UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO

MARCONDES DE SÁ SOUZA

DRIS E CND EM MANGUEIRAS NA FASE DE PÓS-COLHEITA E SUAS RELAÇÕES COM A FERTILIDADE DO SOLO NO SUBMÉDIO DO VALE DO SÃO FRANCISCO

RECIFE

2025

Marcondes de Sá Souza

Engenheiro Agrônomo

DRIS e CND em mangueiras na fase de pós-colheita e suas relações com a fertilidade do solo no Submédio do Vale do São Francisco

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Ciência do Solo.

Orientador: Prof. Dr. Fernando José Freire.

Coorientador: Prof. Dr. Jefrejan Souza Rezende.

Recife

2025

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Bibliotecário(a): Lorena Teles – CRB-4 1774

S719d Souza, Marcondes de Sá.
DRIS e CND em mangueiras na fase de pós-colheita e suas relações com a fertilidade do solo no Submédio do Vale do São Francisco / Marcondes de Sá Souza. – Recife, 2025.
87 f.

Orientador(a): Fernando José Freire.
Co-orientador(a): Jefrejan Souza Rezende.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Recife, BR-PE, 2025.

Inclui referências e apêndice(s).

1. Manga - Cultivo - São Francisco, Rio, Vale. 2. Manga - Composição. 3. Fertilidade do solo - Modelos matemáticos. I. Freire, Fernando José, orient. II. Rezende, Jefrejan Souza, coorient. III. Título

CDD 631.4

MARCONDES DE SÁ SOUZA

DRIS e CND em mangueiras na fase de pós-colheita e suas relações com a fertilidade do solo no Submédio do Vale do São Francisco

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Ciência do Solo.

Aprovada em 24 de janeiro de 2025

Prof. Dr. Fernando José Freire

Orientador

Universidade Federal Rural de Pernambuco

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Ítalo Herbert Lucena Cavalcante

Universidade Federal do Vale do São Francisco

Dr. Eduardo Cézar Medeiros Saldanha

Rio Tinto Desenvolvimentos Minerais

Dr. Jailson Cavalcante Cunha

PlantSoil Laboratórios

Prof. Dr. Jefrejan Souza Rezende

Universidade Estadual do Piauí

À Deus Todo-Poderoso,

À minha amada esposa Débora Taísa,

Aos meus pais Manoel e Mariana,

Dedico!

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, à Deus Pai e ao meu Senhor e Salvador Jesus Cristo, por ter me dado força e graça para realizar esta pesquisa. Também pelo livramento que me concedeu durante o doutorado. Obrigado, Senhor, por ter preservado a minha vida. Foram muitos os desafios, mas até aqui me ajudou o Senhor! Toda glória seja dada ao seu nome!

À minha amada esposa Débora Taísa, que tem sido meu apoio e ponto de equilíbrio desde a graduação. Sem você, tenho certeza de que não teria chegado até aqui. Você foi, é e sempre será imprescindível para que eu possa atingir meus objetivos. Te amo!

Aos meus pais, Manoel e Mariana, e as minhas irmãs, Michele e Micaely, por todo o apoio durante toda a jornada acadêmica. Obrigado por acreditarem em mim.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco por ter sido a minha casa, desde a graduação até o doutorado.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo pela oportunidade de cursar este doutorado. Programa este reconhecido nacional e internacionalmente pela sua ótima estrutura e corpo docente altamente qualificado.

À todos os docentes do Programa, em especial: Giselle Fracetto, Emídio Oliveira, Brivaldo Almeida, Betânia Freire, Jean Santos, Clístenes Nascimento, Mateus Filho, Caroline Biondi e Fernando Freire, por todo o conhecimento transmitido durante as disciplinas.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa.

À empresa Agrobras Agrícola Tropical do Brasil Ltda. pela hospitalidade e pelo fornecimento dos dados necessários para realização da pesquisa.

Ao meu orientador, professor Fernando Freire, e ao meu coorientador, professor Jefrejan Rezende, por terem me auxiliado na execução deste trabalho, sempre tirando dúvidas e estando sempre a disposição.

Aos amigos e colegas do Programa, em especial: Amanda Lima, Joel Andrade, Suellen Vasconcelos, Marcos Oliveira e Francisco Marto.

Aos membros da banca examinadora, Prof. Dr. Ítalo Cavalcante, Dr. Eduardo Saldanha, Dr. Jailson Cunha e Prof. Dr. Jefrejan Rezende, por terem aceitado o convite e pelas relevantes contribuições para melhoria do trabalho.

Aos meus amigos Alexandre Jardim e Wagner Martins, por terem me ajudado muito com as análises multivariadas.

Aos amigos e colegas da UAST: Prof. Thieres, Prof. Luciana, Cinara, Lady Daiane, Célia Siqueira, Jandis, Leonardo, Carlos André, Álefe, Ivanice, Mayara, Ericks, por todo apoio prestado e pela amizade.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

Grato!

“E eu tenho a certeza de que Deus, que começou a boa obra, continuará ajudando a crescer em sua graça até quando sua tarefa em vocês estiver finalmente terminada.”

(Filipenses 1.6)

DRIS e CND em mangueiras na fase de pós-colheita e suas relações com a fertilidade do solo no Submédio do Vale do São Francisco

RESUMO

O objetivo da pesquisa foi avaliar o estado nutricional das cultivares de mangueira Tommy Atkins, Kent e Palmer pelos métodos DRIS e CND, e verificar a correlação dos índices DRIS com atributos de diferentes tipos de solo na região do Submédio do Vale do São Francisco. O estudo foi realizado em pomares comerciais de mangueira de cinco fazendas da empresa Agrobras Agrícola Tropical do Brasil Ltda. Foram selecionados 85 talhões de mangueira, sendo 33 de Tommy Atkins, 32 de Kent e 20 de Palmer. O banco de dados foi constituído por produtividade e teores foliares dos nutrientes N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn, Zn, Mo e Ni. Para separação da população de referência, foram utilizados três critérios como ponto de corte do banco de dados, com base na média da produtividade + desvio padrão: critério 1 (média); critério 2 (média + 0,5 desvio padrão); e critério 3 (média + desvio padrão). A população de alta produtividade foi utilizada para o estabelecimento das normas DRIS. Foram calculadas as médias, desvios-padrão e variâncias de cada nutriente e de todas as relações bivariadas possíveis entre os nutrientes. Também foram calculadas todas as razões de variâncias entre os grupos de baixa e de alta produtividade. A relação bivariada com a maior razão de variância foi selecionada como norma DRIS. Após o estabelecimento das normas DRIS, foram calculadas as funções DRIS e finalmente os índices DRIS. Para o uso do método CND, foram calculados: o valor de preenchimento, a média geométrica dos nutrientes estudados, a relação multivariada entre os nutrientes, as normas CND e os índices CND. Também foi calculado o índice de balanço nutricional médio (IBNm). Os índices DRIS e CND foram interpretados de acordo com o Potencial de Resposta à Adubação (PRA). Teores ótimos de cada nutriente foram estimados por análise de regressão entre a concentração do nutriente na folha e seu respectivo índice DRIS e CND. As faixas ótimas foram estabelecidas com base no teor ótimo ± 2/3 do desvio padrão do nutriente na população de referência. O teste Qui-quadrado foi aplicado para avaliar se houve associação entre os diagnósticos DRIS e CND. A análise de componentes principais (PCA) foi utilizada para verificar a relação entre índices DRIS e atributos do solo de três fazendas. O critério 2 se mostrou como melhor método de divisão do banco de dados. As normas DRIS específicas para cada uma das cultivares estudadas foram estabelecidas. Teores ótimos e faixas ótimas de nutrientes, no nível foliar, foram estabelecidos para cada cultivar. Os métodos DRIS e CND mostraram alta concordância no diagnóstico nutricional, mas o método DRIS se mostrou mais sensível na detecção de desequilíbrios nutricionais, uma vez que esteve mais correlacionado com os índices nutricionais em comparação com o CND. Os nutrientes mais limitantes por deficiência foram Cu, Mn, Zn e Mo, enquanto os nutrientes mais limitantes por excesso foram Cu e Mn. Os índices DRIS ICu e os IK, IS, IMn e INi exibiram correlações positivas e negativas com os teores de P, K, Ca, Mg, Cu, Mn, Zn e T, respectivamente, para as condições de solo mais argilosos (Agrobras 01) e mais arenosos (Hidrotec). Estudos futuros devem ser feitos com o intuito de estabelecer normas DRIS específicas considerando não apenas a cultivar, mas também cada tipo de solo. Experimentos devem focar na validação das normas DRIS estabelecidas.

Palavras-chave: *Mangifera indica* L. Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação. Diagnose da Composição Nutricional. Análise multivariada.

DRIS and CND in mango trees in the post-harvest phase and their relationships with soil fertility in the Sub-Middle São Francisco Valley

ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the nutritional status of the mango cultivars Tommy Atkins, Kent and Palmer using the DRIS and CND methods, and to verify the correlation of the DRIS indices with attributes of different soil types in the Sub-Middle region of the São Francisco Valley. The study was carried out in commercial mango orchards on five farms of the company Agrobras Agrícola Tropical do Brasil Ltda. 85 mango plots were selected, 33 of which were from Tommy Atkins, 32 from Kent and 20 from Palmer. The database consisted of productivity and leaf contents of the nutrients N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn, Zn, Mo and Ni. To separate the reference population, three criteria were used as the database cutoff point, based on the mean productivity + standard deviation: criterion 1 (mean); criterion 2 (mean + 0.5 standard deviation); and criterion 3 (mean + standard deviation). The high-productivity population was used to establish the DRIS standards. The means, standard deviations and variances of each nutrient and of all possible bivariate relationships between nutrients were calculated. All variance ratios between low and high productivity groups were also calculated. The bivariate relationship with the highest variance ratio was selected as the DRIS norm. After establishing the DRIS norms, the DRIS functions and finally the DRIS indices were calculated. To use the CND method, the following were calculated: the filling value, the geometric mean of the nutrients studied, the multivariate relationship between nutrients, the CND norms and the CND indices. The average nutritional balance index (IBNm) was also calculated. The DRIS and CND indices were interpreted according to the Fertilization Response Potential (FRP). Optimal levels of each nutrient were estimated by regression analysis between the nutrient concentration in the leaf and its respective DRIS and CND index. The optimal ranges were established based on the optimal content ± 2/3 of the standard deviation of the nutrient in the reference population. The chi-square test was applied to assess whether there was an association between the DRIS and CND diagnoses. Principal component analysis (PCA) was used to verify the relationship between DRIS indices and soil attributes of three farms. Criterion 2 proved to be the best method for dividing the database. Specific DRIS standards for each of the studied cultivars were established. Optimal nutrient contents and optimal ranges, at the leaf level, were established for each cultivar. The DRIS and CND methods showed high agreement in nutritional diagnosis, but the DRIS method proved to be more sensitive in detecting nutritional imbalances, since it was more correlated with the nutritional indices compared to CND. The most limiting nutrients by deficiency were Cu, Mn, Zn and Mo, while the most limiting nutrients by excess were Cu and Mn. The DRIS indices ICu and IK, IS, IMn and INi showed positive and negative correlations with the P, K, Ca, Mg, Cu, Mn, Zn and T contents, respectively, for the more clayey (Agrobras 01) and more sandy (Hidrotec) soil conditions. Future studies should be conducted with the aim of establishing specific DRIS standards considering not only the cultivar, but also each soil type. Experiments should focus on validating the established DRIS standards.

Keywords: *Mangifera indica* L. Diagnosis and Recommendation Integrated System. Compositional Nutrient Diagnosis. Multivariate analysis.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Análise de Componentes Principais dos índices nutricionais (IN, IP, IK, ICa, IMg, IS, IB, ICu, IFe, IMn, IZn, IMo e INi), do índice de balanço nutricional médio (IBNm), da produtividade (Prod), e dos métodos diagnósticos DRIS e CND para as cultivares de mangueira Tommy Atkins, Kent e Palmer.....68

Figura 2 – Análise de Componentes Principais (PCA) dos índices DRIS, IBNm, produtividade e atributos do solo para a cultivar Kent nas fazendas Agrobras 01, Agrobras 03 e Hidrotec. Os painéis mostram (a) a variação dos pontos das fazendas ao longo das duas primeiras componentes principais (PC1 e PC2), (b) variação das cargas nos dois primeiros eixos e (c) matriz de componentes com fatores de carga para cada variável nas cinco primeiras PCs.....72

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Teores ótimos e faixas ótimas de nutrientes foliares na cultura da mangueira (*Mangifera indica* L.) segundo Quaggio (1996) para a fase de florescimento e Malavolta et al. (1997) para ramos sem frutos 19

Tabela 2 – Número de talhões de mangueiras por cultivar e por fazenda avaliados.....25

Tabela 3 – Critérios para a interpretação dos valores dos índices DRIS e CND com base no método do potencial de resposta à adubação (PRA).....29

Tabela 4 – Valores médios ($\bar{x}$), mínimos (Min), máximos (Max), desvios-padrões (s), coeficientes de variação (CV, %), variâncias (S^2), assimetria (SK), curtose (Ku) da produtividade (Prod., Mg ha^{-1}) e dos teores de nutrientes foliares em pomares comerciais das cultivares Tommy Atkins, Kent e Palmer. P-valor representa o resultado do teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov.....32

Tabela 5 – Média, desvio-padrão (s), coeficiente de variação (CV, %) e teste t de Student da produtividade (Mg ha^{-1}) e dos teores de nutrientes foliares da cultivar Tommy Atkins entre a população de alta produtividade (PAP) (n = 17, 9 e 6) e a população de baixa produtividade (PBP) (n = 16, 24 e 27), para os critérios 1 (média da produtividade), 2 (média da produtividade + 0,5 desvio-padrão) e 3 (média da produtividade + desvio padrão).....34

Tabela 6 – Média, desvio-padrão (s), coeficiente de variação (CV, %) e teste t de Student da produtividade (Mg ha^{-1}) e dos teores de nutrientes foliares da cultivar Kent entre a população de alta produtividade (PAP) (n = 14, 8 e 3) e a população de baixa produtividade (PBP) (n = 18, 24 e 29), para os critérios 1 (média da produtividade), 2 (média da produtividade + 0,5 desvio-padrão) e 3 (média da produtividade + desvio padrão) 36

Tabela 7 – Média, desvio-padrão (s), coeficiente de variação (CV, %) e teste t de Student da produtividade (Mg ha^{-1}) e dos teores de nutrientes foliares da cultivar Palmer entre a população de alta produtividade (PAP) (n = 11, 9 e 2) e a população de baixa produtividade (PBP) (n = 9, 11 e 18), para os critérios 1 (média da produtividade), 2 (média da produtividade + 0,5 desvio-padrão) e 3 (média da produtividade + desvio padrão) 38

Tabela 8 – Norma DRIS, desvio-padrão (s), coeficiente de variação (CV, %), assimetria (SK), curtose (Ku), razão de variâncias entre as populações de baixa e de alta produtividade

(S^2b/S^2a) e seleção das normas DRIS para as cultivares Tommy Atkins, Kent e Palmer. P-valor representa o resultado do teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov.....43

Tabela 9 – Norma DRIS, desvio-padrão (s), coeficiente de variação (CV, %), assimetria (SK) e curtose (Ku) das cultivares Tommy Atkins, Kent e Palmer. P-valor representa o resultado do teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov.....55

Tabela 10 – Modelos de regressão linear ajustados entre os teores nutricionais e seus respectivos índices DRIS e CND na população de referência, teores ótimos e faixas ótimas dos nutrientes para as cultivares de manga Tommy Atkins, Kent e Palmer.....62

Tabela 11 – Teste de razão de verossimilhança Qui-quadrado dos métodos diagnósticos DRIS e CND para as cultivares Tommy Atkins, Kent e Palmer.....66

Tabela 12 – Frequência média (%) do Potencial de Resposta à Adubação (PRA) dos nutrientes N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn, Zn, Mo e Ni para as cultivares de manga Tommy Atkins, Kent e Palmer.....70

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 14

1.1 Hipóteses 15

1.2 Objetivos 15

1.2.1 Objetivo geral 15

1.2.2 Objetivos específicos 15

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 17

2.1. Fruticultura no Brasil e no Vale do São Francisco 17

2.2 Cultura da mangueira 17

2.3 Avaliação do estado nutricional pelos métodos DRIS e CND: aplicações na cultura da mangueira 19

3 MATERIAL E MÉTODOS 24

3.1 Localização e caracterização da área de estudo 24

3.2 Análise foliar 25

3.3 Estabelecimento de normas DRIS 26

3.4 Diagnósticos nutricionais pelos métodos DRIS e CND 27

3.5 Análise de solo 30

3.6 Análises estatísticas 30

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO 31

4.1 Determinação da população de referência e normas DRIS 31

4.2 Diagnose nutricional pelos métodos DRIS e CND 61

4.3 Análise multivariada dos índices DRIS e atributos do solo 71

5. CONCLUSÕES 75

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 77

APÊNDICE A – Manejo da adubação nas fazendas da Empresa Agrobras Agrícola Tropical do Brasil 85

APÊNDICE B – Atributos químicos do solo das fazendas Agrobras-01, Agrobras-03 e Hidrotec no Submédio do Vale do São Francisco 87

1 INTRODUÇÃO

A cultura da mangueira (*Mangifera indica* L.) é uma das mais importantes frutíferas para o Brasil, isso porque suas frutas são uma das mais produzidas, além de ser a fruta mais exportada pelo país, contribuindo diretamente na economia brasileira. Nesse contexto, um dos fatores que tem mais contribuído para o sucesso da mangueira são as pesquisas voltadas para a melhoria da nutrição de plantas, visando não só o aumento da produtividade, mas também o uso eficiente e sustentável de fertilizantes. Com base nisso, o presente estudo dá ênfase sobre a aplicação do Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS) e da Diagnose da Composição Nutricional (CND) em diferentes cultivares de mangueira na região do Submédio do Vale do São Francisco.

O DRIS e o CND são métodos diagnósticos bivariados e multivariados, respectivamente, sendo mais vantajosos em relação aos métodos univariados, como o nível crítico e a faixa de suficiência, uma vez que aqueles levam em consideração a interação entre nutrientes dentro da planta, o que pode refletir diretamente na produtividade. Isso justifica o uso desses métodos para a realização do diagnóstico nutricional em mangueiras. Além disso, por meio desses métodos, é possível estimar teores ótimos foliares a partir de análises de regressão entre as concentrações foliares do nutriente e seu respectivo índice DRIS ou CND, bem como obter a hierarquização dos nutrientes mais limitantes, seja por excesso ou deficiência.

Mas para que o método DRIS seja utilizado, é necessário primeiramente estabelecer as normas DRIS, que são valores de referência calculados a partir de uma população de alta produtividade, pois pressupõe-se que plantas com alta produtividade são mais equilibradas nutricionalmente. Para que essas normas sejam obtidas, o banco de dados, composto por produtividade e teores foliares de nutrientes, precisa ser segmentado em subpopulações de alta e de baixa produtividade. No entanto, os critérios comumente utilizados para essa separação são vários e parecem um tanto arbitrários, mas geralmente se baseiam na média da produtividade e no desvio padrão. Com isso, surge o desafio de tentar esclarecer qual o melhor critério de separação da população de referência, e o presente estudo busca preencher esta lacuna.

Vale ressaltar que normas DRIS já foram desenvolvidas para a cultura da mangueira no Brasil, especialmente na região do Vale do São Francisco. Todavia, muitas dessas normas são genéricas, não levando em consideração diferentes cultivares e/ou diferentes condições

edafoclimáticas. Além disso, as normas DRIS encontradas na literatura para a cultura da mangueira foram estabelecidas a partir de amostras foliares coletadas na fase de florescimento, não havendo registros de normas DRIS na fase de pós-colheita, o que poderia auxiliar na detecção e correção de possíveis desequilíbrios nutricionais com antecedência. Portanto, há a necessidade de estabelecer normas DRIS específicas para cada cultivar de mangueira, durante a fase de pós-colheita, buscando atender adequadamente a demanda nutricional de cada cultivar. Nesse contexto, uma das cultivares mais exploradas tem sido a Tommy Atkins, amplamente cultivada na região, entretanto ainda são incipientes as informações sobre a aplicação dos métodos DRIS e CND para outras cultivares de importância comercial, como a Kent e a Palmer.

Por fim, o presente estudo incorpora a utilização de técnicas de análise multivariada, como a análise de componentes principais (PCA), uma ferramenta estatística robusta, a fim de explorar as possíveis relações entre os índices DRIS e a fertilidade do solo. Essa é uma importante lacuna a ser preenchida, tendo em vista a escassez de informações sobre a correlação entre índices DRIS e as características intrínsecas de diferentes solos. Portanto, esta pesquisa contribui no fornecimento de informações que podem subsidiar recomendações de manejo mais precisas, baseadas no equilíbrio nutricional.

1.1 Hipóteses

(1) O melhor critério para separação da população de referência, visando a obtenção das normas DRIS específicas em diferentes cultivares de mangueira, depende não só da diferença de produtividade entre as duas subpopulações (alta e baixa produtividade), mas também da menor variabilidade dentro da população de referência, desde que esta seja constituída por, pelo menos, 10% do banco de dados original; (2) Os métodos DRIS e CND fornecem diagnósticos nutricionais distintos para cada cultivar de mangueira; (3) Os índices DRIS estão correlacionados com os atributos de diferentes tipos de solo.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

Avaliar o estado nutricional das cultivares de mangueira Tommy Atkins, Kent e Palmer pelos métodos DRIS e CND durante a fase de pós-colheita, e verificar a correlação dos índices DRIS com atributos de diferentes tipos de solo na região do Submédio do Vale do São Francisco.

1.2.2 Objetivos específicos

Identificar o melhor critério de divisão do banco de dados para seleção da população de referência a partir da média da produtividade e do desvio padrão;

Estabelecer normas DRIS específicas para as cultivares de manga Tommy Atkins, Kent e Palmer, durante a fase de pós-colheita, na região do Submédio do Vale do São Francisco;

Estabelecer teores ótimos e faixas ótimas de nutrientes a partir dos métodos DRIS e CND;

Comparar os métodos DRIS e CND no diagnóstico nutricional de cultivares de mangueira;

Correlacionar os índices DRIS da cultivar Kent com os atributos do solo de três diferentes fazendas.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Fruticultura no Brasil e no Vale do São Francisco

O Brasil é o terceiro maior produtor mundial de frutas, atrás apenas de China e Índia, com uma produção anual que ultrapassa 40 milhões de toneladas. Em 2023, a área colhida de frutíferas foi superior a 2,7 milhões de hectares (ha) e o valor da produção foi de R$ 79,8 bilhões, representando um aumento de 26,0% em relação a 2022 (R$ 63,3 bilhões). As frutas mais produzidas foram laranja (R$ 20,0 bilhões), banana (R$ 13,8 bilhões), açaí (R$ 8,0 bilhões), uva (R$ 5,3 bilhões), cacau (R$ 4,6 bilhões) e abacaxi (R$ 3,9 bilhões), e os estados que mais contribuíram com a produção nacional foram São Paulo (R$ 22,3 bilhões), Pará (R$ 12,7 bilhões), Bahia (R$ 8,0 bilhões), Minas Gerais (R$ 5,4 bilhões), Rio Grande do Sul (R$ 4,9 bilhões) e Pernambuco (R$ 4,6 bilhões) (IBGE, 2023).

Também em 2023, o Brasil bateu seu próprio recorde nas exportações de frutas, com um faturamento superior a US$ 1,3 bilhão (1,06 milhão de toneladas), sendo seus principais consumidores a União Europeia e os Estados Unidos. As frutas mais exportadas foram manga (US$ 314,5 milhões), melão (US$ 189,0 milhões) e uva (US$ 185,0 milhões) (MAPA, 2024). O destaque para as exportações de manga e uva se deve, principalmente, à região do Submédio do Vale do São Francisco (VSF), o maior polo de fruticultura irrigada do país.

Localizado no Semiárido brasileiro, o VSF possui características climáticas únicas como insolação e temperatura elevadas, que juntamente com a irrigação (água proveniente do rio São Francisco), permitem o cultivo de frutas o ano inteiro (PADILHA et al., 2019). Em 2023, o valor da produção de frutas no VSF somou mais de R$ 6,1 bilhões (29,3% superior a 2022 – R$ 4,7 bilhões), onde as frutas mais produzidas continuam sendo manga e uva. Esta região representa 70% e 40% da produção nacional de manga e uva (em R$), respectivamente (IBGE, 2023). O VSF também foi responsável por 90% das exportações de manga e de uva do Brasil em 2023 (MAPA, 2024).

2.2 Cultura da mangueira

A mangueira (*Mangifera indica* L.) é uma frutífera tropical dicotiledônea pertencente à família Anacardeaceae, e que possui seu centro de origem no continente asiático. Devido à sua importância comercial e alto valor nutritivo, a manga é conhecida, principalmente na Índia, como “The king of fruits” (THARANATHAN; YASHODA; PRABHA, 2006). Em 2023, a manga foi a sétima fruta mais produzida no Brasil, com valor da produção superior a R$ 3,2 bilhões (1,7 milhão de toneladas). No VSF o valor da produção de manga foi de R$

2,2 bilhões (1,1 milhão de toneladas), representando quase 70% da produção nacional (IBGE, 2023). No mesmo ano, o Brasil faturou US$ 314,5 milhões com exportações de manga (266 mil toneladas), sendo esta a fruta mais exportada do país (MAPA, 2024).

Em relação ao aspecto nutritivo, a manga é rica em β-caroteno, vitamina C, fibra alimentar, açúcares solúveis e minerais que a qualificam como uma fruta altamente benéfica à saúde humana (NTSOANE et al., 2019; YAHIA et al., 2023). Em média, cada 100 g de polpa de manga contém a seguinte composição: água (83,46 g), energia (60 kcal), carboidratos (14,98 g), fibra alimentar total (1,6 g), açúcares (13,66 g), cálcio (Ca, 11 mg), magnésio (Mg, 10 mg), fósforo (P, 14 mg), potássio (K, 168 mg), vitamina C (36,4 mg) e β-caroteno (640 μg) (USDA, 2020). Estudos como o de Maldonado-Celis et al. (2019) também mostram de forma abrangente a composição química da manga. De acordo com esses autores, os principais nutrientes minerais que constituem a polpa da manga são K, P, Ca e Mg. Entretanto, a composição química e mineral dos frutos varia em função de fatores ambientais (HOCKING et al., 2016), da cultivar (MARQUES et al., 2010), do estágio de maturação (LAWSON et al., 2019), da idade do pomar (KUMAR; RAM, 2018), entre outros.

O conhecimento e a avaliação da composição mineral das folhas da mangueira também são importantes, pois é a partir desses teores minerais, e da resposta produtiva do pomar, que são feitos os diagnósticos nutricionais, com o objetivo de corrigir possíveis deficiências e/ou excessos de nutrientes por meio da adubação. Diversos trabalhos na literatura relataram a composição mineral em folhas de mangueira (ABOU-AWAD; AL-AZZAZY; AFIA, 2012; ALI et al., 2020; GOMES et al., 2024; KUMAR et al., 2021; MEDEIROS et al., 2004; OKWU; EZENAGU, 2008; PRINCEWILL-OGBONNA; OGBONNA; OGUJIOFOR, 2019; REZENDE et al., 2022, 2023, 2024). As concentrações foliares encontradas na literatura variam bastante, como é mostrado a seguir: nitrogênio (0,03 – 26,0 g kg^{-1}), fósforo (0,07 – 4,8 g kg^{-1}), potássio (0,08 – 9,5 g kg^{-1}), cálcio (0,03 – 44,1 g kg^{-1}), magnésio (0,09 – 15,8 g kg^{-1}), enxofre (3,7 – 8,8 g kg^{-1}), zinco (24 – 140 mg kg^{-1}), boro (16 – 42 mg kg^{-1}), cobre (21 – 29 mg kg^{-1}), ferro (62 – 340 mg kg^{-1}) e manganês (28 – 30 mg kg^{-1}) (KUMAR et al., 2021). Essa considerável variação nutricional está em função de diversos fatores como, por exemplo, a cultivar, a idade do pomar, a fase fenológica, incidência de pragas e doenças, folha diagnóstico, fertilidade do solo e manejo de adubação.

A literatura também apresenta teores ótimos e faixas ótimas de nutrientes foliares para a cultura da mangueira. Trabalhos clássicos publicados no Brasil mostram esses dados,

conforme a Tabela 1 (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997; QUAGGIO, 1996). Vale destacar que as faixas ótimas estabelecidas por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997) foram definidas na fase de florescimento, enquanto as faixas de Quaggio (1996) foram estabelecidas para ramos sem frutos. No entanto, um estudo mais recente de Rezende et al. (2024) apresentou novas faixas de suficiência e teores ótimos foliares para três cultivares distintas de mangueira, no município de Belém do São Francisco, Pernambuco (Brasil), a partir de abordagens bivariadas e multivariadas como, por exemplo, o "Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação" e a "Diagnose da Composição Nutricional", respectivamente.

Tabela 1. Teores ótimos e faixas ótimas de nutrientes foliares na cultura da mangueira (*Mangifera indica* L.) segundo Quaggio (1996) para a fase de florescimento e Malavolta et al. (1997) para ramos sem frutos.

Nutriente	Quaggio (1996)		Malavolta et al. (1997)	
	Teor ótimo	Faixa ótima	Teor ótimo	Faixa ótima
Nitrogênio (g kg^{-1})	13,0	12,0 – 14,0	12,5	12,0 – 13,0
Fósforo (g kg^{-1})	1,2	0,8 – 1,6	1,3	1,2 – 1,4
Potássio (g kg^{-1})	7,5	5,0 – 10,0	5,0	4,0 – 6,0
Cálcio (g kg^{-1})	27,5	20,0 – 35,0	31,5	30,0 – 33,0
Magnésio (g kg^{-1})	3,7	2,5 – 5,0	5,5	5,0 – 6,0
Enxofre (g kg^{-1})	1,3	0,8 – 1,8	1,7	1,6 – 1,8
Boro (mg kg^{-1})	75,0	50,0 – 100,0	30,0	-
Cobre (mg kg^{-1})	30,0	10,0 – 50,0	30,0	-
Ferro (mg kg^{-1})	125,0	50,0 – 200,0	70,0	-
Manganês (mg kg^{-1})	75,0	50,0 – 100,0	120,0	-
Zinco (mg kg^{-1})	30,0	20,0 – 40,0	90,0	-
Cloro (mg kg^{-1})	500,0	100 – 900	-	-

2.3 Avaliação do estado nutricional pelos métodos DRIS e CND: aplicações na cultura da mangueira

Um dos principais objetivos do manejo de nutrientes em culturas frutíferas é o aumento da produtividade por meio da aplicação de fertilizantes de maneira eficiente e, para isso, é necessário determinar de forma precisa quais são os nutrientes mais limitantes da produção (KULDEEP et al., 2024; SAVITA et al., 2016). O monitoramento nutricional geralmente é feito por meio da análise de solo, da análise foliar e da análise visual. No diagnóstico foliar, a interpretação dos teores foliares dos nutrientes consiste na comparação da

amostra avaliada com padrões obtidos de plantas com alta produtividade, por meio de métodos univariados, bivariados ou multivariados (PRADO; ROZANE, 2020).

Os métodos univariados de interpretação mais utilizados são a faixa de suficiência e o nível crítico. No entanto, estes métodos não consideram as interações entre os nutrientes e podem ser influenciados por fatores não controlados (ex.: taxa de acúmulo de biomassa), sendo mais recomendados para condições semelhantes às utilizadas na sua calibração (POLITI et al., 2013). Por outro lado, o Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS) é uma técnica bivariada desenvolvida por Beaufils (1973) e consiste na relação dual entre os nutrientes, permitindo avaliar o balanço dos nutrientes, classificando-os por ordem de limitação (SAVITA et al., 2016). O DRIS é considerado um método diagnóstico mais eficiente do que as técnicas univariadas, uma vez que leva em consideração as interações entre os nutrientes, e isso é de elevada importância para o manejo da fertilização porque o fornecimento de um nutriente pode afetar a absorção, distribuição ou função de outro nutriente, refletindo diretamente na produtividade (RIETRA et al., 2017).

Os resultados dos diagnósticos obtidos por meio do DRIS são expressos na forma de índices para cada nutriente, os quais podem ser positivos ou negativos, indicando possíveis excessos ou deficiências de um determinado nutriente, respectivamente, de maneira que, quanto mais próximo de zero for o valor do índice, mais equilibrado está o nutriente em relação aos demais. Na literatura, é possível encontrar alguns estudos que sugeriram diferentes maneiras de calcular os índices DRIS, visando o aprimoramento do sistema. Alguns desses estudos merecem destaque como Jones (1981), Elwali e Gascho (1983), Hallmark et al. (1987) e Maia (1999).

Para que os índices DRIS sejam calculados, é necessário estabelecer valores de referência, também chamados de “normas DRIS” ou “padrões DRIS”, das relações duais entre os nutrientes. Essas normas devem ser obtidas a partir de um grupo de plantas com alta produtividade, também denominada de população de referência, que é proveniente de um banco de dados maior, o qual é dividido em dois grupos: grupo de alta produtividade e grupo de baixa produtividade. A escolha do ponto de corte para dividir o banco de dados em grupos de alta e de baixa produtividade é arbitrária e, geralmente, é baseada em parâmetros estatísticos do banco de dados como, por exemplo, a média da produtividade e o desvio padrão (QUOC et al., 2023; REZENDE et al., 2022; SILVA et al., 2023; TANIGUCHI et al., 2024; TULLIO; ROZANE, 2022; VILLASEÑOR-ORTIZ et al., 2022; VILLASEÑOR et al.,

2020). Rezende et al. (2022) e Silva et al. (2023) utilizaram a média da produtividade + 0,5 desvio padrão para separar a população de referência nas culturas da mangueira e da videira, respectivamente. Já Taniguchi et al. (2024) usaram a média da produtividade + desvio padrão na cultura do cajueiro anão. Por sua vez, Villaseñor et al. (2020) e Quoc et al. (2023) utilizaram simplesmente a média da produtividade, para as culturas da banana e do abacaxi, respectivamente. Todavia, a literatura apresenta também outros critérios de divisão como: abordagem do valor crítico (R^2) (RYMBAI et al., 2024), análise de regressão múltipla (PACHECO; VELANDIA; CÁRDENAS, 2023) e método de partição de Cate-Nelson (TADAYON; SAGHAFI; SADEGHI, 2022).

Não há um critério de divisão certo ou errado, mas Pacheco, Velandia e Cárdenas (2023) explicaram que a utilização de métodos de partição diferentes irão gerar normas diferentes inevitavelmente, e foi exatamente o que aconteceu nos trabalhos de Serra et al. (2013) e de Silva et al. (2020) ao testarem diferentes pontos de corte para as culturas do algodão e da cana-de-açúcar, respectivamente. Além disso, Pacheco, Velandia e Cárdenas (2023) recomendaram a utilização do critério mais conveniente, ou seja, aquele que gerar a maior diferença na produtividade e nos teores nutricionais entre as duas subpopulações e, também, aquele que apresentar a menor variabilidade dentro da população de referência. Nesse contexto, ainda não há estudos sobre o uso de diferentes pontos de corte para selecionar a população de referência na cultura da mangueira.

Outro aspecto muito importante é o tamanho do banco de dados. Embora a maioria dos estudos para o estabelecimento de normas DRIS utilize grandes bancos de dados, há exemplos de pesquisas que utilizaram conjuntos de dados menores. Quoc et al. (2023), Taniguchi et al. (2024), Tullio e Rozane (2022), Villaseñor-Ortiz et al. (2022) e Villaseñor et al. (2020) trabalharam com bancos de dados mais robustos, constituídos por 86, 248, 202, 233 e 188 amostras, respectivamente. Por outro lado, no estudo de Rezende et al. (2022), o banco de dados consistia em 38 amostras para a cultivar de manga Keitt. Já o banco de dados de Silva et al. (2023) era constituído por apenas 19 amostras para a cultura da videira.

Já a Diagnose da Composição Nutricional (CND), desenvolvida por Parent e Dafir (1992), é um método multivariado evoluído a partir do DRIS, onde a concentração de cada nutriente é relacionada com a média geométrica de todos os nutrientes envolvidos, além de relacionar com a matéria seca e quaisquer componentes não quantificados. Vale destacar que o CND permite a aplicação direta de diversas análises multivariadas (e.g., análise de

componentes principais, de agrupamento, fatorial etc.) tendo em vista que os dados são padronizados com média zero e desvio padrão igual a um (RAGHUPATHI; SHILPASHREE, 2018).

Assim como o DRIS, os resultados dos diagnósticos gerados a partir do método CND também são interpretados por meio de índices positivos ou negativos, os quais são gerados a partir de normas CND, que consistem na relação multivariada e no desvio padrão de cada nutriente na população de referência (PARENT; DAFIR, 1992).

Alguns estudos já foram feitos com o intuito de aplicar os métodos DRIS ou CND na cultura da mangueira, especialmente na Índia (DEVI et al., 2020; HUNDAL; SINGH; BRAR, 2005; NAIK; BHATT, 2017; RAGHUPATHI et al., 2004; RAJ; RAO, 2006), e também no Egito (ALI, 2018). No Brasil, a maioria dos trabalhos está concentrada no estudo isolado de um método ou outro, exceto Politi et al. (2013) que utilizou os dois métodos simultaneamente. Além disso, a maioria dos estudos conduzidos no Brasil tem se dedicado a cultivares isoladas, principalmente Tommy Atkins (POLITI et al., 2013; WADT et al., 2007; WADT; SILVA, 2010).

Felizmente, estudos mais recentes têm questionado o uso de normas DRIS genéricas em detrimento de normas específicas para cultivares de mangueira. Rezende et al. (2022) compararam normas DRIS genéricas com normas DRIS específicas para as cultivares de manga Tommy Atkins, Kent e Keitt em cinco fazendas no município de Belém do São Francisco – PE, e verificaram que 44,87%, 38,46% e 26,92% das normas DRIS específicas das cultivares Tommy Atkins, Kent e Keitt, respectivamente, diferiram estatisticamente das normas genéricas. Os mesmos autores concluíram e recomendaram a utilização de normas DRIS específicas para cada cultivar de manga, por estas terem se mostrado mais consistentes. Seguindo esta mesma tendência, Tullio e Rozane (2022) também estabeleceram normas DRIS específicas para a cultivar de manga Keitt no Semiárido brasileiro.

As cultivares de manga mais produzidas na região do Vale do São Francisco são Tommy Atkins, Kent, Keitt, Palmer, Rosa e Haden (GOMES et al., 2024). O estudo dos métodos DRIS e CND em cultivares específicas de mangueira, principalmente nesta região, merece maior atenção, tendo em vista que esses estudos ainda são incipientes, especialmente no que diz respeito às cultivares Palmer, Rosa e Haden. Nesse contexto, Rezende et al. (2024), estudando as cultivares Tommy Atkins, Kent e Keitt, verificaram que os diagnósticos nutricionais gerados a partir dos métodos DRIS-Beaufils e DRIS-Beaufils Modificado foram

diferentes dos obtidos pelos métodos DRIS-Jones, DRIS-Jones Modificado e CND. Além disso, esses autores também perceberam que o método DRIS-Beaufils, atualizado por Maia (1999), se mostrou mais sensível na detecção de desequilíbrios nutricionais e mais consistente na avaliação nutricional da mangueira.

Portanto, algumas lacunas importantes dentro do estudo dos métodos DRIS e CND, aplicados em cultivares específicas de mangueira, precisam ser preenchidos como, por exemplo: o ponto de corte mais conveniente para selecionar a população de referência; estabelecimento de normas DRIS para cultivares específicas, principalmente Palmer; e determinação de teores e faixas nutricionais ótimas para cada cultivar por meio dos métodos DRIS e CND, a partir de teores de nutrientes foliares na fase de pós-colheita.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e caracterização da área de estudo

O estudo foi realizado em pomares comerciais de mangueira (*Mangifera indica* L.) de cinco fazendas (Agrobras-01-Santana, Agrobras-02-Lagoa da Pedra, Agrobras-03-Best Fruit, Agrobras-04-Curaçá e Hidrotec) pertencentes à empresa Agrobras Agrícola Tropical do Brasil Ltda., localizadas na região do Submédio do Vale do São Francisco, Brasil. Especificamente, a fazenda Agrobras-01 (latitude: -9,32º; longitude: -40,81º) situa-se no município de Casa Nova – BA; as fazendas Agrobras-02 (latitude: -9,31º; longitude: -40,24º), Agrobras-03 (latitude: -9,26º; longitude: -40,23º) e Agrobras-04 (latitude: -9,14º; longitude: -40,01º) estão localizadas no município de Juazeiro – BA; e a fazenda Hidrotec (latitude: -9,36º; longitude: -40,74º) está situada no município de Petrolina – PE.

O clima da região é do tipo BShw, classificado como semiárido com inverno seco (ALVARES et al., 2013). Na região, a taxa de precipitação pluvial é inferior a 500 mm ano^{-1}, com chuvas concentradas entre os meses de fevereiro e abril; a umidade relativa média do ar é de 67%; devido à baixa latitude, a região também apresenta alta insolação, com valores maiores entre agosto e novembro (8,7 h dia^{-1}); a temperatura média anual é de 26 ºC, com mínimas de 18,2 a 22,2 ºC (abril a setembro) e máximas de 29,6 a 34,0 ºC (outubro a março) (ALVARES et al., 2013; PADILHA et al., 2019).

Foram estudadas três cultivares de mangueira, a saber, Tommy Atkins, Kent e Palmer, cujos dados foram obtidos a partir de três safras (2019/2020, 2020/2021 e 2021/2022). Ao todo, foram selecionados 85 talhões cultivados com mangueira, sendo 33 talhões da cultivar Tommy Atkins, 32 talhões da cultivar Kent e 20 talhões da cultivar Palmer. A distribuição dos talhões por cultivar e por fazenda está demonstrada na Tabela 2. Os dados foram obtidos a partir de pomares com plantas de idade igual ou superior a cinco anos, com porte uniforme e bom estado fitossanitário. As mangueiras estavam dispostas em espaçamentos que variavam entre 6,0 x 2,5 m e 10,0 x 5,0 m. Informações sobre o manejo de adubação nas fazendas estão disponíveis no Apêndice A.

Tabela 2. Número de talhões de mangueiras por cultivar e por fazenda avaliados.

Cultivar	Fazenda				
	Agrobras 01	Agrobras 02	Agrobras 03	Agrobras 04	Hidrotec
Tommy A.	18	6	9	-	-
Kent	5	4	6	6	11
Palmer	8	-	6	6	-

3.2 Análise foliar

Para determinação dos teores totais de nutrientes nas folhas de mangueiras, foram coletadas quatro folhas por planta, especificamente na região mediana da copa, sendo uma folha em cada ponto cardeal da copa. A coleta das folhas foi feita no meio do último fluxo vegetativo, na fase de pós-colheita, com intervalo médio de um dia após a colheita dos frutos. Para isso, foram selecionadas 20 plantas aleatoriamente em cada talhão, a fim de se fazer uma amostra composta representativa de cada talhão, totalizando 85 amostras compostas de folhas de mangueiras, correspondentes aos 85 talhões. As folhas coletadas foram acondicionadas em sacos de papel devidamente identificados.

Em laboratório, as folhas foram lavadas com água destilada e colocadas em estufa de circulação forçada de ar a uma temperatura de 65 ºC durante 72 horas. Após a secagem, as folhas foram moídas em moinho tipo Wiley e passadas em peneira com malha de 1,0 mm de diâmetro. Foram quantificados os teores foliares dos macronutrientes, sendo nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S), bem como dos micronutrientes boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn), molibdênio (Mo) e níquel (Ni). O teor de N das amostras foliares foi determinado pelo método de Kjeldahl, após digestão com H_2O_2 e H_2SO_4. Os teores de P, K, Ca e Mg foram determinados a partir de digestão nitroperclórica da seguinte forma: P foi determinado por espectrofotometria após a adição de molibdato de amônio; K por fotometria de chama; Ca e Mg por espectrofotometria de absorção atômica. O teor de S foi analisado por turbidimetria. Todos os micronutrientes (Cu, Fe, Mn, Zn, Mo e Ni) foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica, exceto o B que foi por digestão via seca pelo método da incineração. Todas essas análises foram efetuadas conforme metodologia descrita por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997). A produtividade dos talhões de mangueira foi quantificada no momento da colheita, um dia antes da coleta das folhas, e compôs um único banco de dados juntamente com os

teores foliares dos nutrientes. Para isso foi considerada a produtividade comercial de cada pomar, cujos frutos foram colhidos no estágio de maturação 2 (verde claro).

3.3 Estabelecimento de normas DRIS

Para a utilização do método DRIS, foi necessário estabelecer normas DRIS específicas para cada cultivar de manga (Tommy Atkins, Kent e Palmer), conforme recomendação de Rezende et al. (2022). O banco de dados utilizado para o estabelecimento das normas DRIS foi formado pelos teores foliares totais dos macronutrientes (g kg^{-1}) e micronutrientes (mg kg^{-1}) e pela produtividade (Mg ha^{-1}). Para dividir o banco de dados em populações de alta e de baixa produtividade, foram utilizados três critérios com base na produtividade dos talhões de cada cultivar: Critério 1 (média da produtividade), Critério 2 (média da produtividade + 0,5 desvio padrão) e Critério 3 (média da produtividade + desvio padrão). Os talhões que tiveram produtividade igual ou superior ao ponto de corte, compuseram a população de referência. Já os talhões com rendimento inferior ao ponto de corte, fizeram parte da população de baixa produtividade. Foram calculadas as médias, desvios-padrão e coeficientes de variação da produtividade e dos teores nutricionais nas duas subpopulações, com o intuito de escolher o melhor critério de divisão do banco de dados. Apenas a população de alta produtividade foi utilizada para o estabelecimento das normas DRIS.

Uma vez selecionado o critério de divisão do banco de dados, para obtenção das normas DRIS, foram calculadas as médias, desvios-padrão (s) e variâncias (S^2) de cada nutriente e de todas as relações bivariadas possíveis entre os nutrientes estudados. Por exemplo, considerando os nutrientes N, P e K, as relações bivariadas possíveis podem ser expressas como N/P, N/K e P/K, e também na forma inversa P/N, K/N e K/P. Em seguida, para a relação bivariada entre os nutrientes A e B quaisquer (A/B ou B/A), foram calculadas todas as razões de variâncias (ou taxas de variâncias) entre os grupos de baixa produtividade (L) e de alta produtividade (H) (S^2_L/S^2_H). A relação bivariada A e B que apresentou a maior razão de variância (S^2_L/S^2_H) foi utilizada como norma DRIS (A/B ou B/A), com o intuito de se obter a menor variação possível na população de referência (WALWORTH; SUMNER, 1987). Em suma, as relações entre dois nutrientes foram estabelecidas de acordo com as seguintes condições:

$$\begin{pmatrix} \frac{A}{B} & se & \frac{S^2(A/B)_L}{S^2(A/B)_H} > \frac{S^2(B/A)_L}{S^2(B/A)_H} \\ \frac{B}{A} & se & \frac{S^2(A/B)_L}{S^2(A/B)_H} < \frac{S^2(B/A)_L}{S^2(B/A)_H} \end{pmatrix}$$

onde A e B são dois nutrientes quaisquer.

3.4 Diagnósticos nutricionais pelos métodos DRIS e CND

Após o estabelecimento das normas DRIS, foram calculadas as funções DRIS de acordo com a metodologia proposta por Beaufils (1973) e atualizada por Maia (1999). Sendo assim, as funções DRIS foram calculadas pelas equações 1, 2 e 3 de acordo com os critérios a seguir:

Para A/B > a/b:

$$f(A/B) = \left(\frac{A/B - a/b}{s}\right) K \quad (1)$$

Para A/B < a/b:

$$f(A/B) = \left(\frac{A/B - a/b}{s}\right) K \left(\frac{a/b}{A/B}\right) \quad (2)$$

Para A/B = a/b:

$$f(A/B) = 0 \quad (3)$$

em que, f(A/B) = função DRIS para a relação entre os nutrientes A e B; A/B = expressão da relação entre dois nutrientes na amostra; a/b = expressão da relação entre dois nutrientes na população de alta produtividade; s = desvio padrão da relação entre dois nutrientes na população de alta produtividade; K = 10 (constante de sensibilidade).

Os índices DRIS de cada nutriente foram calculados com base na relação bivariada de dois nutrientes, sendo calculados pela média aritmética de todas as funções DRIS, de forma direta e indireta (inversa), conforme a equação 4.

$$I(A) = \frac{\sum_{i=1}^{n} f(A/Bi) - \sum_{i=1}^{m} f(Bi/A)}{n + m} \quad (4)$$

em que, I(A) = índice DRIS de um nutriente A qualquer; $\sum_{i=1}^{n} f(A/Bi)$ = somatório das funções da relação entre o nutriente A e demais nutrientes Bi; $\sum_{i=1}^{m} f(Bi/A)$ = somatório das funções da relação entre os demais nutrientes Bi e o nutriente A; n = número de funções em que o nutriente A aparece no numerador da relação; m = número de funções em que o nutriente A aparece no denominador da relação.

Para o uso da Diagnose da Composição Nutricional (CND), foram feitos alguns cálculos de acordo com os procedimentos propostos por Parent e Dafir (1992). É importante

destacar que o critério adotado para selecionar a população de referência com o método DRIS foi o mesmo critério utilizado para separar a população de referência com o método CND, com base na média de produtividade e no desvio-padrão (REZENDE et al., 2024; SILVA, 2021; URANO et al., 2007). Primeiramente, foi determinado o valor de preenchimento (R) conforme equação 5.

$$R=10^6-\left(\sum_{j=1}^{n} Xj\right) \quad (5)$$

Em que, n = quantidade de nutrientes analisados; Xj = é o teor de cada nutriente j (mg kg^{-1}); 10^6 = concentração de matéria seca (mg kg^{-1}); R = valor de preenchimento entre 100% e a soma da proporção de nutrientes quantificados.

Em seguida, foi calculada a média geométrica (G) dos nutrientes estudados conforme a equação 6, visando garantir que todos os nutrientes analisados estejam relacionados uns com os outros.

$$G=\left(\prod_{j=1}^{n} Xj \times R\right)^{\frac{1}{n+1}} \quad (6)$$

A relação multivariada entre os nutrientes (multinutrientes) foi determinada pelo processo conhecido como log-transformação da linha centralizada, conforme a equação 7.

$$V_X = \ln\left(\frac{X}{G}\right) \quad (7)$$

Em que, V_X = logaritmo natural do quociente entre as proporções de cada nutriente X e a média geométrica G da composição da amostra foliar a ser diagnosticada.

As normas CND foram estabelecidas a partir da média aritmética e do desvio padrão das relações multinutrientes da população de alta produtividade. Sendo assim, os índices CND foram calculados com base na equação 8.

$$I_X = \frac{V_X - v_x}{s} \quad (8)$$

em que, I_X = índice CND para um nutriente X qualquer; V_X = relação multivariada para cada nutriente na amostra a ser diagnosticada; v_x e s = média aritmética e desvio padrão,

respectivamente, das relações multivariadas para cada nutriente da população de referência (normas CND).

Após a determinação dos índices DRIS e CND, foi calculado o Índice de Balanço Nutricional médio (IBNm) a partir da média aritmética dos valores absolutos (em módulo) dos índices DRIS e CND gerados para cada amostra. Em seguida, os índices DRIS e CND foram interpretados de acordo com o critério do Potencial de Resposta à Adubação (PRA) por meio de cinco categorias descritas na Tabela 3 (WADT et al., 1998). Neste método, os índices DRIS e CND de cada nutriente, em módulo, foram comparados com o valor do IBNm.

Tabela 3. Critérios para a interpretação dos valores dos índices DRIS e CND com base no método do potencial de resposta à adubação (PRA).

Estado Nutricional	PRA	Critério
Deficiente e limitante	Positiva, com alta probabilidade (p)	1. $I_X < 0$ 2. $\|I_X\| > IBNm$ 3. I_X é o índice de menor valor
Provavelmente deficiente	Positiva, com baixa probabilidade (pz)	1. $I_X < 0$ 2. $\|I_X\| > IBNm$
Equilibrado	Nula (z)	1. $\|I_X\| \leq IBNm$
Provavelmente em excesso	Negativa, com baixa probabilidade (nz)	1. $I_X > 0$ 2. $\|I_X\| > IBNm$
Em excesso	Negativa, com alta probabilidade (n)	1. $I_X > 0$ 2. $\|I_X\| > IBNm$ 3. I_X é o índice de maior valor

Adaptado de Wadt et al. (1998). I_X = índice DRIS ou CND do nutriente. IBNm = índice de balanço nutricional médio.

Para determinação do teor ótimo de cada nutriente, foram ajustados modelos de regressão linear simples entre os índices DRIS e CND e as concentrações foliares dos nutrientes da população de alto rendimento. Neste caso, os índices DRIS ou CND foram colocados no eixo das abscissas (x), enquanto os teores foliares dos nutrientes foram colocados no eixo das ordenadas (y). No ajuste dos modelos, foi levado em consideração o nível de significância ($P < 0,05$), bem como o coeficiente de determinação (R^2). Portanto, o teor ótimo de cada nutriente foi determinado a partir do teor estimado pelos modelos (y), onde os índices DRIS e CND são iguais à zero (GUIMARÃES et al., 2015). Para determinação da faixa ótima de cada nutriente, foi considerado o teor ótimo estimado ± 2/3 do desvio padrão do nutriente na população de referência. Ou seja, o limite inferior corresponde ao teor ótimo

subtraindo 2/3 do desvio padrão, e o limite superior corresponde ao teor ótimo adicionando 2/3 do desvio padrão (TANIGUCHI et al., 2024).

Para avaliar se houve associação entre os diagnósticos gerados pelos métodos DRIS e CND, foi realizado o teste da razão de verossimilhança qui-quadrado por meio da equação 9.

$$G = 2 \sum_{i=1}^{k} fo \ \ln\left(\frac{fo}{fe}\right) \quad (9)$$

em que, G = teste da razão de verossimilhança qui-quadrado; fo = frequência observada; fe = frequência esperada; k = número de classes.

3.5 Análise de solo

As análises de solo foram feitas a partir de amostras representativas dos talhões da cultivar Kent, tendo em vista que esta foi a única cultivar presente nas três principais fazendas, a saber, Agrobras 01, Agrobras 03 e Hidrotec, conforme a Tabela 2. A coleta das amostras de solo ocorreu durante a fase de floração, na área de bulbo molhado, sob a projeção das copas, na profundidade de 0 – 20 cm, em 20 pontos aleatórios de cada talhão, a fim de se fazer uma amostra composta representativa de cada área. Os atributos do solo quantificados foram: pH em água (1:2,5); P disponível determinado por espectrofotometria; Ca^{2+} e Mg^{2+} trocáveis determinados pelo método do KCl a 1 mol L^{-1}; Na^{+} e K^{+} trocáveis por espectrofotometria de chama; acidez potencial (H + Al) extraída com acetato de cálcio tamponado a pH 7,0; capacidade de troca de cátions total (T) e saturação por bases (V). Ainda foram quantificados os teores dos micronutrientes Cu, Fe, Mn e Zn. Todas as análises de solo foram feitas conforme metodologia da Embrapa (2017).

3.6 Análises estatísticas

Os dados de produtividade, teores nutricionais e normas DRIS foram submetidos ao teste de normalidade (Kolmogorov-Smirnov). As médias de produtividade e dos teores nutricionais entre as populações de alta e de baixa produtividade foram comparadas pelo teste t de Student ao nível de 5% de probabilidade.

A análise de componentes principais (PCA) foi utilizada em duas ocasiões: (1) para identificar o método diagnóstico (DRIS e CND) mais sensível na detecção de desequilíbrios nutricionais, com base no método mais correlacionado com os índices DRIS e CND; (2) para verificar a correlação entre índices DRIS da cultivar Kent e os atributos do solo. Todas as

análises estatísticas foram feitas por meio dos programas Microsoft Excel 2010 e R Core Team.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Determinação da população de referência e normas DRIS

Em todas as cultivares de mangueira, os micronutrientes mostraram maior variabilidade, principalmente Cu, Mn e Mo para a Tommy Atkins; Mn, Zn e Mo para a Kent; e Cu, Fe, Mn e Ni para a Palmer, com valores de CV maiores que 50%. A maioria dos nutrientes que apresentaram distribuição assimétrica (-1,0 > SK > 1,0) mostrou coeficientes de assimetria positivos (Tabela 4). Isso indica que a média está sendo influenciada por valores extremos maiores que a média, enquanto a maior parte dos dados está concentrada abaixo da média. Mesmo assim, a maioria dos nutrientes mostrou distribuição normal, exceto Fe para a cultivar Tommy Atkins; Mn e Mo para a cultivar Kent; e S e Fe para a cultivar Palmer.

Tabela 4. Valores médios ($\bar{x}$), mínimos (Min), máximos (Max), desvios-padrões (s), coeficientes de variação (CV, %), variâncias (S^2), assimetria (SK), curtose (Ku) da produtividade (Prod., Mg ha^{-1}) e dos teores de nutrientes foliares em pomares comerciais das cultivares Tommy Atkins, Kent e Palmer. P-valor representa o resultado do teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov.

Variável	$\bar{x}$	Min	Max	s	CV	S^2	SK	Ku	P-valor
Tommy Atkins									
Prod.	40	15	56	9,1	22,8	83,4	-0,25	0,54	0,886
N (g kg^{-1})	16,7	13,5	19,3	1,8	10,6	3,1	-0,14	-0,99	0,917
P (g kg^{-1})	1,1	0,7	1,8	0,3	25,0	0,1	1,06	0,48	0,061
K (g kg^{-1})	7,5	6,0	9,1	1,0	12,9	0,9	0,36	-1,26	0,239
Ca (g kg^{-1})	28,3	22,0	37,2	3,3	11,7	10,9	1,00	1,62	0,356
Mg (g kg^{-1})	1,7	1,3	2,1	0,2	14,5	0,1	0,10	-1,19	0,644
S (g kg^{-1})	1,3	0,9	2,1	0,3	27,6	0,1	1,25	0,72	0,079
B (mg kg^{-1})	124,1	69,1	181,5	30,6	24,7	937,0	-0,24	-0,79	0,914
Cu (mg kg^{-1})	85,6	15,7	196,4	48,6	56,7	2359,3	0,62	0,08	0,807
Fe (mg kg^{-1})	162,8	91,0	359,4	67,7	41,6	4577,0	1,72	2,22	0,012
Mn (mg kg^{-1})	250,7	90,3	581,7	128,4	51,2	16487,3	1,19	0,71	0,262
Zn (mg kg^{-1})	63,9	17,5	147,2	29,1	45,5	846,0	0,82	1,04	0,536
Mo (mg kg^{-1})	1,2	0,3	5,2	1,1	87,9	1,1	2,21	5,71	0,055
Ni (mg kg^{-1})	1,1	0,1	2,3	0,5	45,2	0,2	0,23	-0,05	0,989
Kent									
Prod.	37	25	62	7,3	19,5	52,9	1,30	3,54	0,228
N (g kg^{-1})	15,7	9,8	22,9	2,1	13,4	4,4	0,73	4,96	0,379
P (g kg^{-1})	1,1	0,9	1,6	0,2	15,8	0,03	0,81	0,14	0,701
K (g kg^{-1})	7,5	5,9	10,5	1,2	16,0	1,5	1,08	0,61	0,337
Ca (g kg^{-1})	31,8	23,3	41,2	4,5	14,3	20,6	0,22	-0,48	0,995
Mg (g kg^{-1})	2,1	1,5	2,7	0,3	15,1	0,1	-0,50	-0,52	0,777
S (g kg^{-1})	1,7	1,0	2,7	0,4	21,8	0,1	0,03	0,41	0,890
B (mg kg^{-1})	122,3	75,9	198,0	34,7	28,4	1204,7	0,68	-0,58	0,336
Cu (mg kg^{-1})	61,1	23,2	121,2	24,9	40,7	618,2	0,58	-0,14	0,824
Fe (mg kg^{-1})	147,8	67,7	243,8	48,8	33,0	2386,1	0,02	-0,94	0,729
Mn (mg kg^{-1})	446,3	84,7	1142,3	326,4	73,1	106556,0	0,94	-0,48	0,045
Zn (mg kg^{-1})	56,6	21,2	168,7	30,5	53,9	930,3	2,18	5,86	0,259
Mo (mg kg^{-1})	0,8	0,3	3,5	0,6	77,5	0,4	2,81	9,92	0,027
Ni (mg kg^{-1})	1,2	0,5	2,3	0,5	45,8	0,3	0,81	-0,43	0,390
Palmer									
Prod.	51	36	68	9,3	18,2	85,8	-0,30	-0,78	0,653

N (g kg^{-1})	17,2	8,9	21,7	2,8	16,1	7,7	-1,29	3,30	0,793
P (g kg^{-1})	1,3	0,9	2,2	0,4	29,4	0,1	1,13	0,36	0,368
K (g kg^{-1})	9,7	7,0	15,7	2,6	26,6	6,6	1,09	0,26	0,209
Ca (g kg^{-1})	26,5	17,2	36,1	3,8	14,3	14,4	0,26	2,66	0,625
Mg (g kg^{-1})	2,2	1,1	3,5	0,6	28,1	0,4	0,44	-0,04	0,980
S (g kg^{-1})	1,6	0,8	4,2	0,7	40,9	0,4	3,50	14,55	0,014
B (mg kg^{-1})	83,1	55,3	119,9	19,4	23,4	377,0	0,41	-0,68	0,777
Cu (mg kg^{-1})	84,6	10,5	197,8	49,5	58,5	2446,8	0,51	0,03	0,853
Fe (mg kg^{-1})	97,4	57,0	267,6	56,6	58,1	3200,2	2,17	4,15	0,015
Mn (mg kg^{-1})	244,1	75,8	661,8	178,1	73,0	31723,0	1,22	0,74	0,286
Zn (mg kg^{-1})	56,3	24,8	117,1	27,1	48,0	732,3	0,85	-0,27	0,266
Mo (mg kg^{-1})	0,6	0,4	0,8	0,1	25,0	0,02	0,60	-0,87	0,730
Ni (mg kg^{-1})	1,6	0,5	4,5	0,9	58,6	0,8	1,78	4,62	0,583

Outros estudos também relataram maiores coeficientes de variação para os micronutrientes em comparação aos macronutrientes, para as culturas da banana (LIMA NETO et al., 2022; RODRIGUES FILHO et al., 2021; VILLASEÑOR et al., 2020), cacau (CHINNAPPAN, 2022), manga (REZENDE et al., 2022), abacaxi (AMORIM et al., 2024), uva (ROZANE et al., 2020) e caju (TANIGUCHI et al., 2024). Além disso, Rezende et al. (2022) explicaram que a maior variabilidade dos micronutrientes pode estar associada a alterações nas determinações em laboratório ou a maiores influências sofridas por estes nutrientes em sua dinâmica solo-planta. Particularmente, esses nutrientes podem ser afetados por alguns fatores como pH do solo, teor de matéria orgânica, teor de argila, mineralogia do solo e processos de oxirredução (REZENDE et al., 2022).

Em todas as cultivares estudadas, as populações de alta e de baixa produtividade foram diferentes estatisticamente, independentemente dos critérios de divisão do banco de dados (Tabelas 5, 6 e 7). Na cultivar Tommy Atkins (Tabela 5), a população de alta produtividade apresentou rendimento superior à população de baixa produtividade em 44%, 42% e 43% para os critérios 1, 2 e 3, respectivamente. Na cultivar Kent (Tabela 6), o rendimento da população de referência foi superior em 27%, 31% e 49% para os critérios 1, 2 e 3, respectivamente. Já na cultivar Palmer (Tabela 7), o rendimento foi superior em 37%, 34% e 30% para os critérios 1, 2 e 3, respectivamente. Além disso, em todas as cultivares, a variável produtividade da população de referência apresentou CV menor que a população de baixa produtividade,

independentemente dos critérios utilizados, exceto na cultivar Kent, utilizando o critério 3 (média da produtividade + desvio padrão).

Tabela 5. Média, desvio-padrão (s), coeficiente de variação (CV, %) e teste t de Student da produtividade (Mg ha^{-1}) e dos teores de nutrientes foliares da cultivar Tommy Atkins entre a população de alta produtividade (PAP) (n = 17, 9 e 6) e a população de baixa produtividade (PBP) (n = 16, 24 e 27), para os critérios 1 (média da produtividade), 2 (média da produtividade + 0,5 desvio-padrão) e 3 (média da produtividade + desvio padrão).

Critério 1

	PAP (≥ 40 Mg ha^{-1})			PBP (< 40 Mg ha^{-1})			
	Média	s	CV	Média	s	CV	Teste t
Produtividade	47,07	5,35	11,37	32,61	5,63	17,26	***
N (g kg^{-1})	16,89	1,93	11,40	16,52	1,63	9,85	ns
P (g kg^{-1})	1,13	0,30	26,76	0,97	0,13	13,53	ns
K (g kg^{-1})	7,41	0,87	11,71	7,59	1,08	14,23	ns
Ca (g kg^{-1})	27,80	2,29	8,24	27,59	1,56	5,67	ns
Mg (g kg^{-1})	1,71	0,25	14,63	1,64	0,24	14,47	ns
S (g kg^{-1})	1,07	0,16	15,12	1,22	0,16	13,44	*
B (mg kg^{-1})	113,01	33,44	29,59	135,95	22,74	16,72	*
Cu (mg kg^{-1})	70,47	35,22	49,99	93,82	51,62	55,02	ns
Fe (mg kg^{-1})	137,99	27,82	20,16	135,56	21,20	15,64	ns
Mn (mg kg^{-1})	193,12	60,34	31,25	292,88	148,61	50,74	*
Zn (mg kg^{-1})	56,04	21,95	39,18	59,24	21,50	36,28	ns
Mo (mg kg^{-1})	1,41	0,92	65,07	0,61	0,33	54,26	**
Ni (mg kg^{-1})	1,03	0,39	37,98	1,10	0,57	51,85	ns

Critério 2

	PAP (≥ 45 Mg ha^{-1})			PBP (< 45 Mg ha^{-1})			
	Média	s	CV	Média	s	CV	Teste t
Produtividade	51,05	4,25	8,32	35,94	6,65	18,51	***
N (g kg^{-1})	17,17	1,66	9,67	16,54	1,81	10,96	ns
P (g kg^{-1})	1,03	0,14	13,98	0,98	0,18	18,36	ns
K (g kg^{-1})	7,16	0,88	12,29	7,62	0,98	12,90	ns
Ca (g kg^{-1})	27,69	1,73	6,25	27,24	2,22	8,14	ns
Mg (g kg^{-1})	1,58	0,21	13,13	1,70	0,24	14,20	ns
S (g kg^{-1})	1,17	0,36	31,13	1,31	0,34	26,38	*
B (mg kg^{-1})	117,53	39,54	33,64	126,61	27,14	21,44	ns
Cu (mg kg^{-1})	78,87	14,69	18,62	93,09	52,63	56,53	ns
Fe (mg kg^{-1})	125,51	29,99	23,89	148,33	42,57	28,70	ns
Mn (mg kg^{-1})	199,12	70,94	35,63	256,45	126,68	49,40	ns
Zn (mg kg^{-1})	63,89	6,12	9,58	61,65	25,22	40,91	ns
Mo (mg kg^{-1})	1,59	1,04	65,54	0,89	0,62	68,96	*
Ni (mg kg^{-1})	0,95	0,33	34,70	1,11	0,53	47,47	ns

Critério 3

	PAP (≥ 49 Mg ha^{-1})	PBP (< 49 Mg ha^{-1})

	Média	s	CV	Média	s	CV	Teste t
Produtividade	53,25	3,11	5,83	37,13	7,15	19,27	***
N (g kg^{-1})	16,78	1,60	9,53	16,69	1,83	10,98	ns
P (g kg^{-1})	0,99	0,10	10,16	1,04	0,23	21,92	ns
K (g kg^{-1})	7,27	0,99	13,64	7,55	0,97	12,87	ns
Ca (g kg^{-1})	27,80	2,00	7,21	27,44	2,28	8,31	ns
Mg (g kg^{-1})	1,62	0,07	4,47	1,69	0,24	14,49	ns
S (g kg^{-1})	1,04	0,09	9,15	1,19	0,22	18,43	*
B (mg kg^{-1})	113,49	40,62	35,79	126,50	28,36	22,42	ns
Cu (mg kg^{-1})	60,19	34,77	57,76	82,84	41,30	49,86	ns
Fe (mg kg^{-1})	118,97	31,49	26,47	140,53	21,05	14,98	ns
Mn (mg kg^{-1})	180,92	53,10	29,35	254,03	122,38	48,18	*
Zn (mg kg^{-1})	55,41	29,98	54,11	62,72	24,63	39,27	ns
Mo (mg kg^{-1})	1,43	0,70	48,90	0,90	0,59	65,89	ns
Ni (mg kg^{-1})	0,87	0,23	25,95	1,11	0,51	46,44	ns

ns = não significativo. *, ** e *** = significativo a 5%, 1% e <0,1% de probabilidade, respectivamente.

Tabela 6. Média, desvio-padrão (s), coeficiente de variação (CV, %) e teste t de Student da produtividade (Mg ha^{-1}) e dos teores de nutrientes foliares da cultivar Kent entre a população de alta produtividade (PAP) (n = 14, 8 e 3) e a população de baixa produtividade (PBP) (n = 18, 24 e 29), para os critérios 1 (média da produtividade), 2 (média da produtividade + 0,5 desvio-padrão) e 3 (média da produtividade + desvio padrão).

Critério 1							
	PAP (≥ 37 Mg ha^{-1})			PBP (< 37 Mg ha^{-1})			
	Média	s	CV	Média	s	CV	Teste t
Produtividade	41,57	4,13	9,94	32,85	3,48	10,58	***
N (g kg^{-1})	15,49	1,22	7,87	15,64	1,15	7,34	ns
P (g kg^{-1})	1,12	0,12	11,16	1,13	0,20	17,78	ns
K (g kg^{-1})	7,39	0,45	6,10	7,71	1,53	19,90	ns
Ca (g kg^{-1})	32,38	5,56	17,16	31,35	3,68	11,74	ns
Mg (g kg^{-1})	2,21	0,22	9,81	2,14	0,36	16,79	ns
S (g kg^{-1})	1,82	0,23	12,51	1,64	0,37	22,29	ns
B (mg kg^{-1})	121,98	23,99	19,66	122,59	41,91	34,19	ns
Cu (mg kg^{-1})	56,34	13,86	24,60	64,29	28,48	44,29	ns
Fe (mg kg^{-1})	136,29	47,22	34,64	156,77	49,52	31,59	ns
Mn (mg kg^{-1})	464,12	367,98	79,29	432,42	300,49	69,49	ns
Zn (mg kg^{-1})	48,22	15,88	32,94	51,67	18,87	36,53	ns
Mo (mg kg^{-1})	0,67	0,30	44,09	0,79	0,49	62,01	ns
Ni (mg kg^{-1})	1,25	0,51	41,20	1,16	0,58	50,52	ns
Critério 2							
	PAP (≥ 41 Mg ha^{-1})			PBP (< 41 Mg ha^{-1})			
	Média	s	CV	Média	s	CV	Teste t
Produtividade	44,71	2,88	6,45	34,11	3,77	11,05	***
N (g kg^{-1})	15,87	1,29	8,12	15,46	1,12	7,26	ns
P (g kg^{-1})	1,09	0,09	8,57	1,13	0,19	16,56	ns
K (g kg^{-1})	7,30	0,40	5,49	7,48	1,26	16,81	ns
Ca (g kg^{-1})	31,00	3,67	11,85	31,64	4,50	14,21	ns
Mg (g kg^{-1})	2,22	0,23	10,40	2,13	0,35	16,57	ns
S (g kg^{-1})	1,80	0,23	13,05	1,66	0,37	22,10	ns
B (mg kg^{-1})	120,49	23,04	19,12	122,93	38,22	31,09	ns
Cu (mg kg^{-1})	56,72	8,43	14,87	62,21	26,25	42,20	ns
Fe (mg kg^{-1})	127,01	41,19	32,43	154,74	49,99	32,30	ns
Mn (mg kg^{-1})	438,11	365,31	83,38	449,02	320,89	71,47	ns
Zn (mg kg^{-1})	51,95	17,58	33,83	49,78	17,89	35,93	ns
Mo (mg kg^{-1})	0,63	0,26	40,67	0,77	0,45	58,64	ns
Ni (mg kg^{-1})	1,22	0,51	42,19	1,19	0,57	47,86	ns
Critério 3							
	PAP (≥ 45 Mg ha^{-1})			PBP (< 45 Mg ha^{-1})			
	Média	s	CV	Média	s	CV	Teste t
Produtividade	53,05	8,15	15,36	35,69	4,93	13,80	***
N (g kg^{-1})	16,65	1,40	8,41	15,45	1,09	7,08	ns

P (g kg^{-1})	1,13	0,08	7,03	1,13	0,19	16,56	ns
K (g kg^{-1})	7,44	0,45	6,03	7,23	0,91	12,62	ns
Ca (g kg^{-1})	32,62	7,77	23,81	31,71	4,30	13,55	ns
Mg (g kg^{-1})	2,34	0,27	11,55	2,13	0,33	15,40	ns
S (g kg^{-1})	1,70	0,28	16,57	1,72	0,32	18,86	ns
B (mg kg^{-1})	121,93	34,00	27,89	122,36	35,37	28,91	ns
Cu (mg kg^{-1})	54,55	8,63	15,83	61,77	25,96	42,03	ns
Fe (mg kg^{-1})	115,64	34,98	30,25	151,14	49,31	32,63	ns
Mn (mg kg^{-1})	186,36	73,48	39,43	473,18	331,06	69,96	**
Zn (mg kg^{-1})	79,04	52,60	66,55	50,24	17,31	34,46	*
Mo (mg kg^{-1})	0,71	0,21	29,45	0,70	0,37	53,73	ns
Ni (mg kg^{-1})	1,03	0,34	32,77	1,21	0,57	46,65	ns

ns = não significativo. *, ** e *** = significativo a 5%, 1% e <0,1% de probabilidade, respectivamente.

Tabela 7. Média, desvio-padrão (s), coeficiente de variação (CV, %) e teste t de Student da produtividade (Mg ha^{-1}) e dos teores de nutrientes foliares da cultivar Palmer entre a população de alta produtividade (PAP) (n = 11, 9 e 2) e a população de baixa produtividade (PBP) (n = 9, 11 e 18), para os critérios 1 (média da produtividade), 2 (média da produtividade + 0,5 desvio-padrão) e 3 (média da produtividade + desvio padrão).

Critério 1							
	PAP (≥ 51 Mg ha^{-1})			PBP (< 51 Mg ha^{-1})			
	Média	s	CV	Média	s	CV	Teste t
Produtividade	57,96	4,10	7,07	42,29	5,55	13,12	***
N (g kg^{-1})	17,47	2,29	13,12	18,35	1,21	6,60	ns
P (g kg^{-1})	1,29	0,38	29,87	1,16	0,14	12,28	ns
K (g kg^{-1})	9,43	2,67	28,35	8,80	0,78	8,84	ns
Ca (g kg^{-1})	26,27	2,25	8,56	26,03	1,25	4,79	ns
Mg (g kg^{-1})	2,37	0,76	32,19	2,05	0,38	18,29	ns
S (g kg^{-1})	1,67	0,87	51,83	1,54	0,28	18,29	*
B (mg kg^{-1})	84,12	22,41	26,64	81,75	16,26	19,89	ns
Cu (mg kg^{-1})	100,70	59,29	58,88	70,35	20,11	28,59	ns
Fe (mg kg^{-1})	72,16	7,43	10,30	92,61	38,02	41,06	ns
Mn (mg kg^{-1})	251,03	169,12	67,37	182,45	126,13	69,13	ns
Zn (mg kg^{-1})	55,29	22,35	40,43	57,64	33,34	57,84	ns
Mo (mg kg^{-1})	0,52	0,11	20,41	0,61	0,17	27,80	ns
Ni (mg kg^{-1})	1,52	0,65	42,39	1,30	0,61	46,73	ns
Critério 2							
	PAP (≥ 56 Mg ha^{-1})			PBP (< 56 Mg ha^{-1})			
	Média	s	CV	Média	s	CV	Teste t
Produtividade	59,08	3,60	6,09	44,25	6,61	14,95	***
N (g kg^{-1})	17,27	2,34	13,52	18,04	1,71	9,46	ns
P (g kg^{-1})	1,29	0,42	32,56	1,19	0,17	14,05	ns
K (g kg^{-1})	9,71	2,86	29,49	8,66	0,87	10,08	ns
Ca (g kg^{-1})	26,26	2,38	9,08	26,08	1,16	4,46	ns
Mg (g kg^{-1})	2,42	0,81	33,26	2,07	0,40	19,40	ns
S (g kg^{-1})	1,37	0,19	14,18	1,62	0,10	6,07	**
B (mg kg^{-1})	79,94	21,30	26,65	85,60	18,37	21,46	ns
Cu (mg kg^{-1})	94,07	64,09	68,13	76,82	34,86	45,38	ns
Fe (mg kg^{-1})	70,97	7,59	10,69	89,47	34,24	38,27	ns
Mn (mg kg^{-1})	239,27	182,43	76,24	248,11	183,33	73,89	ns
Zn (mg kg^{-1})	54,14	21,82	40,30	58,15	31,66	54,45	ns
Mo (mg kg^{-1})	0,53	0,12	21,83	0,59	0,16	26,97	ns
Ni (mg kg^{-1})	1,50	0,72	47,73	1,36	0,57	42,05	ns
Critério 3							
	PAP (≥ 60 Mg ha^{-1})			PBP (< 60 Mg ha^{-1})			
	Média	s	CV	Média	s	CV	Teste t
Produtividade	64,39	5,15	8,00	49,43	8,41	17,01	*
N (g kg^{-1})	17,54	1,42	8,12	17,69	2,10	11,88	ns

P (g kg^{-1})	0,98	0,13	13,78	1,25	0,28	22,18	ns
K (g kg^{-1})	7,33	0,05	0,63	9,94	2,58	25,97	***
Ca (g kg^{-1})	24,87	1,95	7,85	26,74	2,37	8,87	ns
Mg (g kg^{-1})	1,87	0,09	4,93	2,27	0,65	28,57	*
S (g kg^{-1})	1,27	0,06	5,03	1,59	0,12	7,23	**
B (mg kg^{-1})	80,42	16,95	21,08	83,34	20,09	24,10	ns
Cu (mg kg^{-1})	126,26	43,12	34,15	73,02	40,37	55,29	ns
Fe (mg kg^{-1})	78,10	9,43	12,08	75,93	18,01	23,71	ns
Mn (mg kg^{-1})	222,18	181,76	81,81	246,58	182,89	74,17	ns
Zn (mg kg^{-1})	34,06	1,62	4,76	58,82	27,45	46,66	**
Mo (mg kg^{-1})	0,56	0,06	10,10	0,56	0,15	26,30	ns
Ni (mg kg^{-1})	0,92	0,53	57,96	1,48	0,62	41,79	ns

ns = não significativo. *, ** e *** = significativo a 5%, 1% e <0,1% de probabilidade, respectivamente.

Entretanto, o simples fato de haver diferença significativa no rendimento entre as duas populações não é suficiente para afirmar que um determinado critério de divisão é adequado. Se faz necessário levar em consideração outros parâmetros como, por exemplo, a variabilidade da produtividade e dos nutrientes, bem como se existe diferença significativa dos nutrientes entre as duas populações.

Ao analisar somente as populações de alta produtividade, observa-se também que o número de nutrientes com CV menor que 20% também variou entre os critérios e entre as cultivares. Em termos de variabilidade dos nutrientes, os melhores critérios foram: o critério 2 para as cultivares Tommy Atkins (Tabela 5) e Kent (Tabela 6), e o critério 3 para a cultivar Palmer (Tabela 7). Ou seja, com o critério 2, 54% e 62% dos nutrientes da população de referência apresentaram CV menor que 20% para as cultivares Tommy Atkins e Kent, respectivamente. Por outro lado, para a cultivar Palmer, esse percentual foi de 69% com o critério 3. No entanto, a utilização do critério 3 na cultivar Palmer fez com que o tamanho da população de referência ficasse muito reduzido (n=2). Neste caso, para a referida cultivar, o critério 2 ainda foi melhor que o critério 1, com os quais o percentual de nutrientes com baixo CV foi de 31% e 23%, respectivamente (Tabela 7). Pacheco, Velandia e Cárdenas (2023) explicaram que a escolha de um método de divisão populacional que resulta em um alto CV na população de referência, pode acarretar um tamanho populacional muito pequeno, principalmente quando o desvio padrão é alto (próximo da média), o que não é recomendado.

Segundo Letzsch e Sumner (1984), a população de referência deve ser constituída por, no mínimo, 10% dos dados que compõem o banco de dados original. No presente estudo, todos os critérios utilizados, para cada cultivar, atenderam a esta premissa, exceto o critério 3

na cultivar Kent (Tabela 6). Com o referido critério, a população de referência da cultivar Kent foi composta por apenas 9% (n=3) das observações do banco de dados original, não sendo adequada a utilização do critério 3 para a cultivar Kent. Apesar do critério 3 na cultivar Palmer (Tabela 7) ter atendido a premissa de Letzsch e Sumner (1984), o número de observações da população de referência ficou muito reduzido (n=2). Isso impossibilita a realização de procedimentos estatísticos posteriores, como a análise de regressão para estimar o teor ótimo dos nutrientes.

Analisando a cultivar Tommy Atkins (Tabela 5), percebe-se que os nutrientes foliares S, B, Mn e Mo com o critério 1, S e Mo com o critério 2 e S e Mn com o critério 3, foram diferentes estatisticamente entre as populações de alta e de baixa produtividade. Para a cultivar Kent (Tabela 6), os teores nutricionais não diferiram significativamente entre as duas populações, utilizando os critérios 1 e 2. Já com o critério 3, Mn e Zn diferiram estatisticamente. Para a cultivar Palmer (Tabela 7), apenas o S foi diferente estatisticamente entre as populações de alta e de baixa produtividade, utilizando os critérios 1 e 2. Entretanto, com o critério 3, houve diferenças significativas para os nutrientes K, Mg, S e Zn.

Os critérios 1 e 3 para as cultivares Tommy Atkins e Kent, respectivamente, proporcionaram maior número de nutrientes com diferenças significativas entre as duas populações. Todavia, observou-se maior variabilidade dos nutrientes (Tommy Atkins e Kent) e da produtividade (Kent) dentro da população de referência, o que não é desejável (PACHECO; VELANDIA; CÁRDENAS, 2023; REZENDE et al., 2022).

Com base no exposto, o critério 2 (média da produtividade + 0,5 desvio padrão) foi selecionado para todas as cultivares, com o intuito de dividir o banco de dados em dois grupos, sendo: população de alta produtividade (população de referência) e população de baixa produtividade. Portanto, os talhões que passaram a compor a população de alta produtividade para as cultivares Tommy Atkins, Kent e Palmer foram aqueles que obtiveram rendimento igual ou superior a 45 Mg ha^{-1}, 41 Mg ha^{-1} e 56 Mg ha^{-1}, respectivamente (Tabelas 5, 6 e 7). Esses valores são superiores aos apresentados por Rezende et al. (2022) que, utilizando o mesmo critério (média da produtividade + 0,5 desvio padrão), obtiveram pontos de corte de 34 Mg ha^{-1} para Tommy Atkins e 33 Mg ha^{-1} para Kent. Essa diferença pode estar relacionada a fatores edáficos, como fertilidade do solo, ou ao manejo da cultura, tendo em vista que as condições climáticas são muito semelhantes, pois ambos os estudos foram realizados no Submédio do São Francisco (Semiárido brasileiro). Além disso, as fases

fenológicas dos dois estudos são diferentes, pois Rezende et al. (2022) estabeleceram normas DRIS na fase de florescimento, enquanto no presente estudo as normas foram estabelecidas na fase de pós-colheita.

No presente estudo, o critério selecionado (critério 2) para as três cultivares atendeu à premissa estabelecida por Letzsch e Sumner (1984), uma vez que as populações de referência das cultivares Tommy Atkins, Kent e Palmer foram constituídas por 27% (n=9), 25% (n=8) e 45% (n=9) do tamanho dos dados originais, respectivamente.

De acordo com o critério selecionado (critério 2), é possível observar que o S foi menor na população de referência para Tommy Atkins (Tabela 5) e Palmer (Tabela 7), enquanto o Mo foi maior na população de referência para Tommy Atkins (Tabela 5). Uma possível explicação para isso é o antagonismo existente entre esses dois nutrientes, o que pode ter contribuído para a diminuição da produtividade. Conforme explicou Fageria (2001), a aplicação de enxofre pode reduzir o teor de molibdênio nos tecidos vegetais, e é muito comum em pomares de mangueira a aplicação de fertilizantes que contém enxofre como, por exemplo, os sulfatos de cálcio, potássio, magnésio, zinco e manganês (TENREIRO et al., 2023). A absorção dos nutrientes ocorre por meio de proteínas presentes nas membranas das raízes, no entanto essas proteínas não são capazes de distinguir íons com propriedades físico-químicas similares, como é o caso dos íons sulfato (SO_4^{2-}) e molibdato (MoO_4^{2-}) (RIETRA et al., 2017).

De modo geral, o critério selecionado para as três cultivares (critério 2) também proporcionou as menores variabilidades na produtividade e nos teores nutricionais dentro da população de referência. Além disso, também verificou-se menor variabilidade da população de referência em comparação com a população de baixa produtividade. Pacheco, Velandia e Cárdenas (2023), ao testarem oito métodos de divisão do banco de dados por simulação de Monte Carlo, na cultura da alface, recomendaram selecionar o método que obtivesse a maior diferença entre as duas populações e que tivesse o menor coeficiente de variação. Rezende et al. (2022) também afirmaram que é desejável que, na população de referência, a produtividade e os teores dos nutrientes foliares tenham baixa variabilidade, pois quanto menor o CV, menor é a amplitude dos dados e, consequentemente, mais confiáveis serão as normas DRIS, bem como o diagnóstico nutricional a partir dessas normas.

Serra et al. (2013) compararam quatro diferentes critérios de seleção da população de referência na cultura do algodoeiro. Esses critérios também consistiram em valores médios da

produtividade e em frações do desvio padrão. Esses autores constataram que, mesmo quando a relação dual selecionada era a mesma entre os critérios, houve diferença significativa entre as médias das normas geradas. Ainda perceberam que os diferentes critérios ocasionaram baixa frequência de relações concordantes. Com isso, concluíram que os critérios de seleção afetam significativamente a avaliação do estado nutricional das plantas.

Das 156 relações bivariadas possíveis na população de referência, foram selecionadas 78 relações nutricionais (Tabela 8). Esta seleção foi baseada no princípio da maior razão de variâncias entre as populações de baixa e de alta produtividade (S^2_b/S^2_a), com o intuito de obter a menor variação possível dentro da população de referência para compor as normas DRIS, pois espera-se que a população de baixa produtividade tenha uma variância maior por ser mais desequilibrada (MORALES et al., 2022). Villaseñor et al. (2020) explicaram que relações nutricionais que apresentam maiores razões de variâncias entre suas populações de baixa e alta produtividade levam a diagnósticos mais precisos e confiáveis.

Tabela 8. Norma DRIS, desvio-padrão (s), coeficiente de variação (CV, %), assimetria (SK), curtose (Ku), razão de variâncias entre as populações de baixa e de alta produtividade (S^2b/S^2a) e seleção das normas DRIS para as cultivares Tommy Atkins, Kent e Palmer. P-valor representa o resultado do teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov.

Relação	Norma	s	CV	SK	Ku	P-valor	S^2b/S^2a	Seleção
				Tommy Atkins				
N/P	16,701	2,641	15,8	0,64	-1,16	0,89	1,89	X
P/N	0,061	0,009	14,9	-0,34	-1,45	0,99	1,70	
N/K	2,424	0,329	13,6	-0,42	1,32	0,64	1,03	
K/N	0,420	0,063	15,0	1,39	3,39	0,42	1,49	X
N/Ca	0,614	0,077	12,5	1,39	1,70	0,64	1,99	
Ca/N	1,650	0,186	11,3	-1,01	0,46	0,81	2,31	X
N/Mg	10,872	1,391	12,8	0,85	-0,03	0,82	1,90	
Mg/N	0,093	0,011	12,0	-0,49	-0,84	0,95	2,99	X
N/S	15,727	4,274	27,2	-0,41	0,94	0,98	0,62	X
S/N	0,069	0,026	37,1	2,09	5,16	0,46	0,56	
N/B	0,167	0,070	42,1	0,34	-2,27	0,31	0,25	
B/N	7,015	2,731	38,9	-0,14	-2,26	0,57	0,37	X
N/Cu	0,220	0,032	14,7	-1,67	2,93	0,04	80,19	X
Cu/N	4,657	0,856	18,4	2,09	4,62	0,25	18,53	
N/Fe	0,142	0,043	30,7	0,51	-1,10	0,81	0,42	
Fe/N	7,641	2,242	29,3	0,03	-2,17	0,53	1,22	X
N/Mn	0,095	0,032	33,6	0,04	-1,85	0,94	1,60	
Mn/N	11,709	4,181	35,7	0,50	-1,39	0,89	5,27	X
N/Zn	0,268	0,055	20,5	1,65	2,65	0,23	8,70	X
Zn/N	3,844	0,666	17,3	-1,27	1,15	0,88	5,54	
N/Mo	13,993	6,044	43,2	-0,38	-1,17	0,59	5,53	X
Mo/N	0,091	0,055	60,2	1,31	0,57	0,19	0,36	
N/Ni	20,432	8,301	40,6	0,80	-0,70	0,81	10,80	X
Ni/N	0,056	0,020	36,1	-0,04	-1,68	0,92	2,59	
P/K	0,148	0,020	13,7	0,36	-1,12	0,68	1,59	
K/P	6,887	0,926	13,4	0,02	-0,88	0,88	2,64	X
P/Ca	0,036	0,003	9,0	-1,03	0,60	0,89	3,87	X
Ca/P	27,667	2,677	9,7	1,30	1,26	0,71	3,01	
P/Mg	0,655	0,054	8,2	-0,21	-0,39	0,92	5,65	
Mg/P	1,535	0,129	8,4	0,53	-0,20	0,81	9,74	X
P/S	0,926	0,298	32,2	1,34	3,71	0,45	0,11	
S/P	1,175	0,370	31,5	1,19	3,42	0,60	0,27	X
P/B	0,010	0,004	45,9	1,05	-0,33	0,38	0,33	
B/P	119,980	43,674	36,4	-0,52	-1,73	0,74	0,46	X
P/Cu	0,014	0,003	18,9	-0,10	-1,47	0,08	22,35	X
Cu/P	73,562	14,532	19,8	0,59	-0,71	0,61	17,71	
P/Fe	0,008	0,002	20,1	0,89	-0,76	0,99	2,27	
Fe/P	125,780	22,950	18,2	-0,51	-1,05	0,58	3,11	X

P/Mn	0,006	0,002	35,8	0,34	-0,54	0,87	1,20	
Mn/P	200,062	81,556	40,8	1,36	2,45	0,82	3,00	X
P/Zn	0,018	0,005	29,4	1,29	2,42	0,52	4,00	X
Zn/P	60,052	15,723	26,2	-0,31	1,47	1,00	3,99	
P/Mo	0,864	0,311	36,0	-1,05	-0,48	0,85	10,24	X
Mo/P	1,394	0,772	55,4	1,54	0,99	0,34	0,72	
P/Ni	1,233	0,584	47,4	1,32	1,55	0,47	7,29	X
Ni/P	0,956	0,385	40,2	0,38	0,31	0,87	1,49	
K/Ca	0,256	0,027	10,7	1,12	1,26	0,73	3,25	X
Ca/K	3,948	0,394	10,0	-0,73	0,10	0,80	2,30	
K/Mg	4,486	0,482	10,7	0,64	-1,01	0,85	1,31	X
Mg/K	0,225	0,023	10,3	-0,41	-1,19	0,97	1,11	
K/S	6,463	1,598	24,7	0,52	-0,59	0,85	0,75	
S/K	0,163	0,040	24,3	0,36	-0,17	0,97	1,07	X
K/B	0,069	0,027	39,6	0,35	-2,14	0,49	0,39	
B/K	16,719	6,193	37,0	-0,09	-2,25	0,60	0,44	X
K/Cu	0,093	0,006	6,8	0,21	-2,30	0,04	428,25	X
Cu/K	10,842	0,731	6,7	-0,14	-2,27	0,12	100,40	
K/Fe	0,058	0,014	25,0	0,03	-1,29	0,99	1,00	
Fe/K	18,255	4,800	26,3	0,56	-1,28	0,66	1,73	X
K/Mn	0,040	0,013	32,2	-0,12	-0,69	1,00	2,22	X
Mn/K	28,259	11,169	39,5	1,43	2,09	0,80	2,15	
K/Zn	0,112	0,022	19,5	1,28	0,73	0,22	8,44	X
Zn/K	9,199	1,583	17,2	-0,96	-0,62	0,78	6,32	
K/Mo	5,661	2,088	36,9	-0,63	-0,68	0,47	14,22	X
Mo/K	0,213	0,120	56,5	1,93	3,83	0,22	0,43	
K/Ni	8,600	3,628	42,2	0,46	-1,31	0,90	7,90	X
Ni/K	0,137	0,057	41,9	0,45	-1,06	0,91	1,36	
Ca/Mg	18,057	2,206	12,2	0,52	-0,44	0,91	1,37	
Mg/Ca	0,056	0,007	11,9	-0,13	-0,89	0,95	1,93	X
Ca/S	24,216	5,468	22,6	-0,60	1,61	0,75	0,93	
S/Ca	0,044	0,013	29,2	2,01	4,97	0,29	1,05	X
Ca/B	0,249	0,088	35,4	0,72	-1,72	0,40	0,57	
B/Ca	4,428	1,347	30,4	-0,52	-2,05	0,68	0,78	X
Ca/Cu	0,376	0,059	15,8	-0,85	-0,25	0,06	32,66	X
Cu/Ca	2,721	0,484	17,8	1,30	1,39	0,37	12,48	
Ca/Fe	0,227	0,050	21,8	0,03	-2,22	0,94	0,52	
Fe/Ca	4,590	1,018	22,2	0,24	-2,08	0,47	2,06	X
Ca/Mn	0,149	0,046	31,0	0,05	-0,87	0,90	2,46	
Mn/Ca	7,388	2,580	34,9	1,08	1,00	0,61	3,76	X
Ca/Zn	0,427	0,021	4,9	1,99	3,96	0,26	77,14	
Zn/Ca	2,344	0,110	4,7	-1,99	3,96	0,86	78,80	X
Ca/Mo	24,434	7,652	31,3	-0,94	-0,33	0,64	13,46	X

Mo/Ca	0,046	0,020	44,1	1,50	0,94	0,23	1,54	
Ca/Ni	30,278	9,401	31,1	0,21	-1,74	0,88	6,25	X
Ni/Ca	0,036	0,011	31,7	0,44	-0,96	0,93	3,00	
Mg/S	1,416	0,450	31,8	1,14	2,26	0,82	0,75	
S/Mg	0,767	0,235	30,6	0,85	2,04	0,91	0,77	X
Mg/B	0,015	0,007	49,0	0,78	-1,64	0,22	0,39	
B/Mg	79,488	31,300	39,4	-0,57	-2,05	0,31	0,51	X
Mg/Cu	0,021	0,003	14,3	-0,35	-2,01	0,05	120,98	X
Cu/Mg	49,525	7,403	14,9	0,59	-1,40	0,25	17,46	
Mg/Fe	0,013	0,004	28,3	0,90	-1,05	0,84	0,87	
Fe/Mg	83,039	20,637	24,9	-0,43	-1,14	0,83	1,63	X
Mg/Mn	0,009	0,003	39,3	0,35	-1,23	0,92	1,86	X
Mn/Mg	132,135	57,048	43,2	1,16	1,77	0,79	1,77	
Mg/Zn	0,026	0,008	31,3	1,72	3,27	0,38	3,94	X
Zn/Mg	41,598	10,569	25,4	-1,18	2,29	0,94	3,26	
Mg/Mo	1,323	0,481	36,4	-0,91	-0,27	0,83	12,12	X
Mo/Mg	0,912	0,509	55,9	1,63	1,58	0,34	0,49	
Mg/Ni	1,908	0,928	48,7	0,93	-0,16	0,65	7,26	X
Ni/Mg	0,633	0,275	43,4	0,33	-0,51	0,64	1,52	
S/B	0,010	0,003	26,2	0,19	-1,80	0,59	1,86	X
B/S	101,442	26,484	26,1	0,16	-1,97	0,69	0,91	
S/Cu	0,015	0,004	26,4	-0,44	-1,37	0,15	38,57	X
Cu/S	69,351	21,098	30,4	0,94	-0,79	0,96	4,76	
S/Fe	0,010	0,002	21,9	0,44	-0,33	0,93	2,82	
Fe/S	103,452	22,386	21,6	0,26	-1,03	0,14	6,94	X
S/Mn	0,006	0,001	24,2	-0,13	-0,10	0,89	4,57	
Mn/S	172,809	49,127	28,4	1,52	3,28	0,68	5,38	X
S/Zn	0,016	0,002	12,0	0,23	-2,57	0,20	45,83	X
Zn/S	62,428	7,404	11,9	-0,07	-2,67	0,82	7,58	
S/Mo	0,939	0,387	41,2	-0,91	0,28	0,75	10,95	X
Mo/S	1,475	1,242	84,2	2,34	5,52	0,13	0,28	
S/Ni	1,380	0,729	52,8	2,14	4,97	0,38	6,41	X
Ni/S	0,849	0,289	34,0	-0,61	0,03	0,86	1,61	
B/Cu	1,721	0,595	34,6	-0,74	-1,37	0,60	9,51	X
Cu/B	0,669	0,303	45,3	1,16	-0,50	0,44	3,28	
B/Fe	1,014	0,207	20,4	0,35	-1,47	0,87	1,30	
Fe/B	1,022	0,205	20,1	0,13	-1,13	0,11	12,37	X
B/Mn	0,598	0,123	20,6	1,02	0,96	0,93	7,94	
Mn/B	1,731	0,324	18,7	-0,25	-0,51	0,97	9,26	X
B/Zn	1,833	0,450	24,5	-0,45	-2,97	0,41	7,07	X
Zn/B	0,576	0,153	26,6	0,60	-2,82	0,99	1,34	
B/Mo	98,914	55,814	56,4	0,14	-1,14	0,84	6,09	X
Mo/B	0,016	0,015	91,6	2,17	4,99	0,30	0,23	

B/Ni	131,285	50,444	38,4	1,65	4,19	0,59	15,99	X
Ni/B	0,009	0,003	35,5	1,15	3,17	0,67	1,65	
Cu/Fe	0,550	0,130	23,6	-0,53	-3,13	0,78	7,24	
Fe/Cu	1,912	0,491	25,7	0,60	-3,13	0,86	19,12	X
Cu/Mn	0,390	0,130	33,4	0,27	-1,28	1,00	8,85	
Mn/Cu	2,838	0,991	34,9	0,66	-0,44	0,81	11,42	X
Cu/Zn	1,185	0,299	25,3	1,18	-0,05	0,45	12,37	
Zn/Cu	0,882	0,193	21,9	-0,88	-1,56	0,84	13,33	X
Cu/Mo	55,787	22,558	40,4	0,15	0,04	0,90	40,22	X
Mo/Cu	0,021	0,011	51,9	1,66	3,06	0,54	4,39	
Cu/Ni	93,701	47,861	51,1	0,63	-1,69	0,59	5,79	
Ni/Cu	0,013	0,006	45,4	-0,08	-2,32	0,42	12,54	X
Fe/Mn	0,633	0,140	22,2	-1,37	2,55	0,11	8,71	X
Mn/Fe	1,677	0,523	31,2	2,21	5,29	0,67	3,25	
Fe/Zn	2,120	0,494	23,3	-1,42	1,50	0,66	6,83	X
Zn/Fe	0,492	0,130	26,4	1,59	1,50	0,65	1,52	
Fe/Mo	116,756	36,261	31,1	-0,26	-1,36	0,87	12,82	X
Mo/Fe	0,009	0,004	37,1	1,29	1,63	0,86	1,33	
Fe/Ni	132,605	49,647	37,4	1,33	2,49	0,30	20,93	X
Ni/Fe	0,008	0,003	33,2	0,29	-0,37	0,99	1,69	
Mn/Zn	2,882	0,465	16,1	0,15	-2,12	0,23	33,64	X
Zn/Mn	0,354	0,057	16,1	0,14	-2,23	0,88	4,48	
Mn/Mo	167,395	109,192	65,2	1,49	3,03	0,82	21,01	X
Mo/Mn	0,009	0,007	77,2	2,00	4,50	0,48	0,43	
Mn/Ni	222,229	78,585	35,4	1,21	2,44	0,84	20,37	X
Ni/Mn	0,005	0,002	34,6	1,09	2,52	0,77	1,16	
Zn/Mo	48,251	24,470	50,7	-0,86	-1,78	0,88	7,41	X
Mo/Zn	0,030	0,025	82,3	1,80	3,09	0,72	0,25	
Zn/Ni	72,864	18,295	25,1	0,15	-1,69	0,99	3,89	
Ni/Zn	0,014	0,004	25,5	0,30	-2,60	0,24	8,19	X
Mo/Ni	2,142	2,104	98,2	1,87	3,47	0,54	0,55	
Ni/Mo	0,852	0,553	64,9	0,36	-0,58	0,92	10,82	X
				Kent				
N/P	14,795	1,827	12,3	0,38	0,93	0,98	1,41	
P/N	0,068	0,008	12,3	0,30	0,71	0,81	1,77	X
N/K	2,175	0,124	5,7	0,21	-0,74	1,00	6,98	
K/N	0,461	0,026	5,7	-0,02	-0,80	1,00	9,41	X
N/Ca	0,510	0,088	17,3	0,17	-0,61	0,96	0,90	X
Ca/N	2,012	0,355	17,6	0,53	0,32	1,00	0,79	
N/Mg	7,228	1,000	13,8	1,52	3,17	0,57	2,66	X
Mg/N	0,140	0,017	12,3	-0,83	1,51	0,82	2,40	
N/S	8,934	1,184	13,3	1,62	3,01	0,63	4,58	X
S/N	0,113	0,013	11,7	-1,15	1,26	0,87	3,67	

N/B	0,136	0,027	20,1	-0,15	-1,78	0,69	2,07	
B/N	7,638	1,606	21,0	0,41	-2,03	0,67	2,25	X
N/Cu	0,284	0,050	17,8	-0,09	0,12	0,54	5,75	
Cu/N	3,618	0,681	18,8	0,88	1,06	0,95	5,92	X
N/Fe	0,137	0,047	34,2	0,93	0,04	0,55	0,86	
Fe/N	8,005	2,509	31,3	0,32	0,21	0,98	1,60	X
N/Mn	0,062	0,044	70,3	0,75	0,00	0,96	0,86	
Mn/N	27,504	21,925	79,7	0,92	-0,94	0,39	0,92	X
N/Zn	0,334	0,127	38,1	0,60	-0,61	1,00	1,54	X
Zn/N	3,390	1,270	37,5	0,46	-0,95	0,94	0,91	
N/Mo	28,564	9,836	34,4	-0,38	-1,51	0,91	2,07	
Mo/N	0,040	0,017	42,4	1,11	-0,06	0,62	3,71	X
N/Ni	15,004	6,024	40,1	0,70	-0,31	0,84	1,49	X
Ni/N	0,077	0,032	41,2	1,01	1,48	0,95	1,33	
P/K	0,150	0,018	11,7	0,34	0,49	0,64	1,27	X
K/P	6,728	0,784	11,7	0,22	0,12	0,88	1,24	
P/Ca	0,035	0,004	10,6	1,90	4,19	0,36	5,85	X
Ca/P	28,925	2,731	9,4	-1,60	3,41	0,58	5,05	
P/Mg	0,494	0,032	6,6	-1,20	0,93	0,27	11,92	X
Mg/P	2,033	0,142	7,0	1,39	1,54	0,46	6,07	
P/S	0,622	0,111	17,9	-0,61	-0,57	0,99	2,37	X
S/P	1,658	0,333	20,1	1,10	0,31	0,83	1,05	
P/B	0,010	0,002	16,6	0,03	0,65	0,77	4,90	
B/P	107,505	18,791	17,5	0,86	1,29	0,60	4,92	X
P/Cu	0,019	0,003	16,6	0,81	-2,14	0,74	16,23	X
Cu/P	52,427	8,106	15,5	-0,73	-2,63	0,50	8,96	
P/Fe	0,010	0,004	39,7	0,24	-1,66	0,99	0,95	
Fe/P	119,404	49,734	41,7	0,59	-1,17	0,83	1,16	X
P/Mn	0,004	0,003	75,9	0,66	-0,53	0,95	1,24	X
Mn/P	458,971	403,421	87,9	1,00	-0,63	0,44	0,71	
P/Zn	0,024	0,007	29,3	0,61	1,01	0,99	2,73	X
Zn/P	44,508	13,369	30,0	0,84	1,18	0,54	1,98	
P/Mo	1,873	0,793	42,3	0,92	0,36	0,95	1,49	
Mo/P	0,616	0,238	38,7	0,20	-1,44	0,93	4,06	X
P/Ni	0,966	0,415	43,0	0,64	0,33	0,87	1,61	X
Ni/P	1,225	0,559	45,6	0,93	0,13	0,96	0,86	
K/Ca	0,236	0,033	13,9	-1,06	1,24	0,89	3,46	X
Ca/K	4,323	0,696	16,1	1,61	2,88	0,70	1,91	
K/Mg	3,330	0,458	13,7	0,55	0,61	0,96	3,35	X
Mg/K	0,305	0,041	13,4	0,08	-0,22	0,81	2,20	
K/S	4,106	0,443	10,8	0,56	-0,77	0,73	3,25	X
S/K	0,246	0,026	10,4	-0,26	-0,97	0,87	2,09	
K/B	0,063	0,013	21,5	0,12	-0,88	0,89	3,17	X

B/K	16,622	3,679	22,1	0,44	-1,25	0,60	3,05	
K/Cu	0,131	0,025	19,1	-0,50	-1,85	0,30	8,04	X
Cu/K	7,874	1,641	20,8	0,82	-0,96	0,92	6,14	
K/Fe	0,063	0,020	31,6	0,72	-0,49	0,55	1,66	
Fe/K	17,310	5,240	30,3	0,45	0,20	0,97	2,09	X
K/Mn	0,028	0,019	66,9	0,57	-0,24	0,95	1,64	X
Mn/K	59,662	48,339	81,0	1,01	-0,67	0,35	0,84	
K/Zn	0,153	0,050	32,8	0,39	-1,21	1,00	3,20	X
Zn/K	7,199	2,357	32,7	0,37	-1,32	0,95	1,44	
K/Mo	13,152	4,663	35,5	-0,04	-1,66	0,93	2,39	
Mo/K	0,086	0,035	40,2	0,90	-0,23	0,87	4,41	X
K/Ni	6,942	2,868	41,3	0,61	-0,85	0,95	1,14	X
Ni/K	0,167	0,070	41,7	0,80	0,55	1,00	0,99	
Ca/Mg	14,302	1,865	13,0	-2,05	4,70	0,44	2,54	X
Mg/Ca	0,071	0,012	16,4	2,34	5,77	0,22	1,42	
Ca/S	17,792	2,985	16,8	-0,23	-0,32	0,95	3,44	X
S/Ca	0,058	0,010	18,0	0,91	0,75	0,93	1,84	
Ca/B	0,267	0,060	22,3	-0,58	-0,04	0,95	1,23	X
B/Ca	3,936	1,044	26,5	1,41	1,89	0,81	0,90	
Ca/Cu	0,547	0,092	16,9	-0,88	0,30	0,47	6,72	X
Cu/Ca	1,878	0,358	19,1	1,38	1,92	0,78	4,15	
Ca/Fe	0,275	0,103	37,3	0,26	-1,56	0,99	0,57	
Fe/Ca	4,127	1,586	38,4	0,48	-1,42	0,86	0,80	X
Ca/Mn	0,103	0,062	60,3	-0,22	-2,32	0,71	2,26	X
Mn/Ca	15,983	13,056	81,7	1,10	-0,34	0,43	0,68	
Ca/Zn	0,646	0,178	27,5	-0,55	-1,42	0,83	1,83	X
Zn/Ca	1,673	0,541	32,3	0,96	-0,97	0,69	0,84	
Ca/Mo	59,025	27,312	46,3	0,70	-0,61	0,98	0,78	
Mo/Ca	0,020	0,009	43,5	0,25	-1,76	0,96	2,77	X
Ca/Ni	27,832	12,260	44,1	0,52	-0,87	0,95	1,46	X
Ni/Ca	0,043	0,019	44,3	0,53	-1,10	0,87	0,94	
Mg/S	1,260	0,260	20,7	0,53	1,81	0,83	1,58	X
S/Mg	0,824	0,176	21,4	0,94	2,28	0,78	1,11	
Mg/B	0,019	0,003	14,7	0,28	-1,42	0,92	4,65	
B/Mg	54,257	7,868	14,5	0,01	-1,70	0,79	7,21	X
Mg/Cu	0,041	0,005	12,4	0,26	-0,87	0,34	16,34	
Cu/Mg	24,819	3,052	12,3	0,11	-1,06	0,39	18,22	X
Mg/Fe	0,020	0,008	41,2	0,73	-0,38	0,89	0,53	
Fe/Mg	58,911	23,234	39,4	0,40	-1,11	0,96	1,07	X
Mg/Mn	0,009	0,006	70,1	0,42	-0,95	0,96	0,74	X
Mn/Mg	211,833	196,518	92,8	1,32	0,66	0,47	0,67	
Mg/Zn	0,047	0,018	39,4	1,26	2,31	0,88	1,72	X
Zn/Mg	24,104	8,576	35,6	0,38	-0,69	0,61	1,38	

Mg/Mo	4,076	1,709	41,9	0,13	-1,73	0,85	1,20	
Mo/Mg	0,292	0,130	44,7	0,51	-1,65	0,59	4,24	X
Mg/Ni	2,125	0,903	42,5	0,32	-0,95	0,96	0,83	X
Ni/Mg	0,563	0,268	47,6	0,97	-0,18	0,50	0,71	
S/B	0,015	0,004	24,1	-0,41	-0,93	0,91	2,17	
B/S	68,598	19,346	28,2	1,28	1,60	0,91	2,54	X
S/Cu	0,032	0,007	21,1	-0,60	-1,43	0,52	8,57	X
Cu/S	32,658	7,737	23,7	0,93	-0,97	0,81	7,73	
S/Fe	0,015	0,004	23,7	0,29	-0,64	0,99	2,05	
Fe/S	69,606	16,895	24,3	0,60	0,02	0,93	4,49	X
S/Mn	0,007	0,005	67,9	0,86	0,67	0,93	1,26	X
Mn/S	234,789	172,381	73,4	0,77	-1,37	0,45	1,05	
S/Zn	0,037	0,012	32,8	0,38	-0,53	0,97	2,74	X
Zn/S	29,604	10,003	33,8	0,56	-1,20	0,79	1,56	
S/Mo	3,274	1,296	39,6	-0,01	-1,63	0,79	1,73	
Mo/S	0,360	0,167	46,3	1,01	-0,12	0,61	6,84	X
S/Ni	1,703	0,731	42,9	0,80	-0,75	0,75	0,59	
Ni/S	0,683	0,270	39,6	0,35	-0,68	0,99	0,82	X
B/Cu	2,201	0,444	20,2	0,51	-0,88	0,70	2,84	
Cu/B	0,470	0,091	19,5	-0,05	-1,70	0,87	3,33	X
B/Fe	1,079	0,513	47,6	0,96	0,80	0,96	0,57	
Fe/B	1,120	0,505	45,0	0,51	-0,92	0,89	0,98	X
B/Mn	0,497	0,360	72,4	0,23	-1,90	0,92	0,77	
Mn/B	3,990	3,566	89,4	0,97	-0,83	0,65	0,89	X
B/Zn	2,601	1,232	47,4	1,49	3,05	0,78	0,58	
Zn/B	0,454	0,194	42,8	0,87	1,42	0,71	0,86	X
B/Mo	227,220	113,077	49,8	0,26	-1,76	0,86	0,96	
Mo/B	0,006	0,003	54,1	0,74	-0,95	0,92	2,68	X
B/Ni	116,513	56,218	48,3	0,71	-0,01	0,94	1,25	
Ni/B	0,011	0,006	52,5	1,23	1,60	0,73	1,27	X
Cu/Fe	0,489	0,217	44,3	1,24	0,30	0,48	0,98	
Fe/Cu	2,342	0,824	35,2	-0,50	-1,09	0,91	3,53	X
Cu/Mn	0,266	0,129	48,6	-0,57	-0,57	0,91	2,19	
Mn/Cu	5,526	4,917	89,0	2,18	4,89	0,50	4,08	X
Cu/Zn	1,173	0,593	50,6	1,02	0,84	0,70	1,10	
Zn/Cu	1,034	0,475	46,0	0,22	-2,35	0,88	1,12	X
Cu/Mo	117,629	49,616	42,2	0,04	-0,34	0,58	1,31	
Mo/Cu	0,010	0,005	51,2	1,16	0,15	0,35	3,77	X
Cu/Ni	56,476	18,849	33,4	-0,72	-0,61	0,92	6,14	X
Ni/Cu	0,020	0,009	45,9	1,77	3,28	0,35	4,54	
Fe/Mn	0,455	0,301	66,2	1,02	1,28	0,94	1,07	X
Mn/Fe	3,370	2,367	70,2	0,83	-1,14	0,32	0,84	
Fe/Zn	2,582	1,089	42,2	1,08	-0,64	0,60	2,43	X

Zn/Fe	0,440	0,149	34,0	-0,47	-1,14	0,81	1,46	
Fe/Mo	233,738	120,600	51,6	0,68	0,30	0,97	2,09	X
Mo/Fe	0,006	0,004	63,8	1,76	3,67	0,57	1,05	
Fe/Ni	116,779	51,071	43,7	0,45	-1,22	0,88	1,86	X
Ni/Fe	0,010	0,005	45,7	0,76	-0,32	0,97	0,46	
Mn/Zn	10,750	9,630	89,6	1,20	0,61	0,41	0,92	
Zn/Mn	0,179	0,132	74,0	0,55	-0,59	0,48	1,82	X
Mn/Mo	762,923	684,704	89,7	1,41	0,74	0,29	1,57	
Mo/Mn	0,002	0,002	72,1	1,04	1,17	0,82	1,71	X
Mn/Ni	328,463	174,446	53,1	0,89	0,58	0,88	2,24	X
Ni/Mn	0,004	0,002	56,9	1,25	1,54	0,89	1,01	
Zn/Mo	99,982	58,526	58,5	0,92	-0,09	0,83	0,76	
Mo/Zn	0,013	0,007	54,3	0,59	-0,39	0,86	2,22	X
Zn/Ni	50,005	36,152	72,3	1,40	1,49	0,75	0,78	
Ni/Zn	0,029	0,016	54,1	-0,14	-2,19	0,72	1,52	X
Mo/Ni	0,596	0,310	52,0	0,25	-1,86	0,77	4,47	X
Ni/Mo	2,235	1,378	61,7	1,40	2,23	0,74	1,41	
				Palmer				
N/P	14,548	4,313	29,6	-0,59	-1,21	0,87	0,54	X
P/N	0,076	0,028	37,2	1,18	0,18	0,41	0,17	
N/K	1,913	0,587	30,7	0,12	-1,14	0,96	0,40	X
K/N	0,572	0,189	33,0	0,70	-0,72	0,85	0,19	
N/Ca	0,662	0,104	15,7	-0,39	-1,39	0,41	0,46	X
Ca/N	1,546	0,258	16,7	0,64	-1,47	0,26	0,38	
N/Mg	7,993	3,210	40,2	1,12	1,39	0,87	0,44	X
Mg/N	0,142	0,051	36,0	0,27	-0,96	0,86	0,21	
N/S	13,075	3,437	26,3	0,72	0,80	0,98	0,16	
S/N	0,081	0,021	25,9	0,55	0,50	0,28	0,45	X
N/B	0,231	0,076	33,1	1,13	1,44	0,82	0,45	
B/N	4,717	1,380	29,3	-0,02	-1,18	0,88	0,61	X
N/Cu	0,503	0,697	138,4	1,90	2,70	0,08	0,13	
Cu/N	5,535	3,607	65,2	-0,17	-1,44	0,91	0,25	X
N/Fe	0,248	0,048	19,4	0,21	-0,93	0,88	2,96	
Fe/N	4,165	0,816	19,6	0,28	-1,47	0,12	11,66	X
N/Mn	0,110	0,065	59,4	0,15	-1,74	0,75	1,56	X
Mn/N	14,196	11,343	79,9	1,65	2,89	0,67	0,90	
N/Zn	0,370	0,149	40,4	-0,12	-2,10	0,65	1,99	X
Zn/N	3,210	1,449	45,2	0,57	-1,66	0,64	1,49	
N/Mo	34,092	9,601	28,2	1,63	3,81	0,51	0,81	
Mo/N	0,031	0,007	23,8	-0,06	0,56	0,74	2,13	X
N/Ni	14,446	9,184	63,6	1,72	3,04	0,61	0,89	X
Ni/N	0,090	0,041	45,3	-0,15	-1,30	0,98	0,72	
P/K	0,132	0,013	9,5	-0,26	-1,44	0,89	1,62	X

K/P	7,620	0,743	9,8	0,47	-1,12	0,92	1,30	
P/Ca	0,049	0,017	35,2	1,91	4,29	0,72	0,10	
Ca/P	22,018	5,915	26,9	-0,34	0,74	1,00	0,28	X
P/Mg	0,550	0,128	23,2	1,83	4,35	0,54	0,45	
Mg/P	1,891	0,361	19,1	-0,54	1,71	0,92	0,61	X
P/S	0,888	0,306	34,4	1,19	-0,26	0,45	0,08	
S/P	1,226	0,339	27,6	-0,67	-0,75	0,93	0,19	X
P/B	0,018	0,009	49,2	0,56	-1,58	0,62	0,21	
B/P	69,746	32,175	46,1	0,26	-1,51	0,90	0,43	X
P/Cu	0,042	0,057	137,1	1,51	0,50	0,18	0,01	
Cu/P	89,415	72,054	80,6	0,33	-1,49	0,93	0,14	X
P/Fe	0,017	0,004	24,3	0,32	-0,01	0,88	1,11	
Fe/P	63,011	16,292	25,9	1,06	2,27	0,38	3,42	X
P/Mn	0,008	0,005	59,6	-0,27	-1,40	0,82	0,59	X
Mn/P	220,586	215,152	97,5	1,58	1,93	0,19	0,55	
P/Zn	0,027	0,015	54,6	2,32	6,08	0,34	0,48	
Zn/P	43,801	15,772	36,0	-0,05	0,80	0,99	1,87	X
P/Mo	2,646	1,321	49,9	0,80	-0,70	0,33	0,22	
Mo/P	0,462	0,197	42,7	-0,16	-2,01	0,56	0,81	X
P/Ni	1,112	0,727	65,4	0,51	-1,98	0,62	0,16	
Ni/P	1,338	0,827	61,8	0,39	-1,52	0,90	0,28	X
K/Ca	0,372	0,115	30,9	1,20	1,53	0,95	0,17	
Ca/K	2,895	0,779	26,9	-0,10	-0,75	1,00	0,31	X
K/Mg	4,161	0,943	22,7	2,65	7,56	0,09	0,54	
Mg/K	0,248	0,040	16,0	-2,04	5,36	0,27	0,90	X
K/S	6,858	2,491	36,3	1,30	-0,11	0,26	0,05	
S/K	0,160	0,044	27,8	-0,88	-0,45	0,84	0,20	X
K/B	0,135	0,066	48,8	0,45	-1,75	0,72	0,27	
B/K	9,233	4,434	48,0	0,49	-0,78	0,92	0,53	X
K/Cu	0,326	0,457	140,2	1,54	0,63	0,20	0,01	
Cu/K	11,885	9,703	81,6	0,45	-1,04	0,98	0,20	X
K/Fe	0,129	0,035	26,9	0,58	-0,88	0,98	0,92	
Fe/K	8,210	2,113	25,7	0,18	-0,74	0,89	3,49	X
K/Mn	0,064	0,039	61,6	-0,15	-1,59	0,82	0,66	
Mn/K	28,990	27,784	95,8	1,52	1,72	0,25	0,78	X
K/Zn	0,200	0,094	46,9	2,32	6,06	0,34	0,55	
Zn/K	5,669	1,746	30,8	-0,53	0,64	0,98	2,45	X
K/Mo	19,912	9,407	47,2	0,60	-1,59	0,36	0,22	
Mo/K	0,061	0,025	41,7	-0,15	-2,05	0,70	0,62	X
K/Ni	8,095	4,804	59,3	0,38	-2,00	0,78	0,24	
Ni/K	0,176	0,110	62,5	0,72	-0,96	0,84	0,43	X
Ca/Mg	12,350	5,938	48,1	2,16	5,53	0,30	0,24	
Mg/Ca	0,093	0,032	34,2	-0,01	0,58	0,94	0,28	X

Ca/S	19,788	3,551	17,9	0,60	-0,93	0,68	0,22	
S/Ca	0,052	0,009	17,1	-0,17	-1,22	0,07	0,50	X
Ca/B	0,351	0,104	29,5	0,51	-0,54	0,96	0,45	
B/Ca	3,082	0,920	29,9	0,65	0,30	1,00	0,68	X
Ca/Cu	0,767	1,025	133,7	1,60	0,79	0,07	0,11	
Cu/Ca	3,680	2,569	69,8	0,33	-0,51	0,92	0,30	X
Ca/Fe	0,380	0,060	15,9	0,24	1,66	0,24	2,79	
Fe/Ca	2,695	0,447	16,6	0,96	2,71	0,09	10,62	X
Ca/Mn	0,167	0,097	57,7	-0,18	-2,26	0,64	1,44	X
Mn/Ca	9,171	6,638	72,4	0,93	-0,31	0,32	1,33	
Ca/Zn	0,551	0,186	33,8	-0,27	-2,41	0,30	2,44	
Zn/Ca	2,043	0,758	37,1	0,42	-2,07	0,23	2,79	X
Ca/Mo	51,957	13,284	25,6	0,45	-1,14	0,54	0,91	
Mo/Ca	0,020	0,005	24,9	0,22	-0,75	0,85	1,82	X
Ca/Ni	22,478	13,749	61,2	1,29	0,54	0,61	0,75	X
Ni/Ca	0,058	0,027	46,6	-0,04	-1,09	0,90	0,74	
Mg/S	1,731	0,715	41,3	0,60	-0,22	0,70	0,13	
S/Mg	0,682	0,328	48,1	1,69	3,95	0,37	0,23	X
Mg/B	0,034	0,018	52,0	0,28	-1,70	0,88	0,26	
B/Mg	39,219	23,060	58,8	1,07	0,74	0,89	0,49	X
Mg/Cu	0,083	0,118	141,7	1,54	0,61	0,17	0,05	
Cu/Mg	51,265	45,657	89,1	0,73	-0,54	0,88	0,17	X
Mg/Fe	0,032	0,011	32,9	0,17	-1,41	0,96	0,47	
Fe/Mg	34,244	12,030	35,1	0,74	-0,36	0,90	2,42	X
Mg/Mn	0,016	0,010	64,0	-0,15	-1,63	0,90	0,67	X
Mn/Mg	138,280	179,295	129,7	2,42	6,19	0,30	0,30	
Mg/Zn	0,049	0,023	47,2	1,84	4,21	0,40	1,20	
Zn/Mg	23,527	8,737	37,1	0,28	0,15	0,92	3,13	X
Mg/Mo	4,974	2,416	48,6	0,31	-1,49	0,59	0,27	
Mo/Mg	0,259	0,153	59,2	1,64	3,42	0,52	0,53	X
Mg/Ni	2,027	1,222	60,3	0,24	-1,82	0,82	0,56	X
Ni/Mg	0,773	0,637	82,4	1,76	3,16	0,56	0,26	
S/B	0,018	0,004	21,6	-0,34	-0,19	0,14	1,70	X
B/S	59,201	14,658	24,8	1,26	1,60	0,91	0,84	
S/Cu	0,035	0,042	119,4	1,39	-0,05	0,20	0,21	X
Cu/S	70,698	49,201	69,6	0,16	-0,97	0,89	0,19	
S/Fe	0,020	0,004	19,1	0,51	-1,45	0,80	1,87	
Fe/S	52,788	9,613	18,2	-0,22	-1,86	0,85	3,43	X
S/Mn	0,009	0,005	54,9	-0,34	-1,93	0,77	1,86	X
Mn/S	170,340	129,861	76,2	1,16	0,23	0,20	0,93	
S/Zn	0,028	0,010	37,8	-0,17	-2,15	0,12	2,87	X
Zn/S	42,100	17,963	42,7	0,67	-1,40	0,62	1,27	
S/Mo	2,614	0,666	25,5	1,99	4,42	0,14	1,00	

Mo/S	0,400	0,078	19,6	-1,16	1,55	0,71	1,11	X
S/Ni	1,190	0,775	65,2	1,09	-0,96	0,36	0,78	X
Ni/S	1,126	0,537	47,7	-0,38	-1,46	0,59	0,54	
B/Cu	1,753	1,887	107,7	1,58	0,72	0,10	0,22	
Cu/B	1,072	0,577	53,9	-0,64	-0,95	0,95	0,50	X
B/Fe	1,154	0,349	30,2	0,83	-0,50	0,98	1,66	
Fe/B	0,932	0,255	27,3	-0,10	-1,13	0,23	4,73	X
B/Mn	0,459	0,215	46,9	0,00	-1,51	0,96	1,74	X
Mn/B	2,838	1,769	62,3	1,62	2,80	0,66	0,94	
B/Zn	1,774	0,928	52,3	0,28	-1,18	0,92	1,14	
Zn/B	0,755	0,441	58,4	0,68	-1,45	0,48	1,42	X
B/Mo	155,051	43,698	28,2	0,46	-0,36	0,95	2,08	X
Mo/B	0,007	0,002	28,6	0,60	-0,03	0,99	1,83	
B/Ni	69,693	39,748	57,0	0,92	-0,74	0,80	0,56	X
Ni/B	0,019	0,009	48,8	0,14	-1,56	0,37	0,53	
Cu/Fe	1,406	0,976	69,4	0,11	-0,80	0,88	0,27	X
Fe/Cu	2,037	2,632	129,2	1,42	-0,03	0,14	0,15	
Cu/Mn	0,460	0,326	70,8	0,47	-0,96	0,77	0,43	
Mn/Cu	4,093	3,640	88,9	1,18	0,02	0,54	0,73	X
Cu/Zn	2,292	1,919	83,7	0,53	-1,04	0,90	0,29	X
Zn/Cu	1,939	2,890	149,1	1,58	0,67	0,08	0,03	
Cu/Mo	171,684	110,416	64,3	0,01	-1,24	0,99	0,61	X
Mo/Cu	0,013	0,014	113,8	1,54	0,62	0,15	0,50	
Cu/Ni	85,412	56,525	66,2	0,37	-0,69	0,97	0,21	X
Ni/Cu	0,031	0,050	162,0	2,73	7,58	0,06	0,04	
Fe/Mn	0,471	0,254	53,9	-0,54	-1,68	0,49	3,29	X
Mn/Fe	3,469	3,235	93,2	1,91	3,67	0,17	0,70	
Fe/Zn	1,448	0,643	44,4	0,79	-0,72	0,43	3,12	X
Zn/Fe	0,808	0,314	38,8	-0,16	-2,12	0,88	2,63	
Fe/Mo	137,230	36,735	26,8	-0,10	-2,04	0,11	2,47	X
Mo/Fe	0,008	0,002	28,4	0,48	-1,59	0,86	1,59	
Fe/Ni	61,861	41,477	67,0	1,02	-0,44	0,57	1,26	X
Ni/Fe	0,023	0,012	54,4	0,04	-1,72	0,98	0,64	
Mn/Zn	5,761	5,147	89,4	0,77	-0,85	0,40	1,53	X
Zn/Mn	0,385	0,293	76,2	0,13	-2,16	0,53	1,04	
Mn/Mo	444,713	279,502	62,9	0,70	-0,47	0,64	1,85	
Mo/Mn	0,003	0,002	64,5	0,76	-0,80	0,71	2,52	X
Mn/Ni	177,510	87,648	49,4	-0,33	-1,38	0,88	0,78	X
Ni/Mn	0,008	0,006	72,7	1,30	-0,08	0,26	0,46	
Zn/Mo	109,298	57,334	52,5	0,65	-1,74	0,53	1,46	
Mo/Zn	0,011	0,005	44,3	-0,25	-2,09	0,58	2,60	X
Zn/Ni	43,044	28,293	65,7	1,32	1,62	0,80	0,83	
Ni/Zn	0,033	0,020	59,6	0,75	-0,52	0,94	1,31	X

Mo/Ni	0,458	0,284	62,1	2,12	4,90	0,41	1,69	
Ni/Mo	2,708	1,083	40,0	-0,32	-0,62	0,18	1,72	X

Considerando as 78 relações bivariadas selecionadas, foram determinadas as normas DRIS para as cultivares Tommy Atkins, Kent e Palmer (Tabela 9). Todas as relações duais selecionadas apresentaram distribuição normal (P > 0,05), exceto as relações N/Cu, K/Cu e Mg/Cu na cultivar Tommy Atkins. Isso corrobora o que é apresentado na Tabela 4, na qual a maioria dos nutrientes, em cada cultivar, também apresentou distribuição normal. Não obstante, a normalidade das relações bivariadas parece não ter efeito sobre a eficácia do diagnóstico nutricional a partir do método DRIS. Com base nisso, Politi et al. (2013) ao aplicarem os métodos DRIS e CND na mangueira (cv. Tommy Atkins), perceberam que os diagnósticos nutricionais gerados a partir de dados transformados e dados não transformados não diferiram estatisticamente. Resultados semelhantes também foram observados por Serra et al. (2012) na cultura do algodão, e por Calheiros et al. (2018) na cultura da cana-de-açúcar.

Tabela 9. Norma DRIS, desvio-padrão (s), coeficiente de variação (CV, %), assimetria (SK) e curtose (Ku) das cultivares Tommy Atkins, Kent e Palmer. P-valor representa o resultado do teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov.

Relação	Norma	s	CV	SK	Ku	P-valor
			Normas - Tommy Atkins			
N/P	16,701	2,641	15,8	0,64	-1,16	0,89
K/N	0,420	0,063	15,0	1,39	3,39	0,42
Ca/N	1,650	0,186	11,3	-1,01	0,46	0,81
Mg/N	0,093	0,011	12,0	-0,49	-0,84	0,95
N/S	15,727	4,274	27,2	-0,41	0,94	0,98
B/N	7,015	2,731	38,9	-0,14	-2,26	0,57
N/Cu	0,220	0,032	14,7	-1,67	2,93	0,04
Fe/N	7,641	2,242	29,3	0,03	-2,17	0,53
Mn/N	11,709	4,181	35,7	0,50	-1,39	0,89
N/Zn	0,268	0,055	20,5	1,65	2,65	0,23
N/Mo	13,993	6,044	43,2	-0,38	-1,17	0,59
N/Ni	20,432	8,301	40,6	0,80	-0,70	0,81
K/P	6,887	0,926	13,4	0,02	-0,88	0,88
P/Ca	0,036	0,003	9,0	-1,03	0,60	0,89
Mg/P	1,535	0,129	8,4	0,53	-0,20	0,81
S/P	1,175	0,370	31,5	1,19	3,42	0,60
B/P	119,980	43,674	36,4	-0,52	-1,73	0,74
P/Cu	0,014	0,003	18,9	-0,10	-1,47	0,08
Fe/P	125,780	22,950	18,2	-0,51	-1,05	0,58
Mn/P	200,062	81,556	40,8	1,36	2,45	0,82
P/Zn	0,018	0,005	29,4	1,29	2,42	0,52
P/Mo	0,864	0,311	36,0	-1,05	-0,48	0,85
P/Ni	1,233	0,584	47,4	1,32	1,55	0,47
K/Ca	0,256	0,027	10,7	1,12	1,26	0,73
K/Mg	4,486	0,482	10,7	0,64	-1,01	0,85
S/K	0,163	0,040	24,3	0,36	-0,17	0,97
B/K	16,719	6,193	37,0	-0,09	-2,25	0,60
K/Cu	0,093	0,006	6,8	0,21	-2,30	0,04
Fe/K	18,255	4,800	26,3	0,56	-1,28	0,66
K/Mn	0,040	0,013	32,2	-0,12	-0,69	1,00
K/Zn	0,112	0,022	19,5	1,28	0,73	0,22
K/Mo	5,661	2,088	36,9	-0,63	-0,68	0,47
K/Ni	8,600	3,628	42,2	0,46	-1,31	0,90
Mg/Ca	0,056	0,007	11,9	-0,13	-0,89	0,95
S/Ca	0,044	0,013	29,2	2,01	4,97	0,29
B/Ca	4,428	1,347	30,4	-0,52	-2,05	0,68
Ca/Cu	0,376	0,059	15,8	-0,85	-0,25	0,06
Fe/Ca	4,590	1,018	22,2	0,24	-2,08	0,47
Mn/Ca	7,388	2,580	34,9	1,08	1,00	0,61

Zn/Ca	2,344	0,110	4,7	-1,99	3,96	0,86
Ca/Mo	24,434	7,652	31,3	-0,94	-0,33	0,64
Ca/Ni	30,278	9,401	31,1	0,21	-1,74	0,88
S/Mg	0,767	0,235	30,6	0,85	2,04	0,91
B/Mg	79,488	31,300	39,4	-0,57	-2,05	0,31
Mg/Cu	0,021	0,003	14,3	-0,35	-2,01	0,05
Fe/Mg	83,039	20,637	24,9	-0,43	-1,14	0,83
Mg/Mn	0,009	0,003	39,3	0,35	-1,23	0,92
Mg/Zn	0,026	0,008	31,3	1,72	3,27	0,38
Mg/Mo	1,323	0,481	36,4	-0,91	-0,27	0,83
Mg/Ni	1,908	0,928	48,7	0,93	-0,16	0,65
S/B	0,010	0,003	26,2	0,19	-1,80	0,59
S/Cu	0,015	0,004	26,4	-0,44	-1,37	0,15
Fe/S	103,452	22,386	21,6	0,26	-1,03	0,14
Mn/S	172,809	49,127	28,4	1,52	3,28	0,68
S/Zn	0,016	0,002	12,0	0,23	-2,57	0,20
S/Mo	0,939	0,387	41,2	-0,91	0,28	0,75
S/Ni	1,380	0,729	52,8	2,14	4,97	0,38
B/Cu	1,721	0,595	34,6	-0,74	-1,37	0,60
Fe/B	1,022	0,205	20,1	0,13	-1,13	0,11
Mn/B	1,731	0,324	18,7	-0,25	-0,51	0,97
B/Zn	1,833	0,450	24,5	-0,45	-2,97	0,41
B/Mo	98,914	55,814	56,4	0,14	-1,14	0,84
B/Ni	131,285	50,444	38,4	1,65	4,19	0,59
Fe/Cu	1,912	0,491	25,7	0,60	-3,13	0,86
Mn/Cu	2,838	0,991	34,9	0,66	-0,44	0,81
Zn/Cu	0,882	0,193	21,9	-0,88	-1,56	0,84
Cu/Mo	55,787	22,558	40,4	0,15	0,04	0,90
Ni/Cu	0,013	0,006	45,4	-0,08	-2,32	0,42
Fe/Mn	0,633	0,140	22,2	-1,37	2,55	0,11
Fe/Zn	2,120	0,494	23,3	-1,42	1,50	0,66
Fe/Mo	116,756	36,261	31,1	-0,26	-1,36	0,87
Fe/Ni	132,605	49,647	37,4	1,33	2,49	0,30
Mn/Zn	2,882	0,465	16,1	0,15	-2,12	0,23
Mn/Mo	167,395	109,192	65,2	1,49	3,03	0,82
Mn/Ni	222,229	78,585	35,4	1,21	2,44	0,84
Zn/Mo	48,251	24,470	50,7	-0,86	-1,78	0,88
Ni/Zn	0,014	0,004	25,5	0,30	-2,60	0,24
Ni/Mo	0,852	0,553	64,9	0,36	-0,58	0,92
			Normas - Kent			
P/N	0,068	0,008	12,3	0,30	0,71	0,81
K/N	0,461	0,026	5,7	-0,02	-0,80	1,00
N/Ca	0,510	0,088	17,3	0,17	-0,61	0,96
N/Mg	7,228	1,000	13,8	1,52	3,17	0,57

N/S	8,934	1,184	13,3	1,62	3,01	0,63
B/N	7,638	1,606	21,0	0,41	-2,03	0,67
Cu/N	3,618	0,681	18,8	0,88	1,06	0,95
Fe/N	8,005	2,509	31,3	0,32	0,21	0,98
Mn/N	27,504	21,925	79,7	0,92	-0,94	0,39
N/Zn	0,334	0,127	38,1	0,60	-0,61	1,00
Mo/N	0,040	0,017	42,4	1,11	-0,06	0,62
N/Ni	15,004	6,024	40,1	0,70	-0,31	0,84
P/K	0,150	0,018	11,7	0,34	0,49	0,64
P/Ca	0,035	0,004	10,6	1,90	4,19	0,36
P/Mg	0,494	0,032	6,6	-1,20	0,93	0,27
P/S	0,622	0,111	17,9	-0,61	-0,57	0,99
B/P	107,505	18,791	17,5	0,86	1,29	0,60
P/Cu	0,019	0,003	16,6	0,81	-2,14	0,74
Fe/P	119,404	49,734	41,7	0,59	-1,17	0,83
P/Mn	0,004	0,003	75,9	0,66	-0,53	0,95
P/Zn	0,024	0,007	29,3	0,61	1,01	0,99
Mo/P	0,616	0,238	38,7	0,20	-1,44	0,93
P/Ni	0,966	0,415	43,0	0,64	0,33	0,87
K/Ca	0,236	0,033	13,9	-1,06	1,24	0,89
K/Mg	3,330	0,458	13,7	0,55	0,61	0,96
K/S	4,106	0,443	10,8	0,56	-0,77	0,73
K/B	0,063	0,013	21,5	0,12	-0,88	0,89
K/Cu	0,131	0,025	19,1	-0,50	-1,85	0,30
Fe/K	17,310	5,240	30,3	0,45	0,20	0,97
K/Mn	0,028	0,019	66,9	0,57	-0,24	0,95
K/Zn	0,153	0,050	32,8	0,39	-1,21	1,00
Mo/K	0,086	0,035	40,2	0,90	-0,23	0,87
K/Ni	6,942	2,868	41,3	0,61	-0,85	0,95
Ca/Mg	14,302	1,865	13,0	-2,05	4,70	0,44
Ca/S	17,792	2,985	16,8	-0,23	-0,32	0,95
Ca/B	0,267	0,060	22,3	-0,58	-0,04	0,95
Ca/Cu	0,547	0,092	16,9	-0,88	0,30	0,47
Fe/Ca	4,127	1,586	38,4	0,48	-1,42	0,86
Ca/Mn	0,103	0,062	60,3	-0,22	-2,32	0,71
Ca/Zn	0,646	0,178	27,5	-0,55	-1,42	0,83
Mo/Ca	0,020	0,009	43,5	0,25	-1,76	0,96
Ca/Ni	27,832	12,260	44,1	0,52	-0,87	0,95
Mg/S	1,260	0,260	20,7	0,53	1,81	0,83
B/Mg	54,257	7,868	14,5	0,01	-1,70	0,79
Cu/Mg	24,819	3,052	12,3	0,11	-1,06	0,39
Fe/Mg	58,911	23,234	39,4	0,40	-1,11	0,96
Mg/Mn	0,009	0,006	70,1	0,42	-0,95	0,96
Mg/Zn	0,047	0,018	39,4	1,26	2,31	0,88

Mo/Mg	0,292	0,130	44,7	0,51	-1,65	0,59
Mg/Ni	2,125	0,903	42,5	0,32	-0,95	0,96
B/S	68,598	19,346	28,2	1,28	1,60	0,91
S/Cu	0,032	0,007	21,1	-0,60	-1,43	0,52
Fe/S	69,606	16,895	24,3	0,60	0,02	0,93
S/Mn	0,007	0,005	67,9	0,86	0,67	0,93
S/Zn	0,037	0,012	32,8	0,38	-0,53	0,97
Mo/S	0,360	0,167	46,3	1,01	-0,12	0,61
Ni/S	0,683	0,270	39,6	0,35	-0,68	0,99
Cu/B	0,470	0,091	19,5	-0,05	-1,70	0,87
Fe/B	1,120	0,505	45,0	0,51	-0,92	0,89
Mn/B	3,990	3,566	89,4	0,97	-0,83	0,65
Zn/B	0,454	0,194	42,8	0,87	1,42	0,71
Mo/B	0,006	0,003	54,1	0,74	-0,95	0,92
Ni/B	0,011	0,006	52,5	1,23	1,60	0,73
Fe/Cu	2,342	0,824	35,2	-0,50	-1,09	0,91
Mn/Cu	5,526	4,917	89,0	2,18	4,89	0,50
Zn/Cu	1,034	0,475	46,0	0,22	-2,35	0,88
Mo/Cu	0,010	0,005	51,2	1,16	0,15	0,35
Cu/Ni	56,476	18,849	33,4	-0,72	-0,61	0,92
Fe/Mn	0,455	0,301	66,2	1,02	1,28	0,94
Fe/Zn	2,582	1,089	42,2	1,08	-0,64	0,60
Fe/Mo	233,738	120,600	51,6	0,68	0,30	0,97
Fe/Ni	116,779	51,071	43,7	0,45	-1,22	0,88
Zn/Mn	0,179	0,132	74,0	0,55	-0,59	0,48
Mo/Mn	0,002	0,002	72,1	1,04	1,17	0,82
Mn/Ni	328,463	174,446	53,1	0,89	0,58	0,88
Mo/Zn	0,013	0,007	54,3	0,59	-0,39	0,86
Ni/Zn	0,029	0,016	54,1	-0,14	-2,19	0,72
Mo/Ni	0,596	0,310	52,0	0,25	-1,86	0,77
			Normas - Palmer			
N/P	14,548	4,313	29,6	-0,59	-1,21	0,87
N/K	1,913	0,587	30,7	0,12	-1,14	0,96
N/Ca	0,662	0,104	15,7	-0,39	-1,39	0,41
N/Mg	7,993	3,210	40,2	1,12	1,39	0,87
S/N	0,081	0,021	25,9	0,55	0,50	0,28
B/N	4,717	1,380	29,3	-0,02	-1,18	0,88
Cu/N	5,535	3,607	65,2	-0,17	-1,44	0,91
Fe/N	4,165	0,816	19,6	0,28	-1,47	0,12
N/Mn	0,110	0,065	59,4	0,15	-1,74	0,75
N/Zn	0,370	0,149	40,4	-0,12	-2,10	0,65
Mo/N	0,031	0,007	23,8	-0,06	0,56	0,74
N/Ni	14,446	9,184	63,6	1,72	3,04	0,61
P/K	0,132	0,013	9,5	-0,26	-1,44	0,89

Ca/P	22,018	5,915	26,9	-0,34	0,74	1,00
Mg/P	1,891	0,361	19,1	-0,54	1,71	0,92
S/P	1,226	0,339	27,6	-0,67	-0,75	0,93
B/P	69,746	32,175	46,1	0,26	-1,51	0,90
Cu/P	89,415	72,054	80,6	0,33	-1,49	0,93
Fe/P	63,011	16,292	25,9	1,06	2,27	0,38
P/Mn	0,008	0,005	59,6	-0,27	-1,40	0,82
Zn/P	43,801	15,772	36,0	-0,05	0,80	0,99
Mo/P	0,462	0,197	42,7	-0,16	-2,01	0,56
Ni/P	1,338	0,827	61,8	0,39	-1,52	0,90
Ca/K	2,895	0,779	26,9	-0,10	-0,75	1,00
Mg/K	0,248	0,040	16,0	-2,04	5,36	0,27
S/K	0,160	0,044	27,8	-0,88	-0,45	0,84
B/K	9,233	4,434	48,0	0,49	-0,78	0,92
Cu/K	11,885	9,703	81,6	0,45	-1,04	0,98
Fe/K	8,210	2,113	25,7	0,18	-0,74	0,89
Mn/K	28,990	27,784	95,8	1,52	1,72	0,25
Zn/K	5,669	1,746	30,8	-0,53	0,64	0,98
Mo/K	0,061	0,025	41,7	-0,15	-2,05	0,70
Ni/K	0,176	0,110	62,5	0,72	-0,96	0,84
Mg/Ca	0,093	0,032	34,2	-0,01	0,58	0,94
S/Ca	0,052	0,009	17,1	-0,17	-1,22	0,07
B/Ca	3,082	0,920	29,9	0,65	0,30	1,00
Cu/Ca	3,680	2,569	69,8	0,33	-0,51	0,92
Fe/Ca	2,695	0,447	16,6	0,96	2,71	0,09
Ca/Mn	0,167	0,097	57,7	-0,18	-2,26	0,64
Zn/Ca	2,043	0,758	37,1	0,42	-2,07	0,23
Mo/Ca	0,020	0,005	24,9	0,22	-0,75	0,85
Ca/Ni	22,478	13,749	61,2	1,29	0,54	0,61
S/Mg	0,682	0,328	48,1	1,69	3,95	0,37
B/Mg	39,219	23,060	58,8	1,07	0,74	0,89
Cu/Mg	51,265	45,657	89,1	0,73	-0,54	0,88
Fe/Mg	34,244	12,030	35,1	0,74	-0,36	0,90
Mg/Mn	0,016	0,010	64,0	-0,15	-1,63	0,90
Zn/Mg	23,527	8,737	37,1	0,28	0,15	0,92
Mo/Mg	0,259	0,153	59,2	1,64	3,42	0,52
Mg/Ni	2,027	1,222	60,3	0,24	-1,82	0,82
S/B	0,018	0,004	21,6	-0,34	-0,19	0,14
S/Cu	0,035	0,042	119,4	1,39	-0,05	0,20
Fe/S	52,788	9,613	18,2	-0,22	-1,86	0,85
S/Mn	0,009	0,005	54,9	-0,34	-1,93	0,77
S/Zn	0,028	0,010	37,8	-0,17	-2,15	0,12
Mo/S	0,400	0,078	19,6	-1,16	1,55	0,71
S/Ni	1,190	0,775	65,2	1,09	-0,96	0,36

Cu/B	1,072	0,577	53,9	-0,64	-0,95	0,95
Fe/B	0,932	0,255	27,3	-0,10	-1,13	0,23
B/Mn	0,459	0,215	46,9	0,00	-1,51	0,96
Zn/B	0,755	0,441	58,4	0,68	-1,45	0,48
B/Mo	155,051	43,698	28,2	0,46	-0,36	0,95
B/Ni	69,693	39,748	57,0	0,92	-0,74	0,80
Cu/Fe	1,406	0,976	69,4	0,11	-0,80	0,88
Mn/Cu	4,093	3,640	88,9	1,18	0,02	0,54
Cu/Zn	2,292	1,919	83,7	0,53	-1,04	0,90
Cu/Mo	171,684	110,416	64,3	0,01	-1,24	0,99
Cu/Ni	85,412	56,525	66,2	0,37	-0,69	0,97
Fe/Mn	0,471	0,254	53,9	-0,54	-1,68	0,49
Fe/Zn	1,448	0,643	44,4	0,79	-0,72	0,43
Fe/Mo	137,230	36,735	26,8	-0,10	-2,04	0,11
Fe/Ni	61,861	41,477	67,0	1,02	-0,44	0,57
Mn/Zn	5,761	5,147	89,4	0,77	-0,85	0,40
Mo/Mn	0,003	0,002	64,5	0,76	-0,80	0,71
Mn/Ni	177,510	87,648	49,4	-0,33	-1,38	0,88
Mo/Zn	0,011	0,005	44,3	-0,25	-2,09	0,58
Ni/Zn	0,033	0,020	59,6	0,75	-0,52	0,94
Ni/Mo	2,708	1,083	40,0	-0,32	-0,62	0,18

Em termos de variabilidade, apenas 6,4% das relações duais na cultivar Tommy Atkins apresentaram CV maior que 50%. Nas cultivares Kent e Palmer, esses percentuais foram de 24,4% e 42,3%, respectivamente. Já em relação ao coeficiente de assimetria (SK), o percentual de normas com valores maiores que 1 foi de apenas 30,8%, 20,5% e 17,9% para as cultivares Tommy Atkins, Kent e Palmer, respectivamente. Isso mostra que a maioria das normas selecionadas apresentaram distribuição normal e simétrica, apesar de muitas dessas normas terem mostrado alto CV (Tabela 9). Ao estabelecer normas DRIS para a cultura da videira, Silva (2021) também observou muitas relações duais com altos CVs, porém com distribuição normal, coincidindo com os achados do presente estudo. Rezende et al. (2022) afirmou que relações duais com altos CVs têm pouca influência no cálculo dos índices DRIS, tendo em vista que as funções DRIS são equilibradas por essa medida de dispersão. Por sua vez, Calheiros et al. (2018) recomendaram a seleção da relação nutricional pelo critério da maior razão de variâncias com menor coeficiente de assimetria. Portanto, as normas DRIS estabelecidas para as cultivares Tommy Atkins, Kent e Palmer se mostraram adequadas, pois obedeceram ao critério da maior razão de variâncias. Além disso, a maior parte das normas

mostrou baixa variabilidade, distribuição normal, com coeficientes de assimetria menores que 1, seguindo a recomendação de Calheiros et al. (2018).

Rezende et al. (2022) também estabeleceram normas DRIS específicas para as cultivares Tommy Atkins, Kent e Keitt no Vale do São Francisco (Brasil), durante a fase de pré-florescimento. Entretanto, normas DRIS específicas para a cultivar Palmer, especialmente durante a fase de pós-colheita, ainda não haviam sido estabelecidas. Sendo assim, o presente estudo preenche esta lacuna ao estabelecer normas DRIS para a cultivar Palmer, além de considerar a fase fenológica da pós-colheita. Além disso, o local e as condições edáficas do estudo de Rezende et al. (2022) são diferentes do presente estudo, pois esses autores estabeleceram normas DRIS a partir de pomares relativamente homogêneos, com solos arenosos, no município de Belém do São Francisco, Pernambuco, Brasil. Taniguchi et al. (2024), trabalhando com cajueiro-anão (*Anacardium occidentale*), não recomendaram a universalização de normas DRIS estabelecidas em um determinado ambiente e usadas em condições edafoclimáticas distintas. Outros autores também têm recomendado o estabelecimento de normas DRIS específicas para cada região, com base na cultivar, no rendimento esperado, no nível tecnológico da fazenda, no manejo e nas condições edafoclimáticas (AMORIM et al., 2024; LIMA NETO et al., 2022; RODRIGUES FILHO et al., 2021; TULLIO; ROZANE, 2022).

4.2 Diagnose nutricional pelos métodos DRIS e CND

A partir dos modelos de regressão linear ajustados entre os teores nutricionais e seus respectivos índices DRIS e CND, foram obtidos os teores e faixas ótimas de cada nutriente para as cultivares Tommy Atkins, Kent e Palmer (Tabela 10). Dentre todos os modelos ajustados, percebe-se que houve correlação significativa entre os teores dos nutrientes e os índices DRIS e CND ($P < 0,05$), exceto para os nutrientes Ca e S na cultivar Tommy Atkins pelo método DRIS, e para K na cultivar Kent pelos dois métodos. Independentemente do método diagnóstico e da cultivar, é possível notar também que os modelos ajustados para os micronutrientes foram muito mais significativos em comparação com os macronutrientes, tendo em vista que a maioria dos modelos ajustados para os micronutrientes mostrou P-valor altamente significativo ($P < 0,001$). De modo geral, os modelos ajustados para os macro e micronutrientes apresentaram altos coeficientes de determinação (R^2) para todas as cultivares e para ambos os métodos de diagnóstico nutricional, indicando que os modelos têm alta capacidade preditiva e, portanto, foram adequados para estimar os teores ótimos e faixas ótimas para cada nutriente (TULLIO; ROZANE, 2022).

Tabela 10. Modelos de regressão linear ajustados entre os teores nutricionais e seus respectivos índices DRIS e CND na população de referência, teores ótimos e faixas ótimas dos nutrientes para as cultivares de manga Tommy Atkins, Kent e Palmer.

Nutriente	Método	Equação	R^2	P-valor	Teor ótimo	Faixa ótima
		Tommy Atkins				
N	DRIS	y = 16 + 0,0521 x	0,74	0,028	16,0	14,9 - 17,1
	CND	y = 16,3 + 0,955 x	0,71	0,035	16,3	15,2 - 17,4
P	DRIS	y = 1,12 + 0,0223 x	0,70	0,018	1,1	1,0 - 1,2
	CND	y = 1,19 + 0,217 x	0,80	0,007	1,2	1,1 - 1,3
K	DRIS	y = 8,34 + 0,201 x	0,70	0,037	8,3	7,8 - 8,9
	CND	y = 6,68 + 0,249 x	0,86	0,023	6,7	6,1 - 7,3
Ca	DRIS	y = 27,7 + 0,0329 x	0,56	0,053	27,7	26,5 - 28,9
	CND	y = 27 + 0,879 x	0,66	0,048	27,0	25,8 - 28,2
Mg	DRIS	y = 1,49 + 0,00465 x	0,92	0,010	1,5	1,4 - 1,6
	CND	y = 1,52 + 0,08 x	0,94	0,007	1,5	1,4 - 1,7
S	DRIS	y = 0,969 + 0,00261x	0,73	0,063	1,0	0,7 - 1,2
	CND	y = 1,17 + 0,256 x	0,50	0,034	1,2	0,9 - 1,4
B	DRIS	y = 125 + 1,81 x	0,53	0,025	125,0	98,6 - 151,4
	CND	y = 118 + 33,9 x	0,74	0,003	118,0	91,6 - 144,4
Cu	DRIS	y = 79,4 + 0,497 x	0,87	<0,001	79,4	69,6 - 89,2
	CND	y = 65,6 + 28,2 x	0,93	<0,001	65,6	55,8 - 75,4
Fe	DRIS	y = 125 + 3,01 x	0,92	<0,001	125,0	105,0 - 145,0
	CND	y = 170 + 91,6 x	0,94	<0,001	170,0	150,0 - 190,0
Mn	DRIS	y = 201 + 3,96 x	0,45	0,046	201,0	153,7 - 248,3
	CND	y = 199 + 61,3 x	0,75	0,003	199,0	151,7 - 246,3
Zn	DRIS	y = 71,9 + 0,49 x	0,90	<0,001	71,9	67,8 - 76,0
	CND	y = 60,6 + 26,3 x	0,94	<0,001	60,6	56,5 - 64,7
Mo	DRIS	y = 1,21 + 0,0514 x	0,92	<0,001	1,2	0,5 - 1,9
	CND	y = 1,59 + 0,982 x	0,89	<0,001	1,6	0,9 - 2,3
Ni	DRIS	y = 0,939 + 0,0148 x	0,56	0,020	0,9	0,7 - 1,2
	CND	y = 0,947 + 0,28 x	0,73	0,003	0,9	0,7 - 1,2
		Kent				
N	DRIS	y = 15,4 + 0,15 x	0,96	0,018	15,4	14,5 - 16,3
	CND	y = 15 + 0,879 x	0,91	0,012	15,0	14,1 - 15,9
P	DRIS	y = 1,12 + 0,0121 x	0,80	0,003	1,1	1,1 - 1,2
	CND	y = 1,14 + 0,151 x	0,83	0,002	1,1	1,1 - 1,2
K	DRIS	y = 7,2 + 0,0835 x	0,82	0,094	7,2	6,9 - 7,5
	CND	y = 6,97 + 0,551 x	0,90	0,053	7,0	6,7 - 7,2
Ca	DRIS	y = 32 + 0,433 x	0,73	0,007	32,0	29,6 - 34,4
	CND	y = 32,3 + 4,28 x	0,74	0,006	32,3	29,9 - 34,7
Mg	DRIS	y = 2,25 + 0,0176 x	0,68	0,012	2,3	2,1 - 2,4
	CND	y = 2,22 + 0,213 x	0,85	0,001	2,2	2,1 - 2,4
S	DRIS	y = 1,81 + 0,0518 x	0,72	0,008	1,8	1,7 - 2,0
	CND	y = 1,8 + 0,178 x	0,59	0,026	1,8	1,6 - 2,0

B	DRIS	y = 118 + 2,08 x	0,90	<0,001	118,0	102,6 - 133,4
	CND	y = 120 + 22,3 x	0,94	<0,001	120,0	104,6 - 135,4
Cu	DRIS	y = 60,7 + 0,743 x	0,88	<0,001	60,7	55,1 - 66,3
	CND	y = 57,7 + 19,7 x	0,85	0,001	57,7	52,1 - 63,3
Fe	DRIS	y = 140 + 3,99 x	0,93	<0,001	140,0	112,5 - 167,5
	CND	y = 127 + 39,6 x	0,93	<0,001	127,0	99,5 - 154,5
Mn	DRIS	y = 383 + 16,8 x	0,93	<0,001	383,0	139,5 - 626,5
	CND	y = 438 + 349 x	0,91	<0,001	438,0	194,5 - 681,5
Zn	DRIS	y = 51,9 + 1,66 x	0,97	<0,001	51,9	40,2 - 63,6
	CND	y = 62,3 + 32,2 x	0,92	<0,001	62,3	50,6 - 74,0
Mo	DRIS	y = 0,685 + 0,0188 x	0,96	<0,001	0,7	0,5 - 0,9
	CND	y = 0,634 + 0,253 x	0,96	<0,001	0,6	0,5 - 0,8
Ni	DRIS	y = 1,2 + 0,035 x	0,86	<0,001	1,2	0,9 - 1,5
	CND	y = 1,22 + 0,484 x	0,89	<0,001	1,2	0,9 - 1,6
		Palmer				
N	DRIS	y = 17,5 + 0,162 x	0,61	0,013	17,5	15,9 - 19,1
	CND	y = 17,3 + 1,89 x	0,66	0,008	17,3	15,7 - 18,9
P	DRIS	y = 1,19 + 0,029 x	0,79	0,001	1,2	0,9 - 1,5
	CND	y = 1,29 + 0,378 x	0,82	<0,001	1,3	1,0 - 1,6
K	DRIS	y = 8,73 + 0,21 x	0,74	0,003	8,7	6,8 - 10,6
	CND	y = 9,71 + 2,62 x	0,84	<0,001	9,7	7,8 - 11,6
Ca	DRIS	y = 26,5 + 0,145 x	0,59	0,015	26,5	24,9 - 28,1
	CND	y = 26,3 + 1,92 x	0,64	0,009	26,3	24,7 - 27,9
Mg	DRIS	y = 2,39 + 0,0417 x	0,79	0,001	2,4	1,9 - 2,9
	CND	y = 2,42 + 0,748 x	0,86	<0,001	2,4	1,9 - 3,0
S	DRIS	y = 1,53 + 0,0434 x	0,98	<0,001	1,5	1,4 - 1,7
	CND	y = 1,69 + 0,94 x	0,94	<0,001	1,7	1,6 - 1,8
B	DRIS	y = 84,7 + 1,69 x	0,62	0,012	84,7	70,5 - 98,9
	CND	y = 79,9 + 19,3 x	0,82	<0,001	79,9	65,7 - 94,1
Cu	DRIS	y = 117 + 0,861 x	0,65	0,009	117,0	74,3 - 159,7
	CND	y = 94,1 + 58,6 x	0,84	<0,001	94,1	51,4 - 136,8
Fe	DRIS	y = 73,7 + 2,25 x	0,95	<0,001	73,7	68,6 - 78,8
	CND	y = 87,4 + 46,8 x	0,89	<0,001	87,4	82,3 - 92,5
Mn	DRIS	y = 222 + 8,44 x	0,99	<0,001	222,0	100,4 - 343,6
	CND	y = 239 + 178 x	0,95	<0,001	239,0	117,4 - 360,6
Zn	DRIS	y = 51,4 + 1,08 x	0,86	<0,001	51,4	36,9 - 65,9
	CND	y = 54,1 + 21,3 x	0,95	<0,001	54,1	39,6 - 68,6
Mo	DRIS	y = 0,553 + 0,00719x	0,63	0,010	0,6	0,5 - 0,6
	CND	y = 0,529 + 0,103 x	0,79	0,001	0,5	0,4 - 0,6
Ni	DRIS	y = 1,42 + 0,0353 x	0,94	<0,001	1,4	0,9 - 1,9
	CND	y = 1,84 + 1,16 x	0,92	<0,001	1,8	1,4 - 2,3

Os teores ótimos e as faixas ótimas dos nutrientes N, P, K, Ca, Mg e S estão expressas em g kg^{-1}, enquanto os nutrientes B, Cu, Fe, Mn, Zn, Mo e Ni estão expressos em mg kg^{-1}.

O fato da maioria dos modelos ajustados terem apresentado altos coeficientes de determinação e coeficientes significativos ($P < 0,05$), indicam que os índices DRIS e CND foram altamente dependentes do conteúdo nutricional da cultura no nível foliar. Por sua vez, relações não significativas, como Ca e S na cultivar Tommy Atkins pelo método DRIS, e K na cultivar Kent por ambos os métodos, podem indicar que esses índices DRIS e CND foram influenciados por fatores não nutricionais, os quais podem estar relacionados às condições edafoclimáticas da região de cultivo, bem como ao manejo adotado (VILLASEÑOR et al., 2020).

Em estudos que envolvem o método DRIS, é muito comum o uso de modelos de regressão linear ajustados entre a concentração de nutrientes foliares e o índice DRIS (ALIYU et al., 2021; LABAIED; SERRA; MIMOUN, 2018). Mas é importante também salientar que modelos não lineares também podem ser ajustados, como os modelos quadráticos e logarítmicos. Morales et al. (2022), ao aplicarem o método DRIS na cultura do caqui (*Diospyros kaki* L.), explicaram que cada correlação entre a concentração do nutriente e seu respectivo índice DRIS evolui de forma diferente à medida que o ciclo da cultura avança. Mas no presente estudo, modelos não lineares não foram necessários, pois os modelos de regressão linear ajustados, principalmente para os micronutrientes, foram altamente significativos e com alta correlação. Coeficientes de determinação (R^2) mais altos para micronutrientes em comparação com os macronutrientes também foram relatados nas culturas do abacaxi, caqui, algodão, caju e palma forrageira (AMORIM et al., 2024; MORALES et al., 2022; SERRA et al., 2012; TANIGUCHI et al., 2024; TEIXEIRA et al., 2021). Desse modo, os resultados do presente estudo demonstraram que os métodos DRIS e CND têm capacidade de diagnosticar efetivamente o estado nutricional das cultivares de mangueira, pois foi a partir dos modelos ajustados que os teores ótimos foram estabelecidos.

De maneira geral, é possível perceber que os teores ótimos estimados (Tabela 10) são iguais ou muito próximos dos teores médios dos nutrientes na população de referência, independentemente da cultivar e do método diagnóstico (Tabelas 5, 6 e 7). O mesmo foi observado por Urano et al. (2007) ao estabelecerem teores ótimos nutricionais para a cultura da soja pelos métodos DRIS e CND. Quando o teor ótimo estimado é igual ou muito próximo do teor médio do nutriente na população de alta produtividade, isso corrobora a distribuição normal das relações duais na população de referência, pois pressupõe-se que, na condição de normalidade, a média aritmética é igual à mediana (TEIXEIRA et al., 2021; URANO et al.,

2007). Como mencionado anteriormente, no presente estudo, as relações duais selecionadas apresentaram distribuição normal (Tabela 9).

Também é possível observar que a maioria dos teores ótimos estimados apresentou valores maiores (com exceção do Mg) em comparação com teores ótimos estabelecidos por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997) e Quaggio (1996) para a cultura da mangueira, principalmente para os micronutrientes (Tabela 10). O mesmo foi observado em trabalho recente de Rezende et al. (2023), no qual esses autores aplicaram o método DRIS em duas fases fenológicas da cultivar Tommy Atkins (pós-colheita e pré-florescimento). Independentemente da fase fenológica, eles também verificaram maiores valores para a maioria dos teores ótimos estimados em comparação com valores estabelecidos na literatura mais antiga. Isso pode ser explicado pelas maiores exigências nutricionais das cultivares de manga na atualidade. Por se tratar de cultivares altamente produtivas, consequentemente a exigência nutricional será maior. É importante destacar que os teores e faixas ótimas do presente estudo foram estabelecidos a partir de pomares de manga altamente produtivos, pois as médias de produtividade das populações de referência foram de 51 Mg ha^{-1}, 45 Mg ha^{-1} e 59 Mg ha^{-1} para as cultivares Tommy Atkins, Kent e Palmer, respectivamente. Além disso, é provável que o nível tecnológico dos pomares de mangueira, na época em que os teores ótimos foram estabelecidos por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997) e por Quaggio (1996), fosse inferior ao dos pomares cultivados atualmente.

Foi observado que os métodos DRIS e CND proporcionaram faixas ótimas com menor amplitude para os macronutrientes e faixas ótimas com maiores amplitudes para os micronutrientes, independentemente da cultivar (Tabela 10). Tendência semelhante foi observada por Souza et al. (2023) para a cultura da soja. Maiores amplitudes podem ser explicadas pela maior variabilidade apresentada pelos micronutrientes, conforme mostra a Tabela 4, uma vez que a determinação das faixas ótimas foi feita com base no teor ótimo estimado ± 2/3 do desvio padrão do nutriente na população de referência. Teixeira et al. (2021) explicaram que faixas de suficiência mais amplas aumentam a probabilidade de se obter o teor de um nutriente, numa determinada amostra, dentro desta faixa. Em contrapartida, essa probabilidade diminui quando a faixa ótima possui menor amplitude, e isso é desejável pois aumenta a precisão do diagnóstico. Em outras palavras, com maiores amplitudes, um dado nutriente pode ser diagnosticado como equilibrado, quando na verdade ele pode estar deficiente ou em excesso, refletindo diretamente na produtividade.

Os métodos DRIS e CND também possibilitaram a determinação do teor ótimo foliar e da faixa ótima foliar de níquel (Ni) para as três cultivares de manga estudadas (Tabela 10). Com isso, o presente estudo contribui para o preenchimento de mais uma lacuna científica, uma vez que teores e faixas ótimas do referido nutriente, no nível foliar, ainda não haviam sido estabelecidos para mangueiras no Vale do São Francisco.

De acordo com o teste da razão de verossimilhança Qui-quadrado (Tabela 11), os métodos diagnósticos DRIS e CND foram concordantes entre si para a maioria dos nutrientes, nas três cultivares estudadas, exceto para Zn na cultivar Tommy Atkins, e para K e S na cultivar Kent. Na cultivar Palmer, os dois métodos foram concordantes para todos os nutrientes. Isso indica que os métodos DRIS e CND, utilizados no presente estudo, têm capacidades semelhantes de identificar possíveis excessos, deficiências e equilíbrios nutricionais.

Tabela 11. Teste de razão de verossimilhança Qui-quadrado dos métodos diagnósticos DRIS e CND para as cultivares Tommy Atkins, Kent e Palmer.

Nutriente	Tommy Atkins	Kent	Palmer
N	3,45^{ns}	7,58^{ns}	2,02^{ns}
P	4,86^{ns}	2,77^{ns}	4,29^{ns}
K	1,54^{ns}	12,21*	3,77^{ns}
Ca	2,50^{ns}	1,82^{ns}	7,61^{ns}
Mg	8,08^{ns}	0,75^{ns}	0,53^{ns}
S	0,61^{ns}	14,34**	3,03^{ns}
B	1,92^{ns}	2,63^{ns}	7,62^{ns}
Cu	3,61^{ns}	8,62^{ns}	3,73^{ns}
Fe	3,14^{ns}	4,83^{ns}	0,82^{ns}
Mn	6,53^{ns}	4,52^{ns}	1,71^{ns}
Zn	12,19*	1,68^{ns}	4,44^{ns}
Mo	2,48^{ns}	1,56^{ns}	1,49^{ns}
Ni	1,98^{ns}	1,89^{ns}	6,69^{ns}

* e ** = significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente. ns = não significativo.

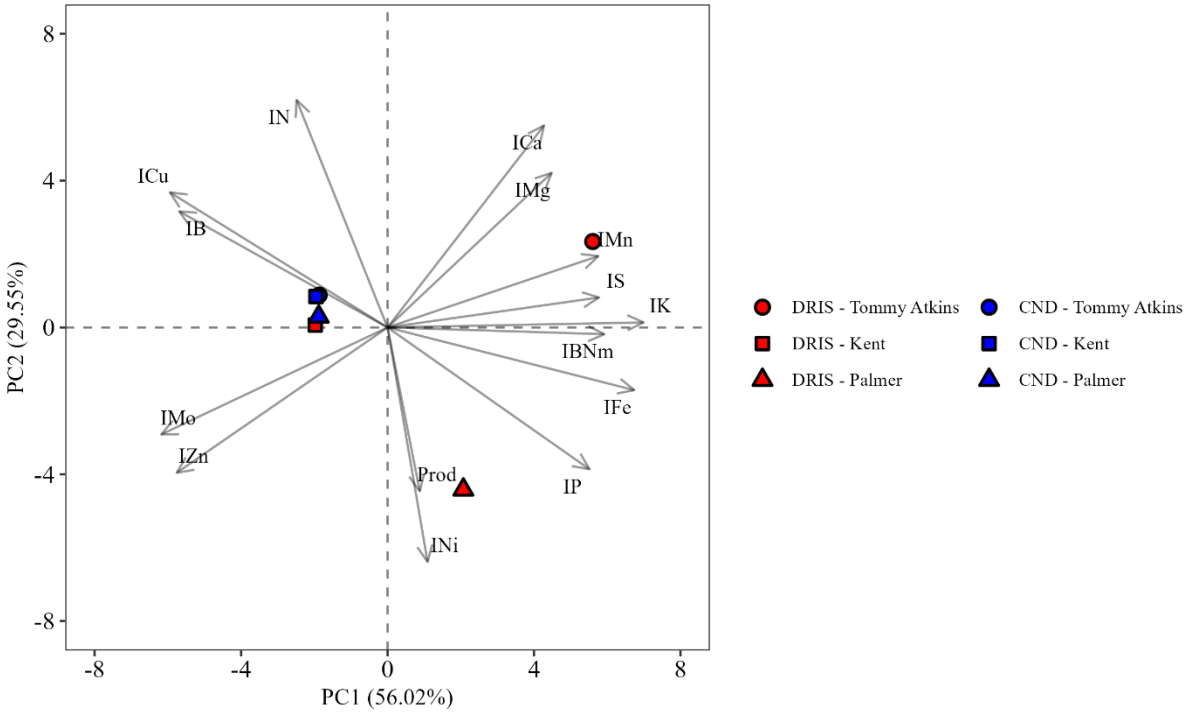
Nesse contexto, Rezende et al. (2024) avaliaram diversos métodos diagnósticos para as cultivares de manga Tommy Atkins, Kent e Keitt. Nesse estudo, um dos métodos utilizados foi o DRIS desenvolvido por Beaufils (1973) e atualizado por Maia (1999), o qual os autores denominaram de DRIS-Beaufils (DB) e foi o mesmo método usado no presente estudo. Esses autores também observaram concordâncias nos diagnósticos obtidos pelos métodos DRIS e

CND, exceto para alguns micronutrientes. A mesma tendência foi observada no estudo de Silva (2021) com a cultura da videira no Vale do São Francisco, no qual houve divergência entre os métodos DRIS e CND apenas para o Mg. Outros estudos também observaram diagnósticos semelhantes entre os métodos DRIS e CND para pessegueiro e nectarina (ABBASI-KARVANEH et al., 2024) e soja (SOUZA et al., 2023).

No presente estudo, o teste Qui-quadrado foi aplicado a partir da classificação do estado nutricional dos talhões em cinco categorias do Potencial de Resposta à Adubação – PRA (p, pz, z, nz, n). Com base nisso, Politi et al. (2013) verificaram que, ao utilizar cinco categorias de classificação do estado nutricional da mangueira, o grau de concordância entre os métodos DRIS e CND foi superior a 70% em 98% dos casos. Também constataram que, ao reduzir para três o número de categorias do estado nutricional, o grau de concordância entre os métodos DRIS e CND foi ainda maior. Esses autores explicaram que, ao diminuir de cinco para três o número de categorias, consequentemente diminui-se a possibilidade de classificações divergentes. Isso indica que, se fossem utilizadas três categorias no presente estudo, a concordância entre os métodos diagnósticos utilizados seria ainda maior. Portanto, os métodos DRIS e CND se mostraram eficientes na detecção de desequilíbrios nutricionais e podem ser recomendados para diferentes cultivares de mangueira.

A Figura 1 mostra a análise de componentes principais (PCA) dos índices nutricionais, do IBNm, da produtividade e dos métodos diagnósticos DRIS e CND para as três cultivares de mangueira Tommy Atkins, Kent e Palmer. O biplot dá ênfase nas duas primeiras componentes principais (PC1 e PC2), as quais explicaram 85,57% da variabilidade total dos dados, sendo que a PC1 explicou 56,02%, enquanto a PC2 explicou 29,55%. Para as três cultivares estudadas, o método CND constituiu a PC1, entretanto ficou muito próximo do centro dos eixos, indicando pouca contribuição deste método na variabilidade dos dados e na relação com os índices nutricionais (vetores). O método DRIS para a cultivar Kent teve maior contribuição em uma terceira componente principal (dados não mostrados), não se correlacionando com nenhuma das variáveis. Já o método DRIS aplicado nas cultivares Tommy Atkins e Palmer mostrou maior contribuição, uma vez que esses pontos estão mais afastados do centro dos eixos. Todavia, o método DRIS na cultivar Tommy Atkins constituiu a PC1, enquanto o DRIS na cultivar Palmer constituiu a PC2.

Figura 1. Análise de Componentes Principais dos índices nutricionais (IN, IP, IK, ICa, IMg, IS, IB, ICu, IFe, IMn, IZn, IMo e INi), do índice de balanço nutricional médio (IBNm), da produtividade (Prod), e dos métodos diagnósticos DRIS e CND para as cultivares de mangueira Tommy Atkins, Kent e Palmer.



Em relação às variáveis (vetores), todas elas contribuíram na formação das duas primeiras componentes principais (Figura 1). As variáveis IP, IK, IMg, IS, IB, ICu, IFe, IMn, IZn, IMo e IBNm contribuíram para a PC1, com cargas positivas e negativas maiores que 0,64. Já as variáveis IN, ICa, INi e produtividade contribuíram para a PC2, com cargas positivas e negativas maiores que 0,64.

Em linhas gerais, é possível perceber que os índices nutricionais estão mais correlacionados com o método DRIS para as cultivares Tommy Atkins e Palmer. Isso não significa que o método CND é ineficaz na identificação de desequilíbrios nutricionais, pois, como discutido anteriormente, ambos os métodos se mostraram convergentes pelo teste da razão de verossimilhança Qui-quadrado (Tabela 11). No entanto, esses resultados podem sugerir maior sensibilidade do método DRIS em relação ao CND para cultivares de mangueira. Resultados semelhantes foram encontrados por Rezende et al. (2024), os quais testaram diferentes métodos diagnósticos e também perceberam maior relação dos índices nutricionais com os métodos DRIS e DRIS-modificado em comparação com o método CND.

Porém, a sensibilidade de um determinado método diagnóstico pode variar em função da cultura a ser diagnosticada. Lima Neto et al. (2022) concluíram que tanto o DRIS quanto o CND foram eficientes no diagnóstico nutricional da banana “Prata”. Ainda assim, o CND se sobrepôs ao DRIS, pois foi capaz de explicar melhor as variações da produtividade em função do balanço de nutrientes. E Souza et al. (2023) também perceberam maior sensibilidade do método CND em relação ao DRIS na avaliação do estado nutricional da cultura da soja.

Também foi possível observar que o vetor do IBNm contribuiu para a PC1 (carga 0,85), enquanto o vetor da produtividade (Prod) contribuiu para a PC2 (carga -0,64) (Figura 1). Ou seja, essas duas variáveis são ortogonais, indicando que não houve correlação direta entre ambas. O IBNm é um indicador do equilíbrio nutricional, de maneira que, quanto maior o IBNm, mais desequilibrada nutricionalmente está a lavoura. Quando o IBNm não apresenta correlação com a produtividade, ou apresenta baixa correlação, isso significa que outros fatores não nutricionais também têm influenciado a produtividade (LIMA NETO et al., 2022; TANIGUCHI et al., 2024; VILLASEÑOR et al., 2020). Ao aplicarem o DRIS na cultivar de manga Keitt, Tullio e Rozane (2022) também verificaram baixa correlação (5,0%) entre a produtividade e o IBNm. Esses autores justificaram que o IBNm não ofereceu informações suficientes para determinar se a produtividade foi influenciada majoritariamente pelo equilíbrio de nutrientes.

Considerando que os métodos DRIS e CND foram altamente concordantes pelo teste Qui-quadrado e que o DRIS se mostrou mais correlacionado com os índices nutricionais pela PCA, optou-se por utilizar apenas o diagnóstico obtido pelo DRIS para calcular a frequência média do PRA (Tabela 12). Na cultivar Tommy Atkins, os nutrientes mais limitantes por deficiência foram Mo, o qual apresentou resposta positiva a adubação (p + pz) em 45% dos pomares avaliados, seguido por Zn (36%) e Cu (33%). Na cultivar Kent, o percentual de talhões com resposta positiva a adubação não passou de 29%, mesmo somando “p” e “pz”. Ainda assim, percebe-se que os micronutrientes Cu, Mo e Zn foram os mais deficientes, além do S. Na cultivar Palmer, os nutrientes que se destacaram por deficiência foram Mn (35%), Zn (35%) e Mo (30%). Os nutrientes mais limitantes por excesso foram Cu e Mn na cultivar Tommy Atkins, os quais apresentaram resposta negativa a adubação (n + nz) em 33% dos pomares. Na cultivar Kent, os nutrientes mais excessivos foram Cu (38%), B (37%) e Mn (31%). E na cultivar Palmer, os nutrientes que se destacaram por excesso foram Ni (40%), Zn (35%), Fe (30%) e Mn (30%).

Tabela 12. Frequência média (%) do Potencial de Resposta à Adubação (PRA) dos nutrientes N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn, Zn, Mo e Ni para as cultivares de manga Tommy Atkins, Kent e Palmer.

Nutriente	Tommy Atkins					Kent					Palmer				
	p	pz	z	nz	n	p	pz	z	nz	n	p	pz	z	nz	n
N	0	15	79	6	0	6	6	81	6	0	5	15	70	10	0
P	6	9	67	12	6	0	16	66	13	6	5	0	85	5	5
K	3	9	73	6	9	0	13	66	13	9	0	10	80	10	0
Ca	12	3	64	12	9	0	9	84	3	3	10	0	85	5	0
Mg	3	9	82	6	0	13	6	69	9	3	15	5	70	10	0
S	0	9	82	3	6	16	13	69	3	0	5	0	85	10	0
B	9	3	79	6	3	6	9	47	31	6	0	15	70	15	0
Cu	18	15	33	18	15	16	13	34	22	16	15	10	60	10	5
Fe	0	3	70	12	15	6	9	66	19	0	0	10	60	5	25
Mn	0	15	52	24	9	9	6	53	9	22	15	20	35	5	25
Zn	6	30	36	12	15	13	13	53	6	16	15	20	30	10	25
Mo	33	12	36	15	3	9	19	47	9	16	5	25	45	15	10
Ni	9	15	52	15	9	6	16	56	19	3	10	10	40	35	5

p = resposta positiva a adubação com alta probabilidade. pz = resposta positiva a adubação com baixa probabilidade. z = resposta nula a adubação. nz = resposta negativa a adubação com baixa probabilidade. n = resposta negativa a adubação com alta probabilidade.

Em linhas gerais, percebe-se que os micronutrientes, principalmente Cu, Mn, Zn e Mo, foram os mais limitantes por deficiência, independentemente da cultivar. Outros estudos com aplicação do DRIS em mangueiras também diagnosticaram os micronutrientes como os mais deficientes (POLITI et al., 2013; REZENDE et al., 2023; TULLIO; ROZANE, 2022). Rezende et al. (2023) identificaram os micronutrientes Mn, Mo e Zn, além de alguns macronutrientes como Ca, K, P e N, como os mais deficientes na fase de pós-colheita da cultivar Tommy Atkins. Por sua vez, Tullio e Rozane (2022) encontraram Zn, Cu e S como os nutrientes mais limitantes por deficiência na cultivar Keitt. No estudo de Politi et al. (2013) com a cultivar Tommy Atkins, Zn, Fe e Cu foram os mais deficientes, apresentando alta probabilidade de resposta positiva à adubação. Esses autores explicaram que, muitas vezes, esses micronutrientes não recebem a devida atenção, fazendo com que seus teores foliares fiquem abaixo do adequado em alguns pomares.

Na literatura, já é amplamente divulgado o efeito antagônico entre P e Zn na nutrição de plantas, uma vez que o excesso de P pode prejudicar a absorção de Zn (NADEEM et al., 2024; NATH et al., 2024; ZHANG et al., 2021). No presente estudo, uma das possíveis causas para a deficiência de Zn nos pomares de mangueira é o excesso de P. Embora o P tenha se mostrado excessivo em apenas 10% dos pomares de Palmer, esse percentual foi de 18% nos

pomares de Tommy Atkins e 19% nos pomares de Kent (Tabela 12), o que pode ter contribuído para a deficiência de Zn.

Alguns pomares apresentaram excesso de micronutrientes, principalmente Cu e Mn (Tabela 12). O mesmo foi observado por Rezende et al. (2023) e Politi et al. (2013). No caso do Cu, é recorrente em pomares comerciais o uso de fungicidas cúpricos no combate a doenças, o que pode ter contribuído para esse excesso. Também chama a atenção o excesso de B em 37% dos pomares da cultivar Kent. Nas fazendas onde foi realizado o presente estudo, faz-se várias aplicações de ácido bórico (17% de B), via foliar, na fase de indução floral. Essas sucessivas aplicações podem ter influenciado no excesso de B.

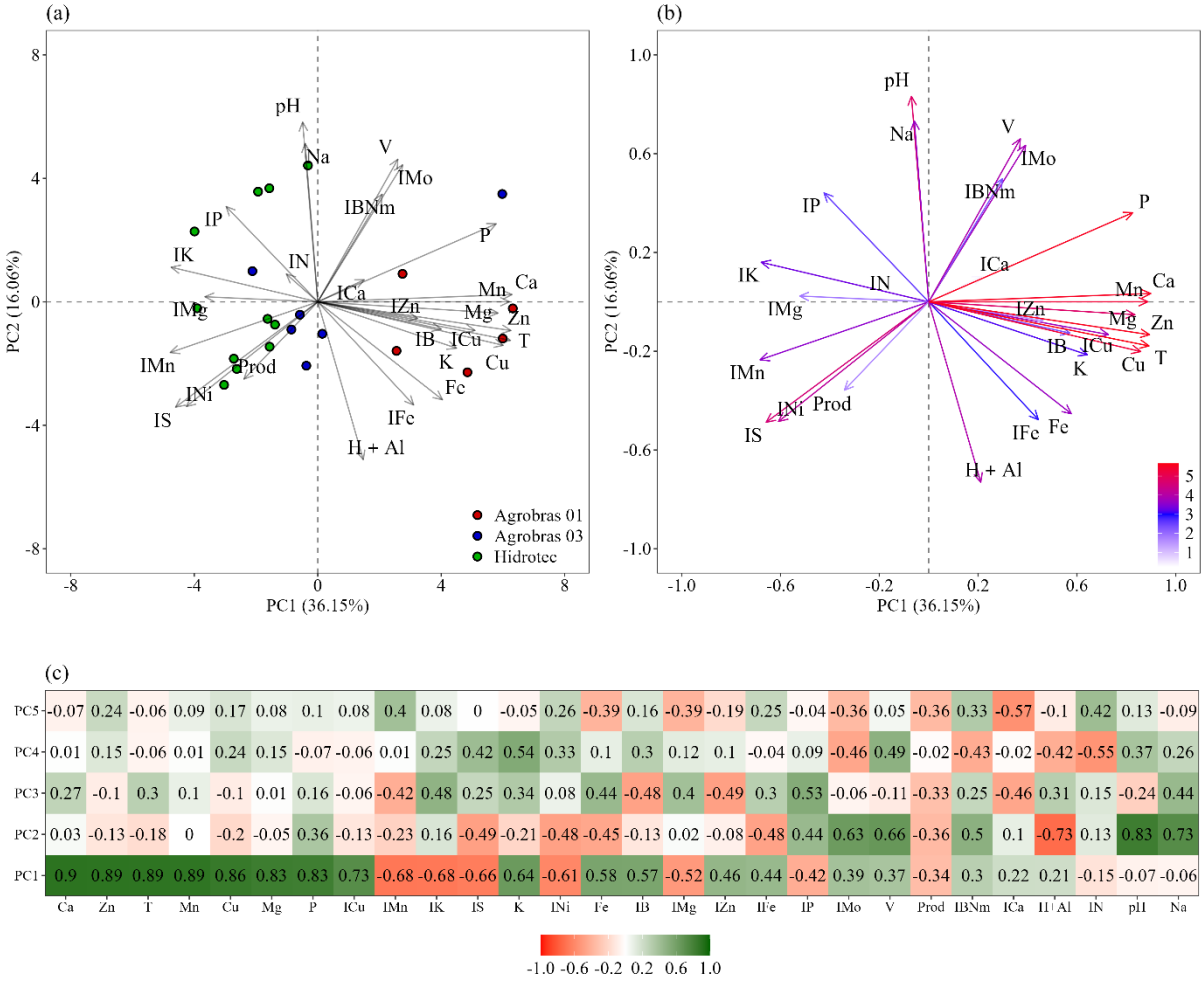
Tanto o N quanto o Ca se mostraram equilibrados na maioria dos pomares. Os percentuais de pomares com N equilibrado (z) foram 79%, 81% e 70% para as cultivares Tommy Atkins, Kent e Palmer, respectivamente. Para o Ca, esses valores foram 64% para Tommy Atkins, 84% para Kent e 85% para Palmer (Tabela 12). O N e o Ca são dois dos nutrientes mais exigidos pelas culturas frutíferas, incluindo a mangueira. O Ca desempenha um papel muito importante na manutenção da estrutura e função da parede e membrana celulares, conferindo maior firmeza e qualidade para as frutas (GAO et al., 2019; HOCKING et al., 2016). Por esta razão, é muito comum que, em pomares de mangueira, seja redobrada a atenção para o equilíbrio entre Ca e N nas folhas, tendo em vista que baixa relação Ca/N pode provocar um distúrbio fisiológico denominado “colapso interno”, o que reduz a qualidade da manga (CHENG et al., 2023). Isso justifica o fato desses nutrientes estarem equilibrados na maioria dos pomares, pois o N e o Ca são elementos prioritários na produção de manga.

Uma das maiores vantagens do DRIS é a possibilidade de hierarquização dos nutrientes mais limitantes. De acordo com o PRA (Tabela 12), os nutrientes limitantes por deficiência, em ordem decrescente, foram: Mo > Zn > Cu > Ni > N = P = Ca = Mn > K = Mg = B > S > Fe para a cultivar Tommy Atkins; S = Cu > Mo > Zn > Ni > Mg > P > B = Fe = Mn > K > N > Ca para a cultivar Kent; e Mn = Zn > Mo > Cu > N = Mg = Ni > B > K = Ca = Fe > P = S para a cultivar Palmer. Os nutrientes limitantes por excesso, em ordem decrescente, foram: Cu = Mn > Fe = Zn > Ni > Ca > P = Mo > K > S = B > N = Mg para a cultivar Tommy Atkins; Cu > B > Mn > Mo > K = Zn = Ni > P = Fe > Mg > N = Ca > S para a cultivar Kent; e Ni > Zn > Fe = Mn > Mo > B = Cu > N = P = K = Mg = S > Ca para a cultivar Palmer.

4.3 Análise multivariada dos índices DRIS e atributos do solo

Como a cultivar Kent era a única presente nas três maiores fazendas, conforme mostra a Tabela 2, optou-se por utilizá-la na análise multivariada a fim de verificar a relação entre os índices DRIS e os atributos do solo das fazendas. A Figura 2 mostra a PCA dos índices DRIS, do IBNm, da produtividade e dos atributos do solo para a cultivar Kent nas fazendas Agrobras 01, Agrobras 03 e Hidrotec. A PC1 explicou 36,15% da variância dos dados, enquanto a PC2 explicou 16,06%, totalizando 52,21% da variabilidade dos dados. É notório que houve uma separação clara entre as fazendas analisadas, principalmente entre Agrobras 01 e Hidrotec. Embora ambas as fazendas tenham contribuído mais para a formação da PC1, a Agrobras 01 está à direita, enquanto a Hidrotec está à esquerda (Figura 2a). Já a Agrobras 03 contribuiu mais em uma terceira componente principal (dados não mostrados), estando mais próxima do centro dos eixos. Por esta razão, dá-se ênfase às fazendas Agrobras 01 e Hidrotec.

Figura 2. Análise de Componentes Principais (PCA) dos índices DRIS, IBNm, produtividade e atributos do solo para a cultivar Kent nas fazendas Agrobras 01, Agrobras 03 e Hidrotec. Os painéis mostram (a) a variação dos pontos das fazendas ao longo das duas primeiras componentes principais (PC1 e PC2), (b) variação das cargas nos dois primeiros eixos e (c) matriz de componentes com fatores de carga para cada variável nas cinco primeiras PCs.



As variáveis que mais contribuíram para a formação da PC1 foram os índices DRIS IK, IS, ICu, IMn e INi, bem como os atributos do solo P, K, Ca, Mg, Cu, Mn, Zn e T, com cargas positivas e negativas maiores que 0,61. Para a PC2, as variáveis com maiores contribuições foram IMo, pH, H+Al, Na e V, com cargas positivas e negativas maiores que 0,63 (Figura 2b,c). As variáveis que mais se correlacionaram com a Agrobras 01 foram ICu e os atributos do solo P, K, Ca, Mg, Cu, Mn, Zn e T com cargas que variaram de 0,64 a 0,90. Por outro lado, as variáveis que mais se correlacionaram com a Hidrotec foram IK, IS, IMn e INi, com cargas que variaram de -0,61 a -0,68 (Figura 2b,c). Deu-se ênfase às variáveis com cargas maiores que 0,60 pois em uma PCA considera-se que cargas maiores que 0,75 são fortemente relevantes, cargas entre 0,75 e 0,50 são moderadamente relevantes, e cargas entre 0,50 e 0,30 são fracamente relevantes (LIU et al., 2020).

O fato de PC1 e PC2 terem explicado apenas 52,21% da variabilidade total dos dados pode indicar que as variáveis envolvidas na análise não possuem alta correlação entre si, tendo sua variância diluída em mais de duas componentes principais. Outra possível explicação é que a cultivar Kent apresentou menor correlação com os índices DRIS em comparação com as cultivares Tommy Atkins e Palmer, conforme demonstrado na Figura 1.

Os solos da fazenda Agrobras 01 são classificados como Argissolos e Latossolos (mais argilosos), enquanto os solos da Hidrotec são classificados como Neossolos Quartzarênicos (mais arenosos). Isso justifica o fato da variável T (capacidade de troca de cátions) estar apontando na mesma direção da Agrobras 01, enquanto a Hidrotec aponta para a direção oposta (Figura 2a). Como os solos da Agrobras 01 possuem maior T, isso também explica o porquê desta fazenda estar mais correlacionada com as bases trocáveis do solo (K, Ca e Mg), além de mostrar maior relação com teores de P e micronutrientes (Cu, Mn e Zn) no solo. Tudo isso indica uma maior fertilidade dos solos da Agrobras 01 em função do manejo de adubação. Por outro lado, como os vetores dos índices IK, IS, IMn e INi estão apontando na direção oposta a Agrobras 01, isso indica que pode estar havendo deficiência desses nutrientes nas folhas dos pomares da Agrobras 01, ou excesso nos pomares da Hidrotec.

Os altos teores de Ca nos solos da Agrobras 01 podem ter contribuído para diminuição da absorção de K pelas plantas (Figura 2). Segundo Cavalcante et al. (2019), quando a concentração de Ca no solo é adequada, ocorre um favorecimento na absorção de K. Entretanto, a absorção de K pode ser prejudicada quando há teores muito elevados de Ca no solo. O desequilíbrio nutricional de Cu nos pomares da Agrobras 01, revelado pelo índice

ICu, pode ser explicado tanto pelos altos teores de Cu no solo (Figura 2), como também pelo uso recorrente de fungicidas cúpricos em pomares de mangueira. O desequilíbrio nutricional de manganês (IMn) nos pomares da Hidrotec, e de enxofre (IS) nos pomares da Agrobras 01 (Figura 2), podem ser confirmados pela diagnose nutricional feita pelo DRIS em resultados anteriores, os quais mostraram que o Mn foi um dos nutrientes mais limitantes, não apenas por deficiência, mas também por excesso. O mesmo diagnóstico também mostrou o S como um dos nutrientes mais deficientes na cultivar Kent (Tabela 12). Outros estudos com mangueiras também detectaram o Mn como um dos nutrientes mais limitantes (POLITI et al., 2013; REZENDE et al., 2023).

Como explicado anteriormente, o Ca e o N são dois dos nutrientes mais exigidos pela cultura da mangueira. Apesar da aplicação intensiva desses nutrientes nos pomares, a PCA não detectou desbalanço para Ca e N, uma vez que os índices ICa e IN não apresentaram cargas relevantes nas componentes PC1 e PC2 (Figura 2c). Isso corrobora o diagnóstico feito no presente estudo, o qual mostrou que a maioria dos pomares, independentemente da cultivar, foi diagnosticado como equilibrado para Ca e N (Tabela 12).

5. CONCLUSÕES

Neste estudo, objetivou-se avaliar o estado nutricional das cultivares de mangueira Tommy Atkins, Kent e Palmer pelos métodos DRIS e CND na região do Submédio do Vale do São Francisco, visando o aumento da produtividade por meio da aplicação de fertilizantes de maneira eficiente.

Para a separação da população de referência, visando a obtenção das normas DRIS, notou-se que o critério 2 (média da produtividade + 0,5 desvio padrão) se mostrou como melhor método de divisão do banco de dados.

As normas DRIS para as cultivares de manga Tommy Atkins, Kent e Palmer foram estabelecidas na região do Submédio do Vale do São Francisco.

Os teores ótimos e faixas ótimas de nutrientes, no nível foliar, foram estabelecidos para as cultivares de mangueira estudadas, por meio de análise de regressão linear simples entre o conteúdo de nutrientes na folha e os índices DRIS e CND.

Os métodos DRIS e CND mostraram alta concordância no diagnóstico nutricional para as cultivares estudadas. Entretanto, o método DRIS se mostrou mais sensível na detecção de desequilíbrios nutricionais, uma vez que esteve mais correlacionado com os índices nutricionais em comparação com o método CND.

Os nutrientes limitantes por deficiência, em ordem decrescente, foram: Mo > Zn > Cu > Ni > N = P = Ca = Mn > K = Mg = B > S > Fe para a cultivar Tommy Atkins; S = Cu > Mo > Zn > Ni > Mg > P > B = Fe = Mn > K > N > Ca para a cultivar Kent; e Mn = Zn > Mo > Cu > N = Mg = Ni > B > K = Ca = Fe > P = S para a cultivar Palmer.

Os nutrientes limitantes por excesso, em ordem decrescente, foram: Cu = Mn > Fe = Zn > Ni > Ca > P = Mo > K > S = B > N = Mg para a cultivar Tommy Atkins; Cu > B > Mn > Mo > K = Zn = Ni > P = Fe > Mg > N = Ca > S para a cultivar Kent; e Ni > Zn > Fe = Mn > Mo > B = Cu > N = P = K = Mg = S > Ca para a cultivar Palmer.

Os nutrientes mais limitantes por deficiência nas três cultivares foram Cu, Mn, Zn e Mo, enquanto os nutrientes mais limitantes por excesso foram Cu e Mn.

Os índices DRIS ICu e os IK, IS, IMn e INi exibiram correlações positivas e negativas com os teores de P, K, Ca, Mg, Cu, Mn, Zn e T, respectivamente, para as condições de solo mais argilosos (Agrobras 01) e mais arenosos (Hidrotec).

Estudos futuros devem ser feitos com o intuito de estabelecer normas DRIS específicas considerando o tipo de solo e não apenas a cultivar, como foi realizado na presente pesquisa. Além disso, experimentos devem focar na validação das normas DRIS estabelecidas, considerando tratamentos com diferentes teores de um nutriente e a associação com os índices DRIS.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBASI-KARVANEH, Z.; RANJBAR, F.; BEHESHTI-ALAGHA, A.; SHARIFI, R.; CHAGHAZARDI, H. Improvement of iron chlorosis and nutrient balance in peach and nectarine trees under the integrated fertilization management using DOP, DRIS, and CND methods. **Scientia Horticulturae**, v. 338, p. 113697, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2024.113697>.

ABOU-AWAD, B. A.; AL-AZZAZY, M. M.; AFIA, S. I. Effect of the leaf coating mite *Cisaberoptus kenyae* Keifer (Acari: Eriophyidae) on the mineral content of the host mango plant *Mangiferae indica* L. **Archives of Phytopathology and Plant Protection**, v. 45, n. 1, p. 16–21, 2012. Disponível em: <https://doi.org/ 10.1080/03235400903309030>.

ALI, A. M. 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**, v. 49, n. 2, p. 188–201, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/00103624.2017.1421651>.

ALI, B. A.; ALFA, A. A.; TIJANI, K. B.; IDRIS, E. T.; UNOYIZA, U. S.; JUNAIDU, Y. Nutritional health benefits and bioactive compounds of *Mangifera indica* L (mango) leaves methanolic extracts. **Asian Plant Research Journal**, v. 6, n. 2, p. 41–51, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.9734/APRJ/2020/v6i230126>.

ALIYU, K. T.; HUISING, J.; KAMARA, A. Y.; JIBRIN, J. M.; MOHAMMED, I. B.; NZIGUHEBA, G.; ADAM, A. M.; VANLAUWE, B. Understanding nutrient imbalances in maize (*Zea mays* L.) using the diagnosis and recommendation integrated system (DRIS) approach in the Maize belt of Nigeria. **Scientific Reports**, v. 11, p. 16018, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41598-021-95172-7>.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013. Disponível em: <https://doi.org/ 10.1127/0941-2948/2013/0507>.

AMORIM, D. A.; FAVERO, A. C.; CONCEIÇÃO, M. P.; RODRIGUES, M. G. V.; RODRIGUES, J. B. B.; NATALE, W.; ROZANE, D. E. DRIS nutritional norms and sufficiency range for the perola pineapple cultivation. **Journal of Plant Nutrition**, p. 1–10, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/01904167.2024.2392027>.

BEAUFILS, E. R. **Diagnosis and recommendation integrated system (DRIS)**. Pietermaritizburg: University of Natal, 1973.

CALHEIROS, L. C. S.; FREIRE, F. J.; MOURA FILHO, G.; OLIVEIRA, E. C. A.; MOURA, A. B.; COSTA, J. V. T.; CRUZ, F. J. R.; SANTOS, A. S. Different criteria for determining DRIS standards influencing the nutritional diagnosis and potential fertilization response of sugarcane. **Australian Journal of Crop Science**, v. 12, n. 6, p. 995–1007, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.21475/ajcs.18.12.06.PNE1147>.

CAVALCANTE, A. C. P.; CAVALCANTE, L. F.; BERTINO, A. M. P.; CAVALCANTE, A. G.; LIMA NETO, A. J.; FERREIRA, N. M. Adubação com potássio e cálcio na nutrição e produção de goiabeira 'Paluma'. **Revista Ceres**, v. 66, n. 1, p. 54–62, 2019. Disponível em: <https://doi.org/ 10.1590/0034-737X201966010008>.

CHENG, Y.; XU, K.; WANG, Y.; WANG, Y.; ZHENG, X. Effects of preharvest bagging on soft nose disorder in mango (*Mangifera indica* L. cv. ‘Keitt’) during postharvest. **The Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, v. 98, n. 6, p. 799–806, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/14620316.2023.2209083>.

CHINNAPPAN, S. DRIS norms for identifying yield limiting micronutrients in cocoa under coconut intercropping systems. **Journal of Plant Nutrition**, v. 45, n. 8, p. 1214–1222, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/01904167.2021.1994592>.

DEVI, J.; BHAT, D.; WALI, V. K.; SHARMA, V.; SHARMA, A.; CHAND, G.; DEY, T. Preliminary the Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS) norms for evaluating the nutritional status of mango. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, v. 9, n. 5, p. 321–327, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2020.905.035>.

ELWALI, A. M. O.; GASCHO, G. J. Sugarcane response to P, K, and DRIS corrective treatments on Florida Histosols. **Agronomy Journal**, v. 75, n. 1, p. 79–83, 1983. Disponível em: <https://doi.org/10.2134/agronj1983.00021962007500010020x>.

EMBRAPA. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. 3. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2017.

FAGERIA, V. D. Nutrient interactions in crop plants. **Journal of Plant Nutrition**, v. 24, n. 8, p. 1269–1290, 2001. Disponível em: <https://doi.org/10.1081/PLN-100106981>.

GAO, Q.; XIONG, T.; LI, X.; CHEN, W.; ZHU, X.. Calcium and calcium sensors in fruit development and ripening. **Scientia Horticulturae**, v. 253, p. 412–421, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.04.069>.

GOMES, F. A. L.; SANTOS, A. S.; CAVALCANTE, I. H. L.; BORGES, M. C. R. Z.; SILVA, M. T. L.; MORAIS, W. S.; LOBO, J. T.; LIMA, A. M. N. Rootstocks on the nutritional status of seedlings of the main mango cultivars of the São Francisco Valley. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 55, n. 12, p. 1802–1818, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/00103624.2024.2329274>.

GUIMARÃES, F. C. N.; SERRA, A. P.; MARCHETTI, M. E.; ENSINAS, S. C.; ALTOMAR, P. H.; CONRAD, V. A.; POTRICH, D. C.; ROSA, C. B. C. J.; MARTINEZ, M. A.; MATOS, F. A. Nutrients optimum range (NOR) based on DRIS method to assess the nutritional status of the first ratoon sugarcane. **Australian Journal of Crop Science**, v. 9, n. 7, p. 638–645, 2015.

HALLMARK, W. B.; WALWORTH, J. L.; SUMNER, M. E.; MOOY, C. J.; PESEK, J.; SHAO, K. P. Fertilizer use efficiency: Separating limiting from non-limiting nutrients. **Journal of Plant Nutrition**, v. 10, n. 9–16, p. 1381–1390, 1987.

HOCKING, B.; TYERMAN, S. D.; BURTON, R. A.; GILLIHAM, M. Fruit calcium: transport and physiology. **Frontiers in Plant Science**, v. 7, n. 569, p. 1–17, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00569>.

HUNDAL, H. S.; SINGH, D.; BRAR, J. S. Diagnosis and Recommendation Integrated System for monitoring nutrient status of mango trees in submountainous area of Punjab, India. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 36, p. 2085–2099, 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/00103620500194460>.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Produção Agrícola Municipal 2023. **Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA)**, 2023. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5457>. Acesso em: 15/05/2024.

JONES, C. A. Proposed modifications of the diagnosis and recommendation integrated system (DRIS) for interpreting plant analyses. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 12, n. 8, p. 785–794, 1981. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/00103628109367194>.

KULDEEP; SINGH, A. K.; SAJWAN, A.; KAMBOJ, A. D.; JOSHI, G.; GAUTAM, R.; KUMAR, M.; MANI, G.; LAL, S.; KAUR, J. Advances in precision nutrient management of fruit crops. **Journal of Plant Nutrition**, p. 1–21, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/01904167.2024.2377411>.

KUMAR, M. N.; RAM, A. Tree age affects postharvest attributes and mineral content in Amrapali mango (*Mangifera indica*) fruits. **Horticultural Plant Journal**, v. 4, n. 2, p. 55–61, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.hpj.2018.01.005>.

KUMAR, M.; SAURABH, V.; TOMAR, M.; HASAN, M.; CHANGAN, S.; SASI, M.; MAHESHWARI, C.; PRAJAPATI, U.; SINGH, S.; PRAJAPAT, R. K.; DHUMAL, S.; PUNIA, S.; AMAROWICZ, R.; MEKHEMAR, M. Mango (*Mangifera indica* L.) leaves: nutritional composition, phytochemical profile, and health-promoting bioactivities. **Antioxidants**, v. 10, n. 299, p. 1–23, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/antiox10020299>.

LABAIED, M. B.; SERRA, A. P.; MIMOUN, M. B. Establishment of nutrients optimal range for nutritional diagnosis of mandarins based on DRIS and CND methods. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 49, n. 20, p. 2557–2570, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/00103624.2018.1526944>.

LAWSON, T.; LYCETT, G. W.; ALI, A.; CHIN, C. F. Characterization of Southeast Asia mangoes (*Mangifera indica* L) according to their physicochemical attributes. **Scientia Horticulturae**, v. 243, p. 189–196, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.08.014>.

LETZSCH, W. S.; SUMNER, M. E. Effect of population size and yield level in selection of Diagnosis and Recommendation Integrated System (Dris) norms. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 15, n. 9, p. 997–1006, 1984. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/00103628409367537>.

LIMA NETO, A. J.; NATALE, W.; ROZANE, D. E.; DEUS, J. A. L.; RODRIGUES FILHO, V. A. Establishment of DRIS and CND standards for fertigated ‘Prata’ banana in the Northeast, Brazil. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, v. 22, n. 1, p. 765–777, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s42729-021-00687-7>.

LIU, P.; WU, Z.; LUO, X.; WEN, M.; HUANG, L.; CHEN, B.; ZHENG, C.; ZHU, C.; LIANG, R. Pollution assessment and source analysis of heavy metals in acidic farmland of the karst region in southern China — A case study of Quanzhou County. **Applied Geochemistry**, v. 123, p. 104764, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2020.104764>.

MAIA, C. E. Análise crítica da fórmula original de Beaufils no cálculo dos índices DRIS: a constante de sensibilidade. In: WADT, P. G. S.; MALAVOLTA, E. (Org.). **Monitoramento nutricional para a recomendação de adubação de culturas**. Piracicaba: Potafos, 1999. p. 1–10.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S. A. Princípios, métodos e técnicas de avaliação do estado nutricional. In: MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. (Org.). **Avaliação do estado nutricional de plantas: Princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: Potafos, 1997. p. 115–230.

MALDONADO-CELIS, M. E.; YAHIA, E. M.; BEDOYA, R.; LANDÁZURI, P.; LOANGO, N.; AGUILLÓN, J.; RESTREPO, B.; OSPINA, J. C. G. Chemical composition of mango (*Mangifera indica* L.) fruit: nutritional and phytochemical compounds. **Frontiers in Plant Science**, v. 10, n. 1073, p. 1–21, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01073>.

MARQUES, A.; CHICAYBAM, G. ARAUJO, M. T.; MANHÃES, L. R. T.; SABAA-SRUR, A. U. O. Composição centesimal e de minerais de casca e polpa de manga (*Mangifera indica* L.) cv. Tommy Atkins. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 4, p. 1206–1210, 2010.

MEDEIROS, A. A.; AMORIM, J. R. A.; SILVA, D. J.; DANTAS, J. A.; GUERRA, A. G. Mineral composition of leaves and fruits of irrigated mango trees in Rio Grande do Norte State, Brazil. **Acta Horticulturae**, v. 1, n. 645, p. 403–410, 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2004.645.50>.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA (MAPA). MAPA Indicadores. **Estatísticas de Comércio Exterior do Agronegócio Brasileiro (AGROSTAT)**, 2024. Disponível em: <https://mapa-indicadores.agricultura.gov.br/publico/extensions/Agrostat/Agrostat.html>. Acesso em: 15/05/2024.

MORALES, J.; RODRÍGUEZ-CARRETERO, I.; MARTÍNEZ-ALCÁNTARA, B.; CANET, R.; QUIÑONES, A. DRIS norms and sufficiency ranges for persimmon ‘Rojo Brillante’ grown under mediterranean conditions in Spain. **Agronomy**, v. 12, p. 1269, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/agronomy12061269>.

NADEEM, F.; ABBAS, S.; WASEEM, F.; ALI, N.; MAHMOOD, R.; BIBI, S.; DENG, L.; WANG, R.; ZHONG, Y.; LI, X. Phosphorus (P) and Zinc (Zn) nutrition constraints: A perspective of linking soil application with plant regulations. **Environmental and Experimental Botany**, v. 226, p. 105875, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2024.105875>.

NAIK, S. K.; BHATT, B. P. Diagnostic leaf nutrient norms and identification of yield-limiting nutrients of mango in Eastern Plateau and Hill Region of India. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 48, n. 13, p. 1574–1583, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/00103624.2017.1374396>.

NATH, S.; DEY, S.; KUNDU, R.; PAUL, S. Phosphate and zinc interaction in soil and plants: a reciprocal cross-talk. **Plant Growth Regulation**, v. 104, n. 2, p. 591–615, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10725-024-01201-6>.

NTSOANE, M. L.; ZUDE-SASSE, M.; MAHAJAN, P.; SIVAKUMAR, D. Quality assesment and postharvest technology of mango: A review of its current status and future perspectives. **Scientia Horticulturae**, v. 249, p. 77–85, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.01.033>.

OKWU, D. E.; EZENAGU, V. Evaluation of the phytochemical composition of mango (*Mangifera indica* Linn) stem bark and leaves. **International Journal of Chemical Sciences**, v. 6, n. 2, p. 705–716, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.5555/20083264045>.

PACHECO, J. R. G.; VELANDIA, D. A. S.; CÁRDENAS, D. M. M. Applying DRIS methodology in lettuce using regression analysis to split the sample population. **Journal of Plant Nutrition**, v. 46, n. 10, p. 2289–2302, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/01904167.2022.2155554>.

PADILHA, C. V. S.; LIMA, M. S.; TOALDO, I. M.; PEREIRA, G. E.; BORDIGNON-LUIZ, M. T. Effects of successive harvesting in the same year on quality and bioactive compounds of grapes and juices in semi-arid tropical viticulture. **Food Chemistry**, v. 301, p. 125170, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125170>.

PARENT, L.E.; DAFIR, M. A Theoretical Concept of Compositional Nutrient Diagnosis. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 117, n. 2, p. 239–242, 1992. Disponível em: <https://doi.org/10.21273/jashs.117.2.239>.

POLITI, L. S.; FLORES, R. A.; SILVA, J. A. S.; WADT, P. G. S.; PINTO, P. A. C.; PRADO, R. M. Estado nutricional de mangueiras determinado pelos métodos DRIS e CND. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 1, p. 11–18, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s1415-43662013000100002>.

PRADO, R. M.; ROZANE, D. E. Leaf analysis as diagnostic tool for balanced fertilization in tropical fruits. In: SRIVASTAVA, A. K.; HU, C. (Org.). **Fruit Crops: Diagnosis and Management of Nutrient Constraints**. 1. ed. Amsterdam: Elsevier, 2020. p. 131–143.

PRINCEWILL-OGBONNA, I. L.; OGBONNA, P. C.; OGUJIOFOR, I. B. Proximate composition, vitamin, mineral and biologically active compounds levels in leaves of *Mangifera indica* (mango), *Persea americana* (avocado pea), and *Annona muricata* (sour sop). **Journal of Applied Sciences and Environmental Management**, v. 23, n. 1, p. 65–74, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.4314/jasem.v23i1.11>.

QUAGGIO, J. A. Adubação e calagem para a mangueira e qualidade dos frutos. In: SÃO JOSÉ, A. R. et al. (Org.). **Manga, tecnologia de produção e mercado**. Vitória da Conquista: DBZ/UESB, 1996. p. 106–135.

QUOC, K. N.; NHI, L. T. Y.; THANH, Q. L.; THANH, T. X. L. N.; VINH, T. L. Norms establishment of the Diagnosis and Recommendation Integrated System at preflowering in pineapple (*Ananas comosus* L.) and its verification in case of nutrient omission trial by two consecutive crops. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 54, n. 9, p. 1198–1214, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/00103624.2022.2138910>.

RAGHUPATHI, H. B.; REDDY, Y. T. N.; REJU, M. K.; BHARGAVA, B. S. Diagnosis of nutrient imbalance in mango by DRIS and PCA approaches. **Journal of Plant Nutrition**, v. 27, n. 7, p. 1131–1148, 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.1081/PLN-120038540>.

RAGHUPATHI, H. B.; SHILPASHREE, V. M. Multivariate interpretation of the foliar chemical composition of essential nutrients in mango under Peninsular India. **Indian Journal of Horticulture**, v. 75, n. 1, p. 15–20, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.5958/0974-0112.2018.00003.8>.

RAJ, G. B.; RAO, A. P. Identification of yield - limiting nutrients in mango through DRIS indices. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 37, p. 1761–1774, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/00103620600710587>.

REZENDE, J. S.; FREIRE, F. J.; SILVA, S. R. V.; MUSSER, R. S.; CAVALCANTE, I. H. L.; SALDANHA, E. C. M.; SANTOS, R. L.; CUNHA, J. C. Establishment of specific DRIS standards for mango cultivars Tommy Atkins, Kent and Keitt compared to generic standards in the Sub-Middle São Francisco Valley. **Journal of Plant Nutrition**, v. 45, n. 17, p. 2627–2654, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/01904167.2022.2064294>.

REZENDE, J. S.; FREIRE, F. J.; SILVA, S. R. V.; MUSSER, R. S.; CAVALCANTE, I. H. L.; SALDANHA, E. C. M.; SANTOS, R. L.; CUNHA, J. C. Nutritional diagnosis of mango plants post-harvest in anticipation of pre-flowering avoids nutritional stress. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 27, n. 5, p. 359–366, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v27n5p359-366>.

REZENDE, J. S.; FREIRE, F. J.; SILVA, S. R. V.; MUSSER, R. S.; CAVALCANTE, I. H. L.; SALDANHA, E. C. M.; SANTOS, R. L.; CUNHA, J. C. Nutritional balance in mango plants in the Brazilian semiarid using nutritional diagnostic methods. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 28, n. 11, p. e277397, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v28n11e277397>.

RIETRA, R. P. J. J.; HEINEN, M.; DIMKPA, C. O.; BINDRABAN, P. S. Effects of nutrient antagonism and synergism on yield and fertilizer use efficiency. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 48, n. 16, p. 1895–1920, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/00103624.2017.1407429>.

RODRIGUES FILHO, V. A.; NEVES, J. C. L.; DONATO, S. L. R.; GUIMARÃES, B. V. C. Universality of Kenworthy and DRIS norms for prata and cavendish bananas grown in two environments. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 45, p. e0200120, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.36783/18069657rbcs20200120>.

ROZANE, D. E.; PAULA, B. V.; MELO, G. W. B.; SANTOS, E. M. H.; TRENTIN, E.; MARCHEZAN, C.; SILVA, L. O. S.; TASSINARI, A.; DOTTO, L.; OLIVEIRA, F. N.; NATALE, W.; BALDI, E.; TOSELLI, M.; BRUNETTO, G. Compositional nutrient diagnosis (CND) applied to grapevines grown in subtropical climate region. **Horticulturae**, v. 6, n. 3, p. 1–13, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/horticulturae6030056>.

RYMBAI, H.; DESHMUKH, N. A.; RAMESH, T.; VERMA, V. K.; BAISWAR, P.; MAWLEIN, J.; TALANG, H. D.; DUTTA, S. K.; CHOUDHURY, B. U.; HAZARIKA, S.; MISHRA, V. K. DRIS standards for identifying yield-limiting nutrients in Khasi Mandarin and their relationship with fruit yield on acidic soil of the eastern Himalayas, India. **Journal of Plant Nutrition**, v. 47, n. 8, p. 1331–1346, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/01904167.2024.2308193>.

SAVITA, B.; KRISHNAPPA, R.; NGANGOM, B.; DEVI, M. T.; MISHRA, G.; RAWAT, D.; SRIVASTAVA, P. C. Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS) approach on nutritional diagnosis in fruit crops - a review. **Journal of Applied and Natural Science**, v. 8, n. 4, p. 2337–2345, 2016.

SERRA, A. P.; MARCHETTI, M. E.; ROJAS, E. P.; MORAIS, H. S.; CONRAD, V. A.; GUIMARÃES, F. C. N. Estabelecimento de normas DRIS para o algodoeiro com diferentes critérios de seleção da população de referência. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n. 11, p. 1472–1480, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2013001100008>.

SERRA, A. P.; MARCHETTI, M. E.; ROJAS, E. P.; VITORINO, A. C. T. Beaufils ranges to assess the cotton nutrient status in the southern region of Mato Grosso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, n. 1, p. 171–182, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s0100-06832012000100018>.

SILVA, G. P.; PRADO, R. M.; WADT, P. G. S.; MODA, L. R.; CAIONE, G. Accuracy of nutritional diagnostics for phosphorus considering five standards by the method of diagnosing nutritional composition in sugarcane. **Journal of Plant Nutrition**, v. 43, n. 10, p. 1485–1497, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/01904167.2020.1730902>.

SILVA, S. R. V. **Diagnose nutricional da videira cultivada no Vale do Submédio São Francisco**. 2021. 111f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

SILVA, S. R.V.; FREIRE, F. J.; REZENDE, J. S.; SANTOS, R. L.; CUNHA, J. C. Nutritional status and quality of table grapes cultivated in Submédio São Francisco Valley. **Revista Brasileira de Engenharia Agricola e Ambiental**, v. 27, n. 5, p. 415–421, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v27n5p415-421>.

SOUZA, H. A.; ROZANE, D. E.; VIEIRA, P. F. M. J.; SAGRILO, E.; LEITE, L. F. C.; BRITO, L. C. R.; CONCEIÇÃO, M. P.; FERREIRA, A. C. M. Accuracy of DRIS and CND methods and nutrient sufficiency ranges for soybean crops in the Northeast of Brazil. **Acta Scientiarum - Agronomy**, v. 45, p. e59006, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v45i1.59006>.

TADAYON, M. S.; SAGHAFI, K.; SADEGHI, S. Determining the compositional nutrient diagnosis (CND) norms and main nutrient interactions in “Valencia” orange orchards on calcareous soils. **Journal of Plant Nutrition**, v. 45, n. 16, p. 2499–2514, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/01904167.2022.2063736>.

TANIGUCHI, C. A. K.; ROZANE, D. E.; SERRANO, L. A. L.; ARTUR, A. G.; NATALE, W. DRIS norms for nutritional diagnosis of dwarf cashew. **Journal of Plant Nutrition**, p. 1–10, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/01904167.2024.2377819>.

TEIXEIRA, M. B.; DONATO, S. L. R.; SILVA, J. A.; DONATO, P. E. R. Reference values for nutritional diagnosis of ‘gigante’ cactus pear by DRIS and BIK methods. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 45, p. e010721, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1413-7054202145010721>.

TENREIRO, I. G. P.; SÁ, M. H. C.; SOUZA, I. M.; SILVA, K. A.; CAVALCANTE, I. H. L.; FREITAS, S. T.; LIMA, A. M. N.; RODRIGUES, M. S.; SOUSA, K. S. M. Calcium fertilization strategy to improve production and quality of ‘Tommy Atkins’ mango in semi-arid conditions. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 54, n. 22, p. 3089–3100, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/00103624.2023.2254340>.

THARANATHAN, R. N.; YASHODA, H. M.; PRABHA, T. N. Mango (*Mangifera indica* L.), “The King of Fruits” - an overview. **Food Reviews International**, v. 22, n. 2, p. 95–123, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/87559120600574493>.

TULLIO, L.; ROZANE, D. E. DRIS norms for ‘Keitt’ mango in the Brazilian semiarid region: diagnosis and validation. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 44, n. 5, p. 1–13, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0100-29452022117>.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA). FoodData Central, 2020. Disponível em: < https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/169910/nutrients >. Acesso em: 16/06/2020.

URANO, E. O. M.; KURIHARA, C. H.; MAEDA, S.; VITORINO, A. C. T.; GONÇALVES, M. C.; MARCHETTI, M. E. Determinação de teores ótimos de nutrientes em soja pelos métodos chance matemática, sistema integrado de diagnose e recomendação e diagnose da composição nutricional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 63–72, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s0100-06832007000100007>.

VILLASEÑOR, D.; PRADO, R. M.; SILVA, G. P.; CARRILLO, M.; DURANGO, W. DRIS norms and limiting nutrients in banana cultivation in the South of Ecuador. **Journal of Plant Nutrition**, v. 43, n. 18, p. 2785–2796, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/01904167.2020.1793183>.

VILLASEÑOR-ORTIZ, D.; PRADO, R. M.; SILVA, G. P.; LATA-TENESACA, L. F. Applicability of DRIS in bananas based on the accuracy of nutritional diagnoses for nitrogen and potassium. **Scientific Reports**, v. 12, p. 18125, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41598-022-22554-w>.

WADT, P. G. S.; NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; FONSECA, S.; BARROS, N. F.; DIAS, L. E. Três métodos de cálculo do DRIS para avaliar o potencial de resposta à adubação de árvores de eucalipto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 22, p. 661–666, 1998.

WADT, P. G. S.; SILVA, D. J. Acurácia do diagnóstico nutricional de pomares de mangueiras obtido por três fórmulas DRIS. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n. 10, p. 1180–1188, 2010.

WADT, P. G. S.; SILVA, D. J.; MAIA, C. E.; TOMÉ JÚNIOR, J. B.; PINTO, P. A. C.; MACHADO, P. L. O. A. Modelagem de funções no cálculo dos índices DRIS. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 1, p. 57–64, 2007.

WALWORTH, J. L.; SUMNER, M. E. The Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS). In: STEWART, B. A. (Org.). **Advances in Soil Science**. 1. ed. New York: Springer-Verlag, 1987. p. 149–188.

YAHIA, E. M.; ORNELAS-PAZ, J. J.; BRECHT, J. K.; GARCÍA-SOLÍS, P.; MALDONADO-CELIS, M. E. The contribution of mango fruit (*Mangifera indica* L.) to human nutrition and health. **Arabian Journal of Chemistry**, v. 16, p. 104860, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2023.104860>.

ZHANG, W.; ZHANG, W.; WANG, X.; LIU, D.; ZOU, C.; CHEN, X. Quantitative evaluation of the grain zinc in cereal crops caused by phosphorus fertilization. A meta-analysis. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 41, n. 6, p. 1–12, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s13593-020-00661-0>.

APÊNDICE A – Manejo da adubação nas fazendas da Empresa Agrobras Agrícola Tropical do Brasil

Fertirrigação: realizada semanalmente pelo sistema de irrigação por microaspersão.

Matéria orgânica: 40 L de esterco por planta na fase de pós-colheita.

Nitrogênio:

60% após a colheita, 20% no pegamento dos frutos até a primeira queda fisiológica, 20% após o pegamento dos frutos.

Fonte: Ureia (46% de N) e MAP (11% de N) na pós-colheita. Nitrato de cálcio (16% de N) e MAP na fase de produção.

Fósforo:

50% após a colheita. 50% na fase de produção.

Fonte: MAP (60,8% de P)

Potássio:

12,5% após a colheita; 37,5% antes da indução floral; 10% na floração; 25% no pegamento dos frutos; 15% após o pegamento dos frutos.

Fonte: cloreto de potássio (60% de K) e sulfato de potássio (50% de K, 15% de S) na fase de pós-colheita e antes da indução floral até o pós-pegamento dos frutos.

Cálcio:

Calcário e gesso agrícola, antes da indução floral.

Deve-se elevar a saturação por bases para 70%.

Fonte: calcário, gesso agrícola, nitrato de cálcio (24,4% de Ca), cloreto de cálcio (27% de Ca).

Magnésio:

Correção da saturação de Mg para 20% com óxido de magnésio e sulfato de magnésio.

Fonte: sulfato de magnésio e óxido de magnésio.

Fontes de Micronutrientes:

Boro: ácido bórico, (17% de B);

Zinco: sulfato de zinco (20% de Zn, 9% de S); zinco quelatizado;

Ferro: ferro quelatizado;

Manganês: sulfato de manganês (30% de Mn, 16% de S).

Adubação foliar:

Na fase de pós-colheita, aplica-se ureia, sulfato de zinco e sulfato de magnésio.

Na fase de crescimento vegetativo, aplica-se quelatos de zinco, de manganês e de ferro, além do macrofol N400 (fonte de N).

Maturação dos ramos: sulfato de potássio.

Na fase de indução floral, aplica-se nitrato de cálcio, ácido bórico e sulfato de zinco.

APÊNDICE B – Atributos químicos do solo das fazendas Agrobras-01, Agrobras-03 e Hidrotec no Submédio do Vale do São Francisco

Apêndice B. Atributos químicos do solo das fazendas Agrobras-01, Agrobras-03 e Hidrotec no Submédio do Vale do São Francisco.

Fazenda	Pomar	pH	P	H+Al	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+	T	V	Cu^{2+}	Fe^{2+}	Mn^{2+}	Zn^{2+}
		-	mg dm^{-3}	---------- $cmol_c$ dm^{-3} ----------						%	---------- mg dm^{-3} ----------			
Agrobras-01	A1V9	6,2	76,4	2,3	0,5	8,0	1,8	0,03	12,6	82,1	22,6	225,9	153,9	201,9
Agrobras-01	A2V1	6,5	126,8	2,3	0,3	8,3	3,3	0,03	14,3	83,9	17,2	242,4	127,7	171,9
Agrobras-01	A2V2	6,8	87,3	0,9	0,3	4,9	1,5	0,03	7,6	88,7	13,0	168,1	83,9	104,6
Agrobras-01	A2V3	6,1	105,8	1,8	0,4	4,6	1,2	0,03	8,1	77,8	19,6	199,6	84,0	130,4
Agrobras-01	A2V13	6,1	131,6	2,5	0,5	11,3	2,0	0,06	16,3	84,8	16,6	279,7	106,6	133,0
Agrobras-03	A1V10	6,5	82,2	2,1	0,3	4,5	0,7	0,12	7,8	72,0	3,1	197,3	45,0	30,0
Agrobras-03	A1V12	6,3	143,9	2,4	0,2	10,1	1,6	0,08	14,5	83,2	8,3	230,1	147,9	101,1
Agrobras-03	A2V1	6,0	45,9	2,1	0,3	5,1	1,1	0,05	8,6	75,4	4,2	276,4	53,7	40,8
Agrobras-03	A2V2	6,5	20,3	1,8	0,5	6,3	1,6	0,07	10,2	82,0	6,1	229,7	62,2	22,5
Agrobras-03	A2V3	6,0	75,8	2,1	0,3	4,5	1,0	0,04	8,1	73,6	2,9	251,8	77,3	34,9
Agrobras-03	A2V4	5,7	41,5	2,4	0,3	5,0	1,1	0,03	8,9	73,2	4,3	217,7	76,1	44,8
Hidrotec	A1V3	5,8	14,5	1,8	0,1	2,9	0,7	0,03	5,5	66,7	1,7	162,9	26,9	17,7
Hidrotec	A1V4	6,3	23,2	1,8	0,2	4,8	1,7	0,03	8,5	79,3	1,8	186,2	40,8	38,4
Hidrotec	A1V5	5,7	16,0	1,7	0,1	2,8	0,6	0,03	5,2	68,1	1,7	134,7	31,9	24,1
Hidrotec	A1V6	6,3	8,3	2,2	0,1	1,7	0,3	0,03	4,3	49,3	1,7	187,4	11,9	6,9
Hidrotec	A1V9	6,2	26,9	1,8	0,4	3,5	0,8	0,08	6,5	71,6	2,0	192,3	55,3	49,9
Hidrotec	A1V10	5,9	20,7	4,0	0,1	1,7	0,3	0,01	6,1	35,2	0,9	84,9	43,8	23,5
Hidrotec	A1V11	6,5	23,2	1,7	0,3	4,4	0,8	0,05	7,2	76,2	1,6	147,0	51,2	21,4
Hidrotec	A1V12	8,0	48,0	0,0	0,2	2,6	0,8	0,09	3,7	100,0	2,1	89,1	60,5	30,0
Hidrotec	A1V15	7,1	90,0	0,0	0,2	6,5	1,1	0,11	7,9	100,0	3,2	76,0	35,9	42,9
Hidrotec	A1V16	7,5	59,0	0,0	0,2	2,8	0,7	0,07	3,8	100,0	2,4	75,5	39,1	27,7
Hidrotec	A1V17	6,8	67,0	0,5	0,2	1,4	0,6	0,05	2,7	82,0	0,8	84,1	70,1	33,7