, J., & Gautier, P. (1984). L'analyse végétale dans le contrôle de l'alimentation des plantes tempérées et tropicales. Paris: Lavoisier technique et documentation, (715-751).
- Melo, A. S. de, Fernandes, P. D., Sobral, L. F., Brito, M. E. B., & Dantas, J. D. M. (2010). Crescimento, produção de biomassa e eficiência fotossintética da bananeira sob fertirrigação com nitrogênio e potássio. *Revista Ciência Agronômica*, 41(3), 417–426. <https://doi.org/10.1590/s1806-66902010000300014>
- Menezes, A. J. E. A., & Galvão, E. (2004). Bananeira: recomendações de cultivo. Embrapa Amazônia Oriental-Comunicado Técnico (INFOTECA-E).
- Moreira, R. S. (1999). Banana: teoria e prática de cultivo. São Paulo: Fundação Cargill.
- Natale, W., Rozane, D. E., Prado, R. D. M., Romualdo, L. M., Souza, H. A. D., & Hernandez, A. (2010). Viabilidade econômica do uso do calcário na implantação de pomar de goiabeiras. *Ciência e Agrotecnologia*, 34(3), 708-713. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542010000300025>
- Natale, W., Rozane, D. E., Prado, R. D. M., Romualdo, L. M., Souza, H. A. D., & Hernandez, A. (2011). Dose econômica de calcário na produtividade de caramboleiras. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 33(4), 1294-1299. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452011000400030>
- Natale, W., & Rozane, D. E. (2018). Análise de solo, folhas e adubação de frutíferas. Registro: Unesp-Câmpus Experimental de Registro.
- Oliveira, C. T. de, Rozane, D. E., Pavarin, L. G. F., Akamine, H. S., Silva, S. H. M. G. da, & Lima, J. D. (2022). Nutritional demand of "Grande Naine" and "Prata Comum" banana bunches in two growing seasons. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 44(5), e-430. <https://doi.org/10.1590/0100-29452022430>
- Oliveira, F. H. T. D., Novais, R. F., Alvarez V, V. H., & Cantarutti, R. B. (2005). Desenvolvimento de um sistema para recomendação de adubação para a cultura da bananeira. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 29(1), 131-143. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832005000100015>

- Parent, L. E., & Dafir, M. (1992). A Theoretical Concept of Compositional Nutrient Diagnosis. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 117(2), 239–242. <https://doi.org/10.21273/jashs.117.2.239>
- Parent, L. E., Natale, W., & Ziadi, N. (2009). Compositional nutrient diagnosis of corn using the Mahalanobis distance as nutrient imbalance index. *Canadian Journal of Soil Science*, 89(4), 383–390. <https://doi.org/10.4141/cjss08050>
- Parent, S.-É., Parent, L. E., Egozcue, J. J., Rozane, D.-E., Hernandez, A., Lapointe, L., Hébert-Gentile, V., Naess, K., Marchand, S., Lafond, J., Mattos, D., Barlow, P., & Natale, W. (2013). The Plant Ionome Revisited by the Nutrient Balance Concept. *Frontiers in Plant Science*, 4(39), 1-10. <https://doi.org/10.3389/fpls.2013.00039>
- Parent, S. É., Parent, L. E., Rozane, D. E., & Natale, W. (2013). Plant ionome diagnosis using sound balances: case study with mango (*Mangifera Indica*). *Frontiers in Plant Science*, 4, 449. <https://doi.org/10.3389/fpls.2013.00449>
- Partelli, F. L., Dias, J. R. M., Vieira, H. D., Wadt, P. G. S., & Paiva Júnior, E. (2014). Avaliação nutricional de feijoeiro irrigado pelos métodos CND, DRIS e faixas de suficiência. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 38(3), 858–866. <https://doi.org/10.1590/s0100-06832014000300017>
- Pauletti, V.; Motta, A. C. V. (2019). Manual de adubação e calagem para o estado do Paraná. 2ª ed. Curitiba: SBCS/NEPAR.
- Perez, A. T.; Godoy, L. J. G.; Rosa, N. K. F.; Campos, C. R.; Albanaz, A. A. (2015). Estabelecimento de normas DRIS na cultura da banana subgrupo Cavendish cultivada em Jacupiranga, SP. In: XXXV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Natal. Anais... Natal: SBCS, (1-6).
- Politi, L. S., Flores, R. A., Silva, J. A. S. da, Wadt, P. G. S., Pinto, P. A. da C., & Prado, R. de M. (2013). Estado nutricional de mangueiras determinado pelos métodos DRIS e CND. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 17(1), 11–18. <https://doi.org/10.1590/s1415-43662013000100002>
- Raghupathi, H. B., Reddy, B. M. C., & Srinivas, K. (2002). Multivariate diagnosis of nutrient imbalance in banana. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 33(13-14), 2131–2143. <https://doi.org/10.1081/css-120005753>
- Raij, B. V., Cantarella, H., Quaggio, J. A., & Furlani, A. M. C. (1997). Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo (Vol. 100, pp. 8-13). Campinas: Instituto Agrônomo/Fundação IAC.
- Raij, B. E., Cantarella, H., Quaggio, J. A. (2001). Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. Campinas, Instituto Agrônomo de Campinas.
- Ratke, R. F., Santos, S. C., Pereira, H. S., Souza, E. D. de, & Carneiro, M. A. C. (2012). Desenvolvimento e produção de bananeiras Thap Maeo e Prata-Anã com

- diferentes níveis de adubação nitrogenada e potássica. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 34(1), 277–288. <https://doi.org/10.1590/s0100-29452012000100037>
- Rocha, A. C. D., Leandro, W. M., Rocha, A. O., Santana, J. D. G., & Andrade, J. W. D. S. (2007). Normas DRIS para cultura do milho semeado em espaçamento reduzido na região de Hidrolândia, GO. *Bioscience Journal*, 23(4), 50-60.
- Rodrigues, J. B., da Silva, A. P., Rozane, D. E., Natale, W., & de Melo Silva, S. (2021). Leaf reference values for “Pérola” pineapple quality using compositional nutrient diagnosis. *Journal of Plant Nutrition*, 45(20), 3066–3079. <https://doi.org/10.1080/01904167.2021.2020826>
- Rodríguez, O., & Rodríguez, V. (2000). Desarrollo, determinación e interpretación de normas DRIS para el diagnóstico nutricional en plantas. *Una revisión. Revista de la Facultad de Agronomía (LUZ)*, 17(6), 449-470.
- Rozane, D. E., Romualdo, L. M., Centurion, J. F., & Barbosa, J. C. (2011). Dimensionamento do número de amostras para avaliação da fertilidade do solo. *Semina: Ciências Agrárias*, 32(1), 111-118. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2011v32n1p111>
- Rozane, D. E., Natale, W., Parent, L. E., & dos Santos, E. M. H. (2012). The CND-goiaaba 1.0 software for nutritional diagnosis of guava (*Psidium guajava* L.) “Paluma”, in Brazil. *Acta Horticulturae*, 959(19), 161–166. <https://doi.org/10.17660/actahortic.2012.959.19>
- Rozane, D. E.; Natale, W.; Parent, L. E.; Parent, S. E.; Santos, E. M. H. (2013). CND-Goiaba. Programa de computador: Instituto Nacional da Propriedade Industrial - INPI: BR5120130003792. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”; Université Laval.
- Rozane, D. E.; Natale, W.; Parent, L. E.; Parent, S. E.; Santos, E. M. H. (2013) CND-Manga. Programa de computador: Instituto Nacional da Propriedade Industrial - INPI: BR5120130003806. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”; Université Laval.
- Rozane, D. E.; Brunetto, G.; Melo, G. W. B.; Natale, W.; Parent, L. E.; Parent, S. E.; Santos, E. M. H. (2015). CND-Uva. Programa de computador: Instituto Nacional da Propriedade Industrial - INPI: BR0000000000000. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”; Universidade Federal de Santa Maria; Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária; Université Laval.
- Rozane, D. E., Mattos, D., Parent, S.-É., Natale, W., & Parent, L. E. (2015). Meta-analysis in the Selection of Groups in Varieties of Citrus. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 46(15), 1948–1959. <https://doi.org/10.1080/00103624.2015.1069307>
- Rozane, D. E.; Santos, E. M. H.; Natale, W.; Gocho, S.; Leitão, L. C. C.; Parent, L. E. CND-Atemoia. Programa de computador: Instituto Nacional da Propriedade Industrial - INPI: BR0000000000000. Universidade Estadual Paulista “Júlio de

Mesquita Filho”; Universidade Federal do Paraná; Universidade Federal do Ceará; Associação Paulista dos Produtores de Caqui; Coordenadoria de Assistência Técnica Integral, da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo, Université Laval. 2016.

- Rozane, D. E., Parent, L. E., & Natale, W. (2016). Evolution of the predictive criteria for the tropical fruit tree nutritional status. *Científica*, 44(1), 102-112. <http://dx.doi.org/10.15361/1984-5529.2016v44n1p102-112>
- Rozane, D. E., Paula, B. V., Melo, G. W. B, Santos, E. M. H, Trentin, E., Marchezan, C., ... & Brunetto, G. (2020). Compositional Nutrient Diagnosis (CND) Applied to Grapevines Grown in Subtropical Climate Region. *Horticulturae*, 6(3), 56. <https://doi.org/10.3390/horticulturae6030056>
- Santana, J. D. G., Leandro, W. M., Naves, R. V., Cunha, P. P. D., & Rocha, A. C. D. (2007). Estado Nutricional da laranja pêra na região central do estado do Goiás avaliada pelas análises foliar e do solo. *Bioscience Journal*, 23(4), 40-49.
- Santos, D. R. D., Gatiboni, L. C., & Kaminski, J. (2008). Fatores que afetam a disponibilidade do fósforo e o manejo da adubação fosfatada em solos sob sistema plantio direto. *Ciência Rural*, 38(2), 576-586. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782008000200049>
- Santos, E. M. H., & Rozane, D. E. (2017). DRIS standard and normal ranges of foliar nutrients for the culture of ‘Thompson’ atemoya. *Ciência Rural*, 47(4), e20160613. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20160613>
- Santos, F. C. D., Neves, J. C. L., Novais, R. F., Alvarez V, V. H., & Sediyaama, C. S. (2008). Modelagem da recomendação de corretivos e fertilizantes para a cultura da soja. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 32(4), 1661-1674. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832008000400031>
- Silva, A. P. D., Alvarez V, V. H., Souza, A. P. D., Neves, J. C. L., Novais, R. F., & Dantas, J. P. (2009). Sistema de recomendação de fertilizantes e corretivos para a cultura do abacaxi. Fertcalc - Abacaxi. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 33(5), 1269-1280. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832009000500020>
- Silva, E. D. B., & Rodrigues, M. G. V. (2001). Levantamento nutricional dos bananais da região norte de Minas Gerais pela análise foliar. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 23(3), 695-698. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452001000300050>
- Silva, J. T. A. D., Borges, A. L., Carvalho, J. G., & Damasceno, J. E. A. (2003). Adubação com potássio e nitrogênio em três ciclos de produção da bananeira cv. Prata-Anã. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 25(1), 152-155. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452003000100042>
- Silva, G. G. C. D., Neves, J. C. L., Alvarez V, V. H., & Leite, F. P. (2005). Avaliação da universalidade das normas DRIS, M-DRIS e CND. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 29(5), 755-761. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832005000500011>

- Silva, J. T. A. D., & Carvalho, J. G. D. (2006). Estabelecimento de normas dris para bananeira 'Prata Anã'(AAB) sob irrigação. *Ciência e Agrotecnologia*, 30(1), 43-51. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542006000100006>
- Silva, J. T. A. D., Pacheco, D. D., & Costa, É. L. D. (2007). Atributos químicos e físicos de solos cultivados com bananeiras' Prata-Anã'(AAB), em três níveis de produtividade, no norte de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 29(1), 102-106. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452007000100022>
- Soares, F. A. L., Gheyi, H. R., Oliveira, F. H. T. de, Fernandes, P. D., Alves, A. N., & Silva, F. V. da. (2008). Acúmulo, exportação e restituição de nutrientes pelas bananeiras "Prata Anã" e "Grand Naine." *Ciência Rural*, 38(7), 2054–2058. <https://doi.org/10.1590/s0103-84782008000700042>
- Sousa, J. S., Neves, J. C. L., Martinez, H. E. P., & Alvarez, V. H. V. (2018). Relationship between Coffee Leaf Analysis and Soil Chemical Analysis. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 42, e0170109. <https://doi.org/10.1590/18069657rbcs20170109>
- Souza, H. A., Rozane, D. E., Amorim, D. A., Dias, M. J. T., Modesto, V. C., & Natale, W. (2015). Assessment of Nutritional Status of Guava Seedlings using Preliminary DRIS Norms and Sufficiency Ranges. *Journal of Plant Nutrition*, 38(10), 1611–1618. <https://doi.org/10.1080/01904167.2015.1017050>
- Stahringer, N. (2013). Sistema de recomendação de corretivos e fertilizantes para a cultura da laranjeira com base no balanço nutricional (FERTICALC-Laranja). Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 2013. 120p (Dissertação de Mestrado).
- Tadayon, M. S., & Sadeghi, S. (2022). The relation between compositional nutrient diagnosis indices and susceptibility of Valencia orange to citrus decline. *Journal of Plant Nutrition*, 46(2), 261–274. <https://doi.org/10.1080/01904167.2022.2067772>
- Teixeira, L. A. J., Zambrosi, F. C. B., & Bettiol Neto, J. E. (2007). Avaliação do estado nutricional de bananeiras do subgrupo Cavendish no estado de São Paulo: normas dris e níveis críticos de nutrientes. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 29(3), 613–620. <https://doi.org/10.1590/s0100-29452007000300037>
- Teixeira, L. A. J., Raij, B. V., & Bettiol Neto, J. E. (2008). Estimativa das necessidades nutricionais de bananeiras do subgrupo Cavendish cultivadas no Estado de São Paulo. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 30(2), 540-545. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452008000200047>
- Urano, E. O. M., Kurihara, C. H., Maeda, S., Vitorino, A. C. T., Gonçalves, M. C., & Marchetti, M. E. (2006). Avaliação do estado nutricional da soja. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 41(9), 1421–1428. <https://doi.org/10.1590/s0100-204x2006000900011>

- Villaseñor, D., Prado, R. de M., Pereira da Silva, G., Carrillo, M., & Durango, W. (2020). DRIS norms and limiting nutrients in banana cultivation in the South of Ecuador. *Journal of Plant Nutrition*, 43(18), 2785–2796. <https://doi.org/10.1080/01904167.2020.1793183>
- Wadt, P. G. S. (1996). Os métodos da chance matemática e do Sistema Integrado de Diagnóstico e Recomendação (DRIS) na avaliação nutricional de plantios de eucalipto. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 1996. 123p (Tese de Doutorado).
- Wadt, P. G. S. (2005). Relationships between soil class and nutritional status of coffee plantations. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 29(2), 227–234. <https://doi.org/10.1590/s0100-06832005000200008>
- Wairegi, L., & van Asten, P. (2011). Norms for multivariate diagnosis of nutrient imbalance in the east african highland bananas (*Musa* spp. AAA). *Journal of Plant Nutrition*, 34(10), 1453–1472. <https://doi.org/10.1080/01904167.2011.585203>
- Webb, R. A. (1972). Use of the Boundary Line in the analysis of biological data. *Journal of Horticultural Science*, 47(3), 309–319. <https://doi.org/10.1080/00221589.1972.11514472>
- Yamane, D.R.; Rozane, D. E.; Natale, W.; Cecílio Filho, A. B.; Nowaki, R. H. D.; Meneses, N. B.; Parent, L. E. CND-Citros. Programa de computador: Instituto Nacional da Propriedade Industrial - INPI: BR512019000166-4. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho"; Universidade Federal do Ceará; Université Laval. 2017.