

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Meio-Norte
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Solos Sustentáveis para a Agricultura no Nordeste

*Henrique Antunes de Souza
Luiz Fernando Carvalho Leite
João Carlos Medeiros*

Editores Técnicos

Embrapa
Brasília, DF
2021

Parte IV

**Solos sustentáveis para a
agricultura do bioma Mata
Atlântica do Nordeste**

Capítulo 2

MANEJO DA FERTILIDADE DO SOLO E ESTADO NUTRICIONAL DE FRUTEIRAS NO BIOMA MATA ATLÂNTICA DO NORDESTE BRASILEIRO

William Natale

Danilo Eduardo Rozane

Márcio Cleber de Medeiros Corrêa

Ronialison Fernandes Queiroz

Henrique Antunes de Souza

Antonio João de Lima Neto

Introdução

A fotossíntese é o processo que mantém a vida no planeta. É uma reação bioquímica muito antiga (cerca de 2 bilhões de anos), a qual permitiu o aparecimento e a manutenção da vida. Apesar de antiga, como todo processo natural, houve aperfeiçoamento e evolução, a fim de que a eficiência atingisse o máximo possível.

O ser humano tirou proveito da capacidade fotossintética dos vegetais, dando início à agricultura há cerca de 10 mil anos, o que permitiu a fixação do homem e o começo da civilização. Mesmo com toda evolução, desenvolvimento e emprego de tecnologia, ainda hoje, segundo a FAO (2015), 95% do alimento produzido no mundo advém do solo, graças aos vegetais. Entretanto os solos têm limites naturais para nutrir as plantas e sustentar a produtividade vegetal, sendo um meio altamente complexo e interativo. Desse modo, não é difícil justificar a importância dos estudos relativos a esse recurso natural, especialmente por sua fragilidade.

A fim de que o processo fotossintético atinja sua máxima eficácia, todos os fatores essenciais devem estar presentes em níveis satisfatórios. Depois da água, a carência de nutrientes é o aspecto que afeta de modo mais drástico a produtividade vegetal. A importância dos nutrientes é reconhecida desde o século 18, quando Liebig estabeleceu a Lei do Mínimo e as bases da química agrícola. Desde essa época, a pesquisa mostrou a essencialidade dos elementos individualmente e demonstrou também que é o equilíbrio entre os nutrientes que permite às plantas expressar todo seu potencial genético, traduzido em produção.

Apesar de os elementos essenciais serem os mesmos para todos os vegetais, as exigências individuais de cada nutriente, bem como seu equilíbrio, são completamente diferentes entre as espécies. É a diversidade que, de um lado, garante a explosão de vida e a heterogeneidade da natureza e, de outro, dificulta as recomendações de corretivos e fertilizantes. E não apenas a quantidade e o equilíbrio entre os elementos são variáveis para cada espécie, mas também a época em que os nutrientes são requeridos durante o ciclo de vida, o que caracteriza a cinética de absorção. Além disso, o modo de aplicação do calcário e do adubo varia bastante em função da cultura. Isso é função do ciclo, do sistema radicular das plantas e da perenidade ou não da cultura. Esse conhecimento determina as ações para satisfazer as exigências nutricionais de cada espécie.

As frutíferas são um grupo particular de vegetais explorados em todo o mundo. Com a maior conscientização e preocupação do homem com a alimentação saudável, as frutas têm ganhado mais espaço no consumo humano. Entre as principais características da produção de frutas, as quais influenciam as práticas de correção da acidez e da aplicação de adubos, estão o modo de cultivo, a irrigação e a perenidade dos pomares. Este último aspecto implica a disponibilidade dos nutrientes e as suas formas assimiláveis praticamente durante todo o ano. Desse modo, a estratégia para a produção agrícola de frutíferas deve considerar todos esses aspectos, a fim de que a atividade seja rentável.

É importante levar em conta, ainda, que os solos das regiões tropicais do Brasil são altamente intemperizados e, em consequência, pobres em fertilidade. Isso implica que a calagem e a adubação sejam práticas obrigatórias quando se deseja alcançar altas produtividades.

Outro ponto importante é que a fruticultura é uma atividade intensiva, de longo prazo, requerendo, em geral, grande quantidade de mão de obra. Além disso, as doses de corretivos/fertilizantes empregadas nos pomares são muito elevadas por unidade de superfície, quando comparadas a outras culturas. Isso pressupõe a adequada capacidade técnica do produtor, a fim de compensar o investimento. É desnecessário mencionar que os adubos representam, depois da mão de obra, a maior parcela dos custos de produção. Assim o manejo adequado dos fertilizantes aumenta a relação benefício/custo e reduz os possíveis riscos de danos ambientais.

A introdução de novas práticas agrícolas e tecnológicas na fruticultura é fundamental para se alcançarem produtividades elevadas. A nutrição de plantas desempenha papel importante, não apenas por aumentar a produção, mas também por afetar a qualidade do produto colhido e, indiretamente, o lucro da atividade. Desse modo, compreender a participação dos nutrientes, suas interações e os possíveis mecanismos para atingir o equilíbrio adequado para as diversas espécies frutíferas contribui para a agricultura durável, necessária à permanência do homem no campo.

Este capítulo tem por objetivo colocar em evidência as principais informações sobre pesquisas envolvendo a nutrição mineral de frutíferas, a recomendação de adubação da banana e do caju, apresentando o método de diagnose da composição nutricional (CND) e ilustrando com dados da cultura da banana nas condições do estado do Ceará.

Considerações sobre a fruticultura - culturas da banana e do caju

O agronegócio movimentou, em 2016, 458 bilhões de dólares, sendo, individualmente, o setor mais relevante da economia brasileira: cerca de 23% do PIB, 48% da pauta de exportações e 33% dos empregos. A agricultura e a pecuária não estão imunes à crise, mas geraram 50 mil novas vagas de emprego nos primeiros 10 meses de 2016, enquanto os demais setores da economia cortaram quase 800 mil postos de trabalho. As vendas externas do agronegócio têm promovido seguidos superávits da balança comercial brasileira. Em 2016, os produtos do agronegócio garantiram saldo comercial significativo ao País de 72,5 bilhões de dólares (Fruticultura..., 2016).

Entre as atividades do agronegócio, o Brasil se destaca como o terceiro maior produtor de frutas do mundo, atrás apenas da China e da Índia. De acordo com Treichel et al. (2016), a área cultivada com plantas frutíferas na China é de cerca de 14,4 milhões de hectares, com produção anual de 227 milhões de toneladas, enquanto na Índia as frutas ocupam 6,4 milhões de hectares, cuja produção é de 72 milhões de toneladas. No Brasil, os pomares de frutas abrangem cerca de 2,4 milhões de hectares, com produção anual de aproximadamente 41 milhões de toneladas. As participações da China, da Índia e do Brasil na produção mundial de frutas é de 29,4%, 9,4% e 5,3%, respectivamente.

A fruticultura é uma atividade de extrema importância para a geração de renda e para o desenvolvimento agrícola do Brasil. O segmento gera, aproximadamente, 5,6 milhões de empregos, distribuídos por vários polos de produção no País (Fruticultura..., 2016).

A fruticultura tem três aspectos que a distinguem das demais atividades agrícolas no País:

1. Social: o cultivo de frutas requer enorme quantidade de mão de obra, desde a implantação do pomar até os períodos de colheita.
2. Econômico: a exigência de alta produtividade, mas com qualidade dos frutos, a fim de garantir o retorno econômico do capital investido, necessário à permanência do fruticultor no campo. Além disso, o capital imobilizado nos pomares perenes é significativamente maior que nas culturas anuais.
3. Ambiental: o cultivo de espécies perenes, como é a maioria das plantas frutíferas, permite a ocupação de solos considerados inadequados à atividade agrícola convencional, contribuindo assim com o uso racional do solo.

O Brasil apresenta características de solo, de clima, de disponibilidade de água e de diversidade de espécies frutíferas que o dotam de condições privilegiadas para tornar-se um polo produtor e exportador de frutas. Essas características favoráveis ao desenvolvimento da fruticultura são importantes, não apenas pelo valor nutritivo das frutas, mas também pela perspectiva de incremento da produção agrícola, na ampliação da atividade agroindustrial e no potencial de exportação.

O consumo de frutas deverá aumentar, devido ao crescente interesse do consumidor brasileiro por uma alimentação mais saudável, pois o consumo de frutas está diretamente relacionado ao combate às doenças e à obesidade – uma pesquisa encomendada pela Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA) indica que 53% da população brasileira tem sobrepeso ou algum grau de obesidade.

Projeções da Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO) indicam que o consumo per capita de frutas (brasileiro e mundial) deve continuar crescendo a taxas superiores aos das economias doméstica e mundial. Além disso, a melhoria da situação econômica do Brasil e o aumento do poder de compra da população devem contribuir para o aquecimento do consumo interno de frutas nos próximos anos.

Com o objetivo de atender a essa nova realidade do mercado e com a crescente demanda mundial por frutas tropicais, o agricultor brasileiro deverá priorizar a qualidade do produto colhido e o incremento da produtividade, o que é alcançado somente com avanços nas técnicas de cultivo. Os fruticultores que não se adequarem a essa nova realidade, perderão competitividade. O atendimento das necessidades nutricionais dos pomares é a chave para atingir esse objetivo, pois, de um lado, os solos brasileiros têm baixa fertilidade natural e, de outro, as plantas perenes têm grande exigência em nutrientes.

Infelizmente, a produtividade dos pomares no Brasil ainda é insatisfatória, quando comparada à de países com tradição na fruticultura, além de depender de uma nutrição mineral ótima, nem sempre fácil de alcançar com os atuais métodos de diagnose vegetal. Em face do desafio da produção de frutas, é necessário utilizar todas as ferramentas disponíveis para avaliar o estado nutricional das plantas, a fim de aplicar o elemento correto e em dose suficiente, caso haja necessidade. Nesse contexto, dois desafios se apresentam para a pesquisa: reduzir os custos de produção ligados ao uso de insumos e alcançar colheitas em quantidade e com qualidade.

Há carência, porém, de informações sobre aspectos ligados à fertilidade do solo, ao manejo de insumos e às exigências nutricionais das plantas frutíferas, impedindo que o Brasil tenha maior destaque nessa área do agronegócio.

É importante lembrar que os pomares de frutas são explorações agrícolas de longo prazo, cujas raízes das plantas permanecem praticamente restritas ao mesmo volume de solo por vários anos. Desse modo, antes da implantação dos pomares, é imprescindível conhecer todos os fatores que possam limitar o eficiente aproveitamento da água e dos nutrientes, impedindo assim o rápido estabelecimento do pomar e o desenvolvimento das plantas, e colocando em risco o sucesso do empreendimento agrícola. Além disso, impedimentos no solo, invariavelmente, afetam o uso eficiente de fertilizantes e a melhoria da relação benefício/custo por meio do incremento da produtividade.

O conhecimento e o manejo adequado de todos os fatores ligados à produção agrícola, especialmente no caso da fruticultura, são fundamentais, haja vista a sua influência sobre aspectos ligados à qualidade dos frutos. É compreensível, porém, que as culturas perenes não reajam à adubação da mesma maneira que as culturas anuais. As razões são muitas e variadas. Nesse caso, apenas para caracterizar a frutífera que será empregada como exemplo na discussão deste texto, usaram-se as informações adaptadas de Gros (1974):

- a) A bananeira, apesar de não ter um sistema radicular pujante, explora considerável volume de solo quando se considera a forma de manejo comercial, ou seja, famílias.
- b) A planta perene ou semiperene como um todo (rizoma, pseudocaule e folhas) constitui um imenso reservatório de nutrientes. Em função disso, a bananeira não demonstra de modo imediato as carências nutricionais do meio no qual está sendo cultivada. Assim essas plantas reagem mais lentamente à aplicação de fertilizantes.
- c) A condução tradicional da família de bananeiras (mãe, filha e neta) implica que, a cada ciclo, uma planta inteira seja eliminada, levando consigo enorme quantidade de nutrientes. Mesmo permanecendo no pomar, a parte vegetativa eliminada depende da mineralização para disponibilizar os nutrientes nela contidos.
- d) A adubação do pomar tem importância não somente para a frutificação em curso, mas também para a formação das novas bananeiras, bem como das colheitas futuras, pois os fertilizantes aplicados no pomar servirão para nutrir a planta-mãe, a filha e a neta.

Durante muito tempo, algumas frutíferas, em especial aquelas nativas das regiões tropicais, como a bananeira, foram consideradas plantas rústicas, razão pela qual se pensava que seu desenvolvimento era independente das condições de solo e de clima. Porém não é possível imaginar que um solo possa ser explorado por uma cultura indefinidamente, sem que se faça qualquer restituição equilibrada de nutrientes. Mesmo assim, devido às características das plantas frutíferas perenes, as dificuldades de experimentação com essas culturas desencorajam pesquisas e pesquisadores.

A bananeira (*Musa spp.*) tem como centro de origem a Ásia, tendo daí se dispersado por todo o mundo, estando presente em mais de 80 países. É uma frutífera exigente em calor e distribuição regular de água e, por essa razão, é considerada uma espécie tipicamente tropical.

A banana é a fruta mais produzida no mundo. Em 2014, o volume alcançou 114 milhões de toneladas e é cultivada em cerca de 5,4 milhões de hectares. Índia, China, Filipinas, Brasil, Indonésia e Equador respondem por 62% da produção mundial, segundo a FAO (2017). As bananas constituem alimento básico, tanto em áreas rurais quanto urbanas de várias regiões do mundo, especialmente em países mais pobres. O elevado consumo da fruta pode ser explicado pela sua versatilidade, pela praticidade do consumo in natura, pelo sabor agradável e pela riqueza em nutrientes e vitaminas, tudo isso associado ao preço acessível à maior parte da população, sendo um importante alimento em países em desenvolvimento, pois alcança todas as camadas sociais.

O Brasil é o quarto maior produtor mundial, e a banana é a segunda fruta mais consumida no País, com área cultivada de 480 mil hectares e produção de 6,9 milhões de toneladas em 2014 (FAO, 2017). Os números do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Fruticultura..., 2016) mostram que a produção de frutas como a banana e o mamão crescerá 10% na produção até 2025.

A bananeira é explorada em pequena ou larga escala, em praticamente todos os estados brasileiros, tornando o País um grande produtor. O cultivo dessa fruta tem grande importância socioeconômica no Nordeste, sendo geralmente explorada por pequenos agricultores, predominando a mão de obra familiar. As principais áreas de cultivo de banana no Brasil estão na re-

gião Nordeste, que é responsável pela maior produção, com 2,3 milhões de toneladas, ocupando 185 mil hectares e respondendo por 33,4% da produção total do País. Em seguida, aparece a região Sudeste, com 2,2 milhões de toneladas em área cultivada de 138 mil hectares, o que equivale a 32,3% da produção brasileira (IBGE, 2015).

No Ceará, cerca de 44,5 mil hectares são cultivados com bananeiras, cuja produção é de 385 mil toneladas da fruta, revelando produtividade ao redor de 8,7 t ha⁻¹, que, seguramente, está entre as mais baixas de todo o País (IBGE, 2015). Somente essa informação já é motivo de preocupação e justificativa para a realização de mais pesquisas com a cultura, tendo em vista o potencial genético das cultivares de banana atualmente disponíveis. Com isso, resta melhorar as condições de manejo, especialmente com relação à nutrição para alcançar bons níveis de produtividade.

O cajueiro (*Anacardium occidentale*) é uma planta nativa do Nordeste brasileiro com considerável capacidade adaptativa a solos de baixa fertilidade, a temperaturas elevadas e ao estresse hídrico. Devido a essas características, o cajueiro se tornou uma importante fonte de renda para os estados do Nordeste, principalmente para aqueles que têm regiões semiáridas. Ademais, por produzir em pleno período seco, na entressafra das culturas anuais, o cajueiro se torna importante para a geração de empregos tanto no campo quanto nas indústrias (Serrano; Pessoa, 2016). O cajueiro é uma planta tropical adaptada às condições nordestinas, principalmente do litoral.

Do cajueiro, aproveita-se praticamente tudo. O principal produto é a amêndoa da castanha-de-caju (ACC), localizada no interior da castanha, de onde também é extraída a película que reveste a amêndoa, rica em tanino e utilizada na indústria química de tintas e vernizes. Da casca da castanha, extrai-se o líquido da casca de castanha-de-caju (LCC), usado na indústria química e de lubrificantes, curtidores, aditivos, entre outros e o resíduo da casca é utilizado como fonte de energia nas indústrias, por meio de sua queima em fornalhas. Já o pedúnculo do caju (pseudofruto) é processado por indústrias ou minifábricas para a obtenção do suco ou da polpa congelada, a ser utilizada na fabricação de sucos, cajuínas e outras bebidas. O pedúnculo também pode ser aproveitado para a fabricação de diversos produtos, principalmente doces, e para alimentação animal, além de que o caju inteiro também é comercializado in natura em feiras e supermercados. Outras partes da planta

também são utilizadas, pois os restolhos dos galhos podados, as cascas das árvores e as folhas, por serem fontes de tanino e goma, são aproveitados na indústria química e na geração de energia (queima) (Serrano; Pessoa, 2016).

A cultura do cajueiro é explorada por aproximadamente 195 mil produtores e cerca de 75% deles são pequenos produtores, com áreas inferiores a 20 hectares. Na cadeia produtiva do caju, estima-se a geração anual de cerca de 250 mil empregos diretos e indiretos, cuja importância é ainda maior em razão de a época de maior demanda de mão de obra (colheita) coincidir com a entressafra das culturas anuais de subsistência (Serrano; Pessoa, 2016). Na região produtora de caju no Nordeste brasileiro, encontram-se grandes fábricas e dezenas de minifábricas processadoras de castanha, cuja capacidade atual de beneficiamento gira em torno de 300 mil toneladas de castanhas, entre as quais se destacam também as fábricas e minifábricas processadoras de suco, e as minifábricas de cajuína e doces (Serrano; Pessoa, 2016).

Nos últimos anos, o Ceará vem representando quase 50% do total de castanha-de-caju produzida no Brasil, sendo seguido pelos estados do Rio Grande do Norte ($\approx 22\%$) e do Piauí ($\approx 18\%$), os quais juntos representam cerca de 90% do total produzido (Serrano; Pessoa, 2016). Quanto aos municípios, em 2013, os maiores produtores de castanha-de-caju foram Beberibe, CE; Macaíba, RN; e Cascavel, CE, enquanto os maiores em área colhida foram Beberibe, CE; Serra do Mel, RN; Bela Cruz, CE; Pio IX, PI; e Cascavel, CE (Serrano; Pessoa, 2016).

Embora apresente alta rusticidade, o cajueiro não se desenvolve bem em solos rasos e muito argilosos ($>60\%$ de argila). Preferencialmente, o cajueiro deve ser cultivado em solos de textura arenosa ou franco-arenosa (menos de 15% de argila), relevo plano ou suave ondulado, não sujeitos a encharcamento, sem camadas impermeáveis e de profundidade superior a 1,5 m. Os principais solos cultivados com cajueiro nos estados do Ceará, do Piauí e do Rio Grande do Norte são os Latossolos, os Neossolos Quartzarênicos e os Argissolos (Taniguchi; Crisóstomo, 2016a).

A análise química do solo, como guia para a recomendação de corretivos e de fertilizantes, deve ser realizada com certa antecedência ao transplante da muda. Em pomares já estabelecidos, as análises do solo e de folha fornecem subsídios ao técnico para a recomendação de fertilizantes e de corretivos necessários. Apesar de ser considerada uma planta rústica, o ca-

jueiro tem demonstrado que a calagem e as adubações propiciam maiores produtividades. Em cada ciclo de crescimento, os nutrientes são removidos do solo para suprir as partes vegetativas das plantas (folhas, ramos, caule e raízes) e para exportação quando da colheita dos frutos e pseudofrutos. O crescimento das plantas e as colheitas satisfatórias somente serão possíveis, no mínimo, pela reposição dos nutrientes exportados pelas partes colhidas (Crisóstomo et al., 2009).

Principais solos do bioma Mata Atlântica e Tabuleiros Costeiros

A região Nordeste do Brasil, em razão da diversidade de climas, de formações vegetais, de tipos de rochas e de conformações do relevo, apresenta grande diversidade de ambientes e, conseqüentemente, de solos (Marques et al., 2014). Os principais solos da Mata Atlântica/Tabuleiros Costeiros são os Latossolos, os Neossolos e os Argissolos, cada qual com suas características e peculiaridades, o que exige manejo diferenciado. Quando se pretende colocá-los no processo agrícola produtivo, em muitos desses solos a acidez está presente, e sua correção é imprescindível, visto que a maioria das frutíferas exploradas comercialmente responde à aplicação de corretivos. Outro cuidado é com a irrigação, que deve ser dimensionada utilizando todos os parâmetros técnicos disponíveis, pois muitos desses solos são arenosos na superfície, o que determina a rápida percolação da água e, eventualmente, a lixiviação de nutrientes (Marques et al., 2014).

Os Latossolos são solos bem-desenvolvidos, profundos e bem-drenados, com horizonte B latossólico (Bw); apresentam características morfológicas, físicas, químicas e mineralógicas uniformes no perfil; são solos bastante intemperizados e alterados em relação ao material de origem; exibem cores vermelhas, vermelho-amarelas, amarelas, acinzentadas ou brunadas; ocorrem comumente em relevo suave ondulado a plano e sua sequência de horizontes é do tipo A – Bw – C (Marques et al., 2014). As principais características dos Latossolos são a boa capacidade de armazenamento de água e o bom potencial para a mecanização agrícola e agricultura irrigada; têm

fertilidade natural baixa, problemas com fixação de fósforo e coesão natural em alguns indivíduos amarelos, notadamente naqueles que ocupam a região dos Tabuleiros Costeiros; são utilizados largamente como substrato para a produção agrícola intensiva, pastagem, silvicultura e fruticultura (Marques et al., 2014).

Os Neossolos são solos minerais pouco desenvolvidos, com ausência do horizonte B diagnóstico e com predomínio dessas características herdadas do material de origem. Em razão de sua diversidade e de suas características singulares, são subdivididos em quatro subordens: Neossolos Litólicos, Neossolos Regolíticos, Neossolos Quartzarênicos e Neossolos Flúvicos (Marques et al., 2014). Os Neossolos Quartzarênicos são derivados de rochas ou sedimentos de natureza essencialmente quartzosa. Apresentam textura arenosa até 1,5 m de profundidade; ocorrem em relevo suave ondulado e apresentam pequena diferenciação entre horizontes no perfil; a sequência de horizontes é do tipo A-C; têm potencial baixo a médio para a agricultura, grande profundidade efetiva, forte a excessivamente drenados e permitem a mecanização agrícola (Marques et al., 2014). Como fator limitante, apresentam baixa a muito baixa capacidade de retenção de água, fertilidade natural muito baixa, baixos teores de matéria orgânica e elevado risco de contaminação de águas subterrâneas. São solos utilizados como substrato para a agricultura irrigada (particularmente a fruticultura), pastagem, pecuária extensiva e preservação ambiental (Marques et al., 2014).

Os Argissolos apresentam acúmulo de argila em subsuperfície, tipificados pelo horizonte B textural (Bt). São solos minerais bem-desenvolvidos e drenados, profundos a muito profundos. Exibem cores vermelhas, vermelho-amarelas, amarelas, acinzentadas ou brunadas; apresentam sequência de horizontes dos tipos A – E – Bt – C – R ou A – Bt – C – ; têm boa capacidade de armazenamento de água e efluentes, bom potencial para a mecanização agrícola e agricultura irrigada, quando em relevo plano a suave ondulado (Marques et al., 2014). Apresentam, de modo geral, como fator limitante, baixa fertilidade natural, alta suscetibilidade à erosão quando têm mudança textural abrupta, coesão natural em alguns solos amarelos e associação com relevo movimentado. São utilizados para a agricultura intensiva, pastagem, silvicultura e fruticultura (Marques et al., 2014).

Adução nas culturas da banana e do caju

Recomendação de adubação para a cultura da banana nos Tabuleiros Costeiros

Calagem

A aplicação de calcário, quando recomendada, deve ser realizada com antecedência mínima de 30 dias do plantio, a lanço em toda a área e incorporado por meio de gradagem profunda. Em razão da pouca mobilidade do Ca no solo, é imprescindível a utilização de gradagem para incorporação do calcário. É comum nos tabuleiros a existência de solos com elevado teor de alumínio e pobres em Ca, o que torna essa prática fundamental para a implantação de fruteiras, entre as quais, a bananeira (Souza; Vieira Neto, 2016). Recomenda-se o uso do calcário com valores maiores que 12% de MgO, evitando assim o desequilíbrio entre o K e o Mg e, consequentemente, o surgimento do distúrbio fisiológico “azul da bananeira”, deficiência de Mg induzida pelo excesso de K (Souza; Vieira Neto, 2016).

Adubação orgânica

É a melhor forma de fornecer N na fase do plantio, principalmente quando se utilizam mudas convencionais, pois as perdas são mínimas; além disso, estimula o desenvolvimento das raízes. Assim recomendam-se de 10 a 15 litros de esterco bovino de curral por cova ou de 3 a 5 litros de esterco de galinha ou de 2 a 3 litros de torta de mamona ou similar (Souza; Vieira Neto, 2016). A cobertura do solo com resíduos vegetais, oriundos da própria bananeira (folhas e pseudocaules), é uma das principais alternativas para que o bananicultor promova adição de matéria orgânica no sistema produtivo dessa cultura, prática expressiva na melhoria das propriedades físicas e microbiológicas do solo (Souza; Vieira Neto, 2016).

Adubação fosfatada

A bananeira necessita de pequenas quantidades de P, mas se não aplicado, prejudica o desenvolvimento do sistema radicular da planta e, consequentemente, afeta a produção. A quantidade total recomendada após análise do solo (40 a 120 kg de P_2O_5 ha⁻¹) deve ser colocada na cova,

no plantio. Pode ser aplicado nas formas de superfosfato simples (18% P_2O_5), superfosfato triplo (45% P_2O_5), fosfato diamônico (DAP) (45% P_2O_5) e fosfato monoamônico (MAP) (48% P_2O_5). Anualmente deve ser repetida a aplicação, após nova análise química do solo. Solos com teores de P acima de 30 mg dm^{-3} (extrator de Mehlich) dispensam a adubação fosfatada (Souza; Vieira Neto, 2016).

Adubação nitrogenada

O N é um nutriente muito importante para o crescimento vegetativo da planta. Recomendam-se de 160 a 400 kg de N mineral ha^{-1} por ano, dependendo da produtividade esperada. A primeira aplicação deve ser feita em cobertura, em torno de 30 a 45 dias após o plantio (Souza; Vieira Neto, 2016). Adubos nitrogenados que podem ser empregados: ureia (45% N), sulfato de amônio (20% N), nitrato de cálcio (14% N) e nitrato de amônio (34% N).

Adubação potássica

O K é considerado o nutriente mais importante para a produção de frutos de qualidade superior, cuja quantidade recomendada varia de 100 a 750 kg de $K_2O \text{ ha}^{-1}$, dependendo do teor no solo (Souza; Vieira Neto, 2016). A primeira aplicação deve ser feita em cobertura, no 3º ou 4º mês após o plantio (Souza; Vieira Neto, 2016). Caso o teor de K no solo seja inferior a 59 mg dm^{-3} , iniciar a aplicação aos 30 dias juntamente com a primeira aplicação de N. Pode ser aplicado nas formas de cloreto de potássio (60% K_2O). Solos com teores de K acima de 234 mg dm^{-3} dispensam a adubação potássica (Souza; Vieira Neto, 2016).

Adubação com micronutrientes

O B e o Zn são os micronutrientes que promovem, com maior frequência, deficiência nas bananeiras (Souza; Vieira Neto, 2016). Como fonte, aplicar no plantio 50 g de FTE BR12 por cova. Para teores de B no solo inferiores a $0,2 \text{ mg dm}^{-3}$ (extrator de água quente), devem-se aplicar 3,5 kg de B ha^{-1} ; para teores de Zn inferiores a $0,5 \text{ mg dm}^{-3}$ (extrator de DTPA), aplicar 15 kg de Zn ha^{-1} (Souza; Vieira Neto, 2016).

Parcelamento das adubações

O parcelamento vai depender da textura e da capacidade de troca catiônica (CTC) do solo, da precipitação e do manejo adotado. Em solos arenosos e com baixa CTC, deve-se parcelar semanalmente ou quinzenalmente (Souza; Vieira Neto, 2016). Em solos mais argilosos, as adubações podem ser feitas mensalmente ou a cada 2 meses, principalmente nas aplicações via solo (Souza; Vieira Neto, 2016).

Localização dos fertilizantes

As adubações via solo, em cobertura, devem ser feitas em círculo, numa faixa de 10 cm a 20 cm de largura e de 20 cm a 40 cm distante da muda, aumentando-se a distância com a idade da planta (Souza; Vieira Neto, 2016). No bananal adulto, os adubos devem ser distribuídos em meia-lua, em frente às plantas filha e neta. Em caso de plantios muito adensados, a adubação pode ser feita a lanço, nas ruas. Em plantios irrigados, os fertilizantes devem ser aplicados, preferencialmente, via água de irrigação (Souza; Vieira Neto, 2016).

Recomendação de adubação para a cultura do caju

Calagem

As quantidades de calcário a serem aplicadas devem ser suficientes para elevar a saturação por bases (V_2) a 60% e os teores de cálcio (Ca^{2+}) e de magnésio (Mg^{2+}) trocáveis para o mínimo de $6 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ e $3 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$, respectivamente (Tanigushi; Crisóstomo, 2016b).

Gessagem

A necessidade da aplicação de gesso também é verificada por meio da análise de solo, porém da camada subsuperficial (20 cm a 40 cm), considerando-se como parâmetros para aplicação: menos de 3 mmol_c

dm⁻³ de cálcio (Ca²⁺) e/ou mais de 5 mmol_c dm⁻³ de alumínio (Al³⁺) e/ou saturação por alumínio (m%) maior que 40%. A dose de gesso deve ser calculada em função do teor de argila do solo (determinado pela análise física do solo), recomendando-se aplicar até 500 kg ha⁻¹ em solo arenoso, 1.000 kg ha⁻¹ em solo de textura média, 1.500 kg ha⁻¹ em solo argiloso e 2.000 kg ha⁻¹ em solo muito argiloso; outro critério de recomendação é substituir 25% do calcário por gesso (Tanigushi; Crisóstomo, 2016b).

Recomendação de adubação de fundação

Na cova de plantio indicada para o cajueiro (geralmente 40 cm de largura x 40 cm de comprimento x 40 cm de profundidade), recomenda-se aplicar calcário dolomítico em quantidade equivalente à recomendada na calagem para 1 m² de solo; em seguida, encher a cova com mistura de terra superficial acrescida de superfosfato simples (quantidade definida de acordo com a análise do solo), 100 g de FTE BR12 e, se possível, 10 litros de esterco bovino bem-curtido (coloração escura) (Tanigushi; Crisóstomo, 2016b).

Adubação de pós-plantio (primeiro ano): os fertilizantes nitrogenados (ureia, sulfato de amônio ou MAP) e potássico (cloreto de potássio) (Tabela 1) devem ser aplicados no período das chuvas, em três ou mais parcelas iguais, em sulco circular, com 10 cm a 15 cm de profundidade e 10 cm a 15 cm de largura, com distância entre 20 cm e 30 cm do caule da planta, cobertos com terra (Tanigushi; Crisóstomo, 2016b).

Adubação de formação e produção: a adubação recomendada deve seguir o mesmo sistema de aplicação para o primeiro ano, contudo o fósforo (superfosfato simples) deve ser aplicado em uma única parcela. A profundidade e largura do sulco de adubação são as mesmas adotadas para o pós-plantio, porém a distância do caule deve ser aumentada de modo a situar-se no terço externo da projeção da copa (Tanigushi; Crisóstomo, 2016b).

Tabela 1. Recomendações de adubação mineral para o cajueiro-anão em sequeiro, de acordo com os teores de fósforo (P) e de potássio (K) determinados na análise química de solo.

Adubação (g/planta)	N	P resina (mg/dm ³)			K solo (mmol _c /dm ³)		
		0 a 12	13 a 30	> 30	0 a 1,5	1,6 a 3,0	> 3,0
	P ₂ O ₅ (g/planta)*			K ₂ O ₅ (g/planta)			
Plantio	0	180	140	90	0	0	0
0-1 ano	45	0	0	0	50	30	20
1-2 anos	70	160	140	90	90	50	30
Formação 2-3 anos	120	220	180	110	110	90	50
3-4 anos	150	290	230	140	170	130	70
4-5 anos	220	290	230	140	170	130	70
Produção							
< 1.200 kg/ha de castanhas	300	160	80	80	120	80	80
1.200 – 3.000 kg/ha de castanhas	520	240	160	120	240	160	120
> 3.000 kg/ha de castanhas	1.000	400	300	200	450	300	200

*Utilizar como fonte, preferencialmente, superfosfato simples para adicionar enxofre às plantas.

Fonte: Tanigushi e Crisostomo (2016b).

Recomendação de adubação para cultivo irrigado na cultura do caju

No cultivo irrigado, os fertilizantes nitrogenados (ureia, sulfato de amônio, nitrato de cálcio, nitrato de potássio, nitrato de amônio, MAP e DAP) e potássicos (cloreto de potássio, sulfato de potássio, nitrato de potássio e fosfato monopotássico), solúveis, sólidos ou líquidos, são injetados na água de irrigação, possibilitando, melhor distribuição e aproveitamento pelo sistema radicular (Tanigushi; Crisóstomo, 2016b). Por sua vez, os fosfatados (ácido fosfórico, MAP, DAP e fosfato monopotássico) também podem ser aplicados via água de irrigação, observando-se os cuidados necessários para evitar o entupimento dos emissores (microaspersores ou gotejadores). As doses recomendadas às diversas fases de crescimento da planta são apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2. Recomendações de adubação mineral para o cajueiro-anão sob irrigação, de acordo com os teores de fósforo e de potássio determinados na análise química de solo.

Adubação (g/planta)	N		P resina (mg/dm ³)			K solo (mmol/dm ³)		
	0 a 12		13 a 30	> 30	0 a 1,5	1,6 a 3,0	> 3,0	
	P ₂ O ₅ (g/planta)			K ₂ O ₅ (g/planta)				
Plantio	0	200	150	100	0	0	0	0
0 - 1 ano	60	0	0	0	60	40	20	20
1 - 2 anos	80	200	150	100	100	60	40	40
Formação	2-3 anos	150	250	200	120	140	100	60
3-4 anos	200	300	250	150	180	140	80	80
4-5 anos	300	300	250	150	180	140	80	80
Produção:								
< 1.200 kg/ha de castanhas	400	200	100	100	150	100	80	80
1.200 – 3.000 kg/ha de castanhas	700	300	200	150	300	200	150	150
> 3.000 kg/ha de castanhas	1.000	400	300	200	450	300	200	200

Fonte: Tanigushi e Crisostomo (2016b).

Folha diagnóstica das culturas da banana e do caju

Na avaliação do estado nutricional das plantas, estabelece-se uma comparação entre dados de uma amostra e respectivos valores de referência para a cultura. Esses valores são geralmente obtidos em experimentos de calibração de nutrientes, nos quais é possível controlar características genéticas e ambientais, tendo como único fator de variação o nutriente objeto de estudo (Silva, 2008). A amostragem de folhas é utilizada como um parâmetro para se identificar a nutrição das plantas; logo, pode-se afirmar que, quando se realiza a amostragem de uma cultura e depois procede-se à análise química dessa amostra, pretende-se diagnosticar, por meio da análise química de uma parte da planta, como está a condição nutricional da planta ou lavoura como um todo (Silva, 2008). A amostragem de folhas deve ser realizada em área homogênea, que rotineiramente

denomina-se de gleba, talhão ou piquete. Nessa área deve ser observada a uniformidade quanto a relevo, tipo de solo, produtividade, variedades, idade, combinação copa/porta-enxerto, práticas culturais, drenagem, uso de irrigação, carga animal, entre outros fatores (Silva, 2008).

Indiferentemente do método a ser utilizado para interpretação dos resultados das análises químicas de tecido vegetal, o fato é que os critérios adotados para a amostragem de uma dada análise só podem ser comparados com amostras retiradas da mesma época e parte da planta, pois todos os métodos de interpretação consistem, basicamente, em comparar os resultados encontrados com resultados de amostras oriundas de plantas (ou glebas) com alta produtividade. Na Tabela 3, apresentam-se as recomendações de órgão, época e quantidade de amostras para avaliação do estado nutricional das culturas da banana e do caju, de diferentes autores (Silva, 2008).

Tabela 3. Diferentes recomendações sobre amostragem de folhas para diagnose foliar.

Órgão amostrado	Época de amostragem	Número	Referência
Banana			
10 cm centrais da terceira folha a partir do ápice, sem a nervura central e as metades periféricas	Emissão da inflorescência	25	Martinez et al. (1999)
Folha III (abaixo e oposta às flores), posição mediana (10 cm largura) clorofilada	Florescimento	25	Malavolta et al. (1997)
Coletar os 5-10 cm centrais da terceira folha a partir da inflorescência, eliminando a nervura central e as metades periféricas	Florescimento	50	Oliveira (2004)
	-	30	Raij et al. (1996)
Caju			
Folhas recém-maduras do ano	Verão	40	Malavolta et al. (1997)
Folhas de posições diferentes na copa	Verão	40	Malavolta et al. (1997)

Fonte: Silva (2008).

Importância da diagnose do estado nutricional para as plantas frutíferas

A introdução contínua de inovações tecnológicas na fruticultura é um aspecto-chave para o aumento da produtividade. Entre os fatores de manejo que causam preocupação, a nutrição mineral se destaca, visto que a ação inadequada em práticas como a calagem e/ou a adubação traz reflexos negativos na produtividade dos pomares e na qualidade dos frutos. Para o crescimento, desenvolvimento e produção, as frutíferas demandam fornecimento contínuo e equilibrado de nutrientes às raízes, a fim de que ocorra absorção, transporte e metabolização na parte aérea das plantas. Os estudos sobre absorção de nutrientes indicam, porém, que esses processos não ocorrem de forma independente dos demais elementos presentes na solução do solo.

A análise de solo é uma ferramenta consagrada na agricultura, porém, para a maioria das frutíferas, além de conhecer a fertilidade do solo, há necessidade de se realizar a análise foliar em virtude da perenidade dos pomares, visto que esse grupo de plantas adquire certa estabilidade nutricional na fase adulta (Marschner, 2005). Em razão dessa estabilidade, a diagnose foliar nas frutíferas, que geralmente é realizada no florescimento ou no início do desenvolvimento dos frutos, permite fazer ajustes nos programas de adubação em tempo de não comprometer a safra do pomar no mesmo ano agrícola. É importante destacar que as técnicas de diagnóstico (solo e planta) não se excluem mutuamente: são complementares e permitem acompanhar os benefícios da calagem e da adubação no solo, além de seus reflexos nas frutíferas. É importante ressaltar, ainda, que as frutíferas permanecem explorando praticamente o mesmo volume de solo por vários anos. Nessa situação, podem ocorrer impedimentos químicos (acidez) ou físicos (compactação do solo) que diminuem a eficiência dos fertilizantes. Essa é uma das principais vantagens da análise de plantas, pois é possível determinar que a cultura eventualmente apresenta quantidades insuficientes de um dado nutriente, apesar de sua abundância no solo. Pode-se afirmar, então, que a análise de solo indica apenas o potencial de fornecimento de nutrientes, enquanto a análise foliar informa o que foi realmente absorvido e metabolizado pela planta. Assim a única maneira de determinar se a planta está aproveitando o nutriente aplicado é fazer o diagnóstico do estado nutricional por meio da análise foliar.

A priori, para conhecer as exigências nutricionais de uma cultura, não se pode imaginar um modo mais direto e objetivo do que “perguntar” à própria planta, pela análise de tecido vegetal. Desse modo, a avaliação nutricional de plantas perenes, como a maioria das frutíferas, deve ser realizada por meio da análise química das folhas. A diagnose foliar possibilita a avaliação direta, pois a planta constitui o próprio extrator de nutrientes do solo (Beaufils, 1973). Foi baseado nesse conceito que Lagatu e Maume (1934a, 1934b) idealizaram o método conhecido como diagnose foliar.

Bould (1966) utilizou a análise foliar em plantas frutíferas decíduas. O autor afirmou que o método é baseado nas seguintes premissas:

- a) A folha é o principal órgão de metabolismo da planta.
- b) Mudanças no suprimento de nutrientes têm reflexos na composição das folhas.
- c) Essas alterações são mais pronunciadas em determinadas fases do desenvolvimento do que em outras.
- d) Os teores de nutrientes nas folhas, em fases específicas do crescimento, estão relacionados com o desempenho da cultura.

Considerando que, em geral, os solos das regiões tropicais do Brasil são altamente intemperizados e, em consequência, pobres em fertilidade, a calagem e a adubação são práticas obrigatórias quando se deseja alcançar altas produtividades. Além disso, são técnicas fundamentais para que haja equilíbrio nutricional ao longo do ciclo da cultura e, quando realizadas de forma criteriosa, é possível explorar o potencial máximo dos genótipos e atingir elevados rendimentos. Cabe destacar que as frutíferas são muito exigentes em nutrientes, seja para a manutenção da parte vegetativa das árvores, seja pela elevada exportação de elementos pelos frutos a cada safra, cujas necessidades só são passíveis de ser supridas, nas condições edáficas brasileiras, pela aplicação de corretivos e fertilizantes. Pode-se afirmar também que nenhum solo contém nutrientes em quantidade suficiente e de forma equilibrada para atender à demanda das plantas, garantindo a exploração por dezenas de anos, como nos pomares de frutas.

Qualquer que seja o resultado da análise foliar de um elemento individual (baixo, médio ou alto), é possível que esse valor não esteja equilibrado em relação aos demais nutrientes. A diagnose foliar é capaz de mostrar anomalias nutricionais, mas não sua origem. Mesmo indicando a carência nutri-

cional, a diagnose não tem o poder de recomendar como corrigi-la. Assim nunca é demais enfatizar que a diagnose foliar é uma ferramenta complementar à análise do solo e, juntas, possibilitam planejar, calibrar e recomendar calcário e fertilizante para os pomares.

Cada solo oferece um ambiente radicular único para as plantas, com propriedades que afetam a disponibilidade de ar, de água e de nutrientes. Os efeitos do clima à época da amostragem, sobre os resultados da análise de solo, são bem-conhecidos. Em média, as raízes das plantas ocupam cerca de 1% do volume total do solo explorado. Desse modo, quanto menor for a ocupação do solo pelas raízes para um dado nível de exigência de nutriente, maior deve ser a concentração do elemento revelado pela análise de solo para a máxima produção. Culturas arbóreas perenes, como as frutíferas, exploram grande volume de solo em comparação com as plantas anuais, embora a densidade radicular seja menor. Não é surpreendente, portanto, que o nível crítico na análise de solo para certos nutrientes seja diferente entre as frutíferas e as culturas anuais, mesmo que ambas sejam cultivadas no mesmo solo. Pode-se afirmar com segurança que, comparativamente à maioria das culturas anuais, as frutíferas perenes são menos exigentes e parecem estar satisfeitas com menores concentrações de nutrientes na solução do solo. Isso é justificado, pelo menos em parte, pelo período mais longo de absorção dos elementos essenciais e pela exploração de maior volume de solo, associados à estrutura abrangente do sistema radicular das frutíferas.

Em resumo, a análise química do solo e a diagnose foliar são instrumentos que permitem determinar se a correção da acidez e a adubação têm alcançado os efeitos desejados nas plantas. Por meio dessas determinações, é possível avaliar se todos os benefícios do manejo da fertilidade do solo estão sendo refletidos pela cultura. É necessário, porém, estar ciente das muitas variáveis que podem afetar o diagnóstico do estado nutricional dos vegetais e, portanto, deve haver constante avaliação das técnicas empregadas. A melhoria do conhecimento sobre aspectos fisiológicos, bioquímicos e ambientais tem mostrado que o diagnóstico deve ser feito sobre índices globais de equilíbrio nutritivo da planta, e não sobre valores de concentração ou relações entre elementos. As pesquisas para conhecer o estado nutricional dos vegetais levaram ao desenvolvimento de técnicas que evoluíram ao longo do tempo. Entre os vários métodos de diagnose do estado nutricional das

plantas, podem-se destacar o nível crítico (NC), a faixa de suficiência (FS), o sistema integrado de diagnose e recomendação (Dris) e, mais recentemente, a diagnose da composição nutricional (CND). Nunca é demais enfatizar que o aperfeiçoamento dos métodos de diagnose e, conseqüentemente, da racionalização no uso de insumos, é uma exigência da agricultura moderna, preocupada em alcançar altas produtividades, mas com qualidade das colheitas e de modo a afetar o mínimo possível o meio agrícola.

Evolução dos métodos diagnósticos

A busca de métodos eficientes para a avaliação do estado nutricional das plantas tem sido objeto de muitas pesquisas, desde meados do século 20. A análise química de plantas, com critérios ajustados de amostragem, é uma ferramenta essencial para diagnosticar o real status nutricional das culturas. O conceito de usar o teor mineral das folhas como critério para a avaliação do estado nutricional foi proposto por Lagatue e Maume (1934a, 1934b), em Montpellier, na França. Entretanto é importante ressaltar que esses autores, além de estabelecerem as bases para a diagnose foliar, determinando quimicamente os elementos de forma individual, avançaram em indicar, já naquela época, que a relação entre os nutrientes era importante (Rozane et al., 2015a, 2015b). Mesmo anteriormente, no século 19, o pesquisador Boussingault já enfatizara a importância do balanço entre os nutrientes contidos no tecido vegetal (Boaretto; Natale, 2016).

Os resultados de análises químicas do tecido vegetal podem ser interpretados por diversos métodos, sobressaindo os univariados, como o NC e a FS; os métodos bivariados, como o Dris; e o multivariado, como a CND. Considerando que a composição mineral do tecido vegetal depende de grande número de fatores complexos, seja devido à própria folha, à árvore frutífera, aos tratos culturais, seja devido às condições do meio, a interpretação dos resultados da diagnose foliar deve ser prudente. O método do nível crítico foi desenvolvido supondo-se que o teor mínimo de um dado elemento fosse necessário para alcançar o desempenho máximo do vegetal. Abaixo do NC, a planta é considerada carente. Entre o limite de carência e o de excesso, a planta está em estado de suficiência nutricional, ainda que, além do rendimento máximo, o consumo de luxo possa ocorrer (Parent; Natale, 2008).

O nível crítico teve como marco o trabalho de Ulrich e Hills (1967), no qual os autores fizeram a célebre representação gráfica indicando zonas de deficiência, de transição e adequada de um dado nutriente, individualmente. O ponto em que o crescimento/produção é reduzido em 10% do valor máximo, é considerado o NC do elemento no tecido vegetal. O NC é estabelecido assumindo-se que os nutrientes, com exceção daquele que está sendo estudado, não são limitantes à produtividade e que não interagem de forma significativa quando presentes em níveis adequados (Parent, 2011; Parent et al., 2013a). Contudo, uma vez que os resultados analíticos do tecido são limitados em um espaço composicional fechado, delimitado apenas pela unidade de medição, no qual todos os nutrientes interagem, deve haver efeito de ressonância devido à variação na composição dentro das faixas de teores críticos (Parent, 2011). Assim, quando se altera a proporção dos nutrientes, ocorrem efeitos que repercutem no sistema como um todo (Parent et al., 2013a). Por esse motivo, a utilização do nível crítico para a interpretação do estado nutricional da planta é limitada, principalmente em função da ocorrência de interações entre os elementos presentes no tecido vegetal (Bates, 1971; Parent; Dafir, 1992). Para um dado nutriente, o NC pode variar, por exemplo, em função da interferência de outros elementos em sua absorção e assimilação pela planta (Parent; Natale, 2008).

Um exemplo clássico desse comportamento da planta foi mostrado por Prevot e Ollagnier (1956), que apresentaram resultados de um experimento com doses crescentes de potássio (K) e avaliaram seus efeitos nos teores foliares de K, de cálcio (Ca), de magnésio (Mg) e na soma dos três cátions (Tabela 4).

Pode-se observar que, à medida que as doses de K aumentam, ocorre incremento dos teores foliares de K, o que é esperado. Além disso, a elevação das doses de K provoca decréscimos nos teores foliares de Ca e de Mg, justificados pelo antagonismo entre os elementos. Isso provoca profunda modificação no equilíbrio iônico, entretanto a soma ponderal dos três cátions não indica alteração significativa. Tudo se passa como se a planta dispusesse de um equilíbrio nominal entre nutrientes mono e bivalentes e que toda a redução em um dos dois grupos é automaticamente compensada pela elevação dos teores no outro grupo.

Tabela 4. Efeito de doses crescentes de potássio (K) sobre os teores foliares de K, de cálcio (Ca) e de magnésio (Mg) em carnaúba.

Tratamento	K	Ca	Mg	Soma
K ₀	0,513	0,829	0,385	1,727
K ₁	0,761 ⁽²⁾	0,788	0,281 ⁽¹⁾	1,830
K ₂	0,945 ⁽²⁾	0,712 ⁽¹⁾	0,241 ⁽²⁾	1,898
K ₃	0,964 ⁽²⁾	0,706 ⁽¹⁾	0,243 ⁽²⁾	1,911

⁽¹⁾Significativo $p < 0,05$; ⁽²⁾Significativo $p < 0,01$.

Fonte: Prevot e Ollagnier (1956).

Outro aspecto limitante a ser considerado é que a confiabilidade do diagnóstico nutricional é mais consistente, quando as condições edafoclimáticas e de manejo da lavoura em diagnóstico são similares às condições em que foram estabelecidos o NC ou a FS. Isso faz com que, na determinação dos padrões nutricionais de referência, seja necessário o estabelecimento de ensaios de calibração em diversos locais, de modo a assegurar ampla representatividade em relação ao solo, clima e potencial produtivo da espécie vegetal, o que muitas vezes é inviável devido a recursos humanos e financeiros limitados, bem como por exigir tempo para a realização dos ensaios. Além disso, o método do NC não possibilita a definição da ordem de limitação dos nutrientes.

O método da FS, assim como o NC, é baseado na correlação entre os teores de nutrientes e a produção. Se o solo apresenta deficiência de algum elemento, essa carência estará presente também nas diferentes partes da planta, sendo comumente utilizada a folha recém-madura para essa avaliação. Quando a deficiência é severa e os sintomas são evidentes, já ocorreu perda de produção. Diferentemente do NC, a FS utiliza intervalos de teores foliares de nutrientes para indicar o estado nutricional dos vegetais. Entretanto, em ambos (NC ou FS), busca-se estabelecer para cada elemento limites superior e inferior, entre os quais o teor do nutriente é considerado adequado. Sabe-se, porém, que a máxima produção depende do equilíbrio entre os nutrientes na planta, caracterizado por proporções (relações) bem-definidas entre esses elementos. Assim nem sempre estabelecer o teor absoluto do nutriente é suficiente para alcançar altos rendimentos. Em muitos casos,

a deficiência relativa, ou seja, a proporcionalidade entre os vários elementos desempenha papel mais importante. Na realidade, cabe destacar que cada fator de produção atua melhor, quando os demais fatores estão próximos do seu ideal. Desse modo, embora o NC e a FS tenham praticidade na interpretação dos resultados analíticos, não levam em consideração as interações que ocorrem entre os nutrientes, o que limita sua eficácia.

Considerando o exposto, constata-se que, em relação aos diferentes métodos de avaliação do estado nutricional das plantas, existe a necessidade de mudança do paradigma nas pesquisas futuras, substituindo o conceito da Lei do Mínimo, a qual estabelece que a limitação do desenvolvimento vegetal ocorre devido à deficiência de determinado nutriente, pelo conceito de balanço nutricional, em que grupos de elementos devem estar equilibrados para melhorar o desempenho das culturas. Dessa forma, a abordagem a ser realizada deve ser mais abrangente, a fim de elevar a confiabilidade da diagnose nutricional (Parent et al., 2012, 2013b).

A avaliação do estado nutricional pelo NC e FS depende da indicação de valores de referência para os nutrientes, estabelecidos em experimentos de calibração, nos quais as características genéticas, ambientais e as interações entre os elementos são controladas (Bhargava; Chadha, 1988). Por essa razão, os resultados assim obtidos devem ser empregados na avaliação de culturas que se desenvolvem nas mesmas condições utilizadas na experimentação, o que torna o processo extremamente restritivo para uso em larga escala na agricultura. Além disso, os valores de referência não são definitivos, estando sujeitos a revisões periódicas em consequência da introdução de novos materiais genéticos, novas técnicas de manejo ou de cultivo, variação nas condições do ambiente, o que exigiria, regularmente, a instalação de experimentos de calibração, os quais são onerosos e, em geral, de média a longa duração, especialmente no caso de frutíferas (Parent, 2011; Rozane et al., 2016).

Uma alternativa aos experimentos de calibração seria o aproveitamento de informações de monitoramento nutricional, obtidas em talhões comerciais. Esses dados agregam informações oriundas de ampla variação ambiental e, portanto, não podem ser utilizados para a determinação de curvas de resposta, como aquelas obtidas nos experimentos de calibração para o estabelecimento do NC ou da FS. Contudo há a possibilidade de se utilizar

o método Dris para a obtenção dos valores de referência, a partir dessas informações. Assim a diagnose nutricional foi aprimorada com o desenvolvimento do método Dris, proposto por Beaufils (1973). Essa técnica considera interações binárias, ou seja, as relações entre dois nutrientes na planta a ser diagnosticada, comparando-as às normas Dris obtidas em cultivos de alta produtividade (Walworth; Sumner, 1987). Assim o método pode explicar, em parte, as interações entre elementos (Walworth; Sumner, 1988).

O método Dris apresenta algumas vantagens em relação ao NC e à FS, como: escala contínua, fácil interpretação, ordenamento dos nutrientes mais limitantes, diagnóstico de casos em que a produtividade é afetada pelo desequilíbrio nutricional e obtenção de um índice que representa o equilíbrio nutricional da planta como um todo; porém o uso do Dris não evita desvios ou anomalias inerentes aos dados composicionais, sendo geometricamente deficiente (Parent, 2011; Parent et al., 2013a).

O sistema Dris usa como padrão nutricional uma população de referência, estabelecida com base em plantas de alta produtividade, obtendo-se o índice de balanço nutricional que consiste na soma de valores absolutos dos índices Dris de cada nutriente, os quais indicam o estado nutricional de cada lavoura. Como os nutrientes absorvidos pela planta interagem dentro dos limites físicos do tecido vegetal, suas proporções ou concentrações mudam relativamente entre si, como resultado do sinergismo, do antagonismo ou da neutralidade, produzindo, portanto, ressonância dentro do espaço fechado da composição do tecido, o que pode gerar falsas correlações. Segundo Parent et al. (2013b), os dados de teores de nutrientes são intrinsecamente de natureza multivariada, e cada nutriente não pode ser interpretado sem ser relacionado aos demais. A transformação logarítmica proposta por Aitchison (1986) para a análise composicional, usada por Parent e Dafir (1992) e Parent et al. (2009) para fins de diagnose, pode reduzir as falsas correlações entre os componentes do tecido vegetal.

De acordo com Holland (1966), a consistência da interpretação das análises de tecido vegetal aumenta, à medida que o enfoque univariado (NC e FS) é ampliado, de modo a considerar as relações entre nutrientes, dois a dois, ou seja, relações duais ou bivariadas (Dris), e assim progressivamente até idealmente abranger, mediante enfoque multivariado, toda a estrutura de variação da composição nutricional. Nesse contexto, foi desenvolvido o

método *compositional nutrients diagnosis* (CND), proposto por Parent e Dafir (1992), o qual indica que a composição mineral dos tecidos vegetais, expressa como teores ou valores relativos, é a informação numérica básica para o diagnóstico do estado nutricional das plantas.

O método CND utiliza a transformação logarítmica, recomendada nos estudos desenvolvidos por Aitchison (1986) e empregada nas análises de dados composicionais, como os teores de nutrientes. Ao trabalhar com a análise de dados composicionais, Aitchison (1986) observou que na diagnose foliar os teores dos elementos devem ser expressos um em relação ao outro, pois transmitem uma informação relativa. O CND é um dos mais recentes métodos de interpretação de análise do tecido vegetal e se baseia nas relações entre o teor de um nutriente isolado e a média geométrica dos teores dos demais componentes da matéria seca (relações multivariáveis), inclusive aqueles não determinados analiticamente, sendo considerada a melhor forma de expressão do equilíbrio no tecido vegetal (Parent; Dafir, 1992; Egozcue; Pawlowsky-Glahn, 2005).

O conceito do CND difere do Dris, pois gera um fator de correção para qualquer nutriente, colocando todos os elementos essenciais em análise (multinutriente), enquanto o Dris promove um fator de correção simples para a relação de nutrientes dois a dois. Desse modo, o CND expande o conceito do Dris do espaço bidimensional para o multidimensional. Outra vantagem ao se empregar a metodologia CND é a possibilidade de atribuir às carências e aos excessos o mesmo peso no desbalanço, o que pode ser detectado com o emprego da distância de Mahalanobis (Parent et al., 2009). Isso permite definir a contribuição de cada nutriente na composição nutricional da matéria seca. Em relação ao Dris, a metodologia CND tem um único desvio-padrão e possibilita ainda a identificação e a exclusão de dados atípicos (*outliers*), o que aumenta a confiabilidade na interpretação dos resultados (Parent et al., 2009, 2013a, 2013b).

De acordo com Egozcue et al. (2003), teores foliares interpretados por métodos que não empregam a análise multivariada tendem à redundância, à dependência de escala e à distribuição não normal. As transformações logarítmicas podem evitar essas situações, reduzindo as falsas correlações entre os componentes do tecido vegetal. Parent et al. (2012) indicam, ainda, que a transformação logarítmica de dados composicionais deve ser empregada em

contrastes entre as médias geométricas dos grupos de componentes, o que permite obter o coeficiente de ortogonalidade.

Em resumo, o CND é uma evolução dos métodos uni e bivariado, baseado na análise composicional de dados e na análise de componentes principais, tendo, pois, potencial mais elevado para melhorar a diagnose do tecido vegetal em estudo. Isso é uma grande vantagem, pois permite o acesso às modernas ferramentas da informática, reduzindo o esforço computacional na análise.

Na literatura, são encontrados estudos que empregam o método CND em algumas culturas de grande valor econômico no Brasil, entretanto a banana não é uma delas. Assim o desenvolvimento de normas CND específicas para a cultura da banana no estado do Ceará, associado à criação de um software que possibilite a avaliação do estado nutricional dos pomares de forma prática, rápida e eficaz, poderá auxiliar com maior precisão na determinação dos fatores que estão limitando a produção. Dessa maneira, a ferramenta poderá contribuir para a adoção de programas adequados de calagem e adubação, com conseqüente incremento da produtividade e redução dos custos, além de amenizar os potenciais riscos de contaminação ambiental, favorecendo a competitividade do setor frutícola no Nordeste do Brasil.

Aplicação do método CND em um banco de dados de bananeiras do estado do Ceará

O presente tópico tem como objetivo desenvolver normas CND para áreas comerciais de bananeiras irrigadas, com base na seleção da subpopulação de alto rendimento, elaborando um software que possibilite a avaliação do estado nutricional da cultura a partir do método CND, empregando-se os resultados de análises químicas de tecido vegetal e avaliação da produtividade de de bananeiras do estado do Ceará.

A fim de utilizar material vegetal para a avaliação do estado nutricional, é importante identificar os principais fatores que influenciam os teores dos elementos na planta, principalmente em relação à época de amostragem e à parte ou posição do órgão que será analisado. Quanto à época de coleta,

para plantas herbáceas, é comum realizar a amostragem das folhas recém-maduras, completamente desenvolvidas.

Com o objetivo de padronizar a amostragem foliar em bananeiras, para que os dados de diferentes pesquisas possam ser comparados, Martin-Prével (1984) estabeleceu o *méthode d'échantillonnage internationale de référence* (Meir), um método de amostragem internacional de referência, que consiste na coleta da terceira folha (f3), contando-se a partir do ápice, na época em que a inflorescência apresenta todas as pencas femininas sem brácteas e com duas ou três pencas masculinas abertas. Dessa f3, retira-se uma faixa central com largura de 10 cm em ambos os lados da folha, desprezando-se a nervura central e as extremidades dessa faixa.

Determinou-se a produtividade e empregou-se o método de amostragem Meir para a avaliação dos teores foliares de 100 talhões comerciais de bananeiras da variedade Prata Catarina, destinadas à produção de frutas in natura, cultivadas em um Cambissolo no município de Russas, CE. Os resultados apresentaram normalidade na distribuição gaussiana dos dados (n=100) pelo teste de Shapiro-Wilk ($p > 0,01$), como descrito por Hair et al. (2005) (Figura 1), aceitando-se, portanto, H_0 , ou seja, os dados têm distribuição normal.

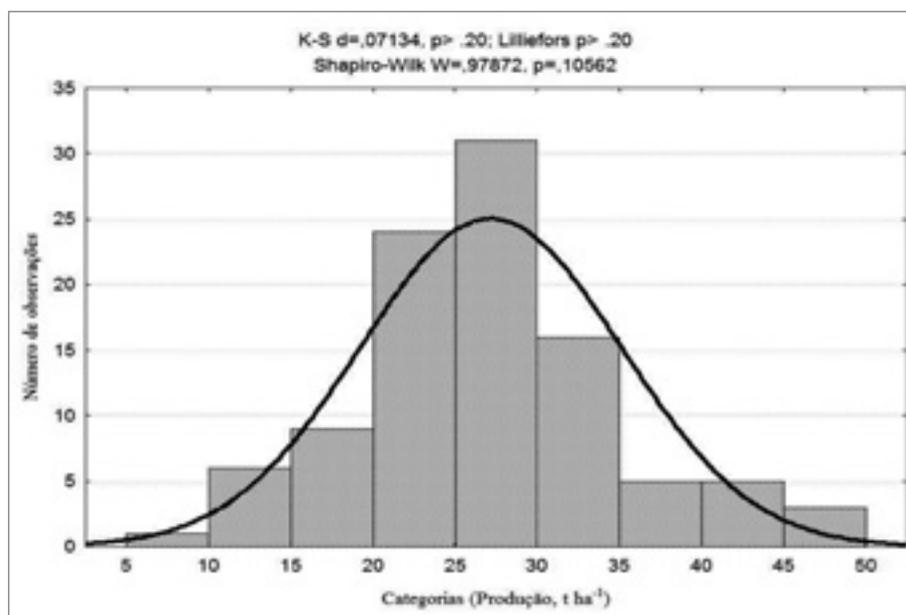


Figura 1. Distribuição gaussiana da produção, n=100.

Apesar de a distribuição gaussiana da produção de bananas ser normal (Figura 1), para análises do diagnóstico da composição nutricional (CND), Parent et al. (2009) indicaram a exclusão de resultados atípicos (*outliers*), que são dados discrepantes no conjunto das observações, que ocasionam distorção no valor da média. Para a exclusão desses dados atípicos em culturas agrícolas, Parent et al. (2009) sugeriram o emprego da distância de Mahalanobis. Assim, após utilizar a referida metodologia nesse banco de dados, excluíram-se 17 resultados atípicos do conjunto de observações, permanecendo 83 resultados que apresentaram variação de produtividade entre 47,2 t ha⁻¹ e 9,4 t ha⁻¹, com média de 26,6 t ha⁻¹ e desvio-padrão de 8 t ha⁻¹.

Previamente à análise dos dados, realizou-se novamente a distribuição gaussiana dos resultados (n=83), como descrito por Hair et al. (2005), verificando-se na Figura 2 distribuição normal para a produtividade, bem como para os elementos avaliados.

Ao explorar inicialmente os resultados, empregou-se a matriz de correlação (Tabela 5), a fim de verificar a existência de correlações significativas, ou seja, a força do relacionamento (linear) entre duas variáveis e o adequado coeficiente de determinação entre os teores de nutrientes, o Na e a produtividade. Não foi possível verificar pela análise univariada nenhuma correlação de Pearson (*r*) elevada que pudesse ser explorada, além de ser pouco adequada à justificativa de que um nutriente isolado fosse capaz de explicar substancialmente a produtividade, como já evidenciado por Geraldson et al. (1973), Marschner (2005) e Rozane et al. (2016).

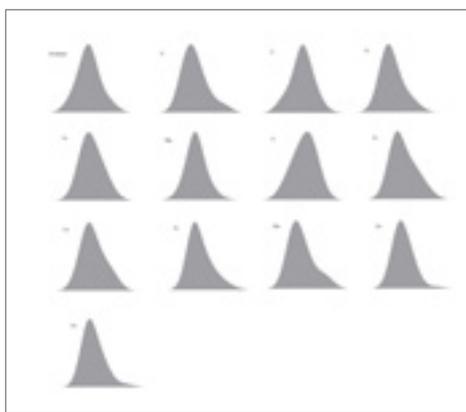


Figura 2. Distribuição gaussiana da produção, dos nutrientes e do sódio, n=83. N: nitrogênio; P: fósforo; K: potássio; Ca: cálcio; Mg: magnésio; S: enxofre; B: boro; Cu: cobre; Fe: ferro; Mn: manganês; Zn: zinco; Na: sódio.

Tabela 5. Matriz de correlação (Pearson) entre os teores foliares de nutrientes, de sódio e de produtividade nos talhões de bananeiras (n=83).

Produtividade	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Na	
N	-0,08	0,01	-0,07	-0,07	-0,11	-0,32 ⁽¹⁾	-0,05	0,23 ⁽¹⁾	-0,12	0,17	0,17	-0,08	-0,24 ⁽¹⁾
P	0,52 ⁽¹⁾		-0,02	0,51 ⁽¹⁾	0,43 ⁽¹⁾	0,06	0,48 ⁽¹⁾	0,38 ⁽¹⁾	0,48 ⁽¹⁾	0,39 ⁽¹⁾	0,45 ⁽¹⁾	0,22 ⁽¹⁾	
K	0,28 ⁽¹⁾			0,05	0,36 ⁽¹⁾	-0,18	0,08	0,31 ⁽¹⁾	0,15	0,24 ⁽¹⁾	-0,02	-0,02	
Ca						-0,08	-0,11	-0,09	0,25 ⁽¹⁾	-0,09	0,03	0,24 ⁽¹⁾	
Mg				-0,23 ⁽¹⁾		0,09	0,58 ⁽¹⁾	0,32 ⁽¹⁾	0,43 ⁽¹⁾	0,33 ⁽¹⁾	0,42 ⁽¹⁾	0,26 ⁽¹⁾	
S					0,65 ⁽¹⁾			0,07	0,29 ⁽¹⁾	0,22 ⁽¹⁾	0,31 ⁽¹⁾	0,24 ⁽¹⁾	
B									0,04	-0,16	0,12	0,32 ⁽¹⁾	
Cu									0,52 ⁽¹⁾	0,25 ⁽¹⁾	0,36 ⁽¹⁾	0,22 ⁽¹⁾	
Fe										0,25 ⁽¹⁾	0,28 ⁽¹⁾	-0,25 ⁽¹⁾	
Mn											0,33 ⁽¹⁾	0,63 ⁽¹⁾	
Zn												0,27 ⁽¹⁾	0,09
													0,50 ⁽¹⁾

⁽¹⁾significativo ($p<0,05$).

Nota: As demais correlações não foram significativas. N: nitrogênio; P: fósforo; K: potássio; Ca: cálcio; Mg: magnésio; S: enxofre; B: boro; Cu: cobre; Fe: ferro; Mn: manganês; Zn: zinco; Na: sódio.

O Cu e o Na foram os elementos que apresentaram as maiores quantidades de correlações significativas, seguidos pelo N, Ca, Mg, Fe e Mn. Entre os elementos, as correlações significativas com coeficiente de determinação os quais chamam a atenção ($>0,50$), podem ser observadas entre N-P, N-Ca, Ca-Mg, Ca-B, Fe-Zn e Fe-Na (Tabela 2).

Apesar das consideráveis exportações (Teixeira et al., 2007) e dos aportes recomendados de N e de K para a cultura da banana (Teixeira et al., 1997), no presente estudo, as correlações entre N e K, e destes com a produtividade, não apresentaram significância (Tabela 5), tampouco superfície de resposta (Figura 3) para indicar relações adequadas a elevadas produtividades.

Procedendo-se à divisão da população de referência dos 83 talhões comerciais, como indicado por Khiari et al. (2001b), observa-se como ponto médio de inflexão na função cumulativa a produtividade de 26,7 t ha⁻¹, valor que foi tomado como base para a determinação da subpopulação de alta produtividade, ou seja, de referência (n=37), como apresentado na Figura 4.

Entre os 83 talhões válidos, ou seja, após a exclusão dos dados atípicos, 37 (45%) apresentaram produtividade superior a 27,0 t ha⁻¹ de banana (primeira produção após o ponto de inflexão) e constituíram a subpopulação de alta produtividade, com valor médio de 33,4 t ha⁻¹ e desvio-padrão de 6 t ha⁻¹. Os demais 46 talhões (55%) constituíram a subpopulação de baixa produtividade, com média de 20,8 t ha⁻¹ e desvio-padrão de 5 t ha⁻¹.

Considerando as relações univariadas entre os teores foliares dos elementos e a produtividade, após a divisão das populações de alta e baixa produtividade, constata-se que nenhuma dessas subpopulações (Tabelas 3 e 4) superou a quantidade de correlações observadas no banco de dados completo (Tabela 2), o que era esperado, haja vista o menor número de observações em cada uma delas, resultando assim em redução do número de ocorrências. Rozane et al. (2016), ao avaliarem um banco de dados de videiras, também fizeram a mesma observação.

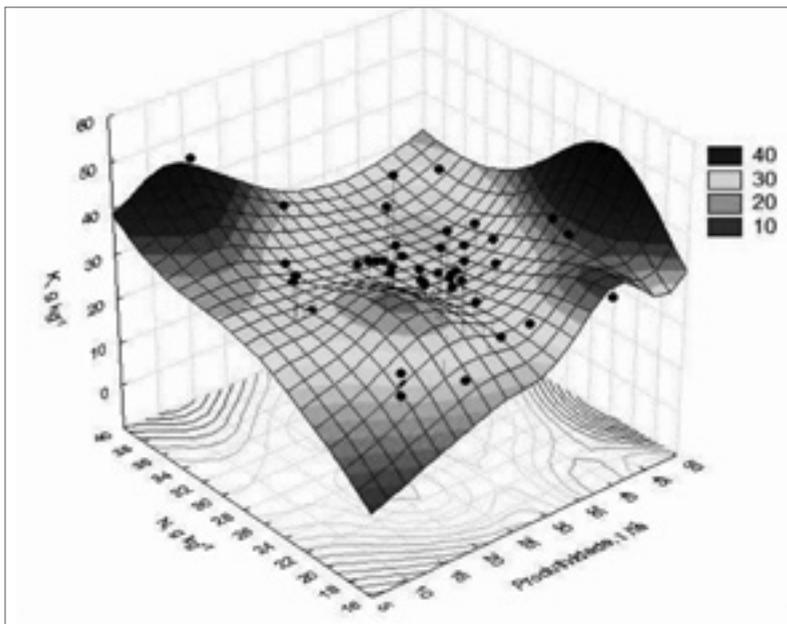


Figura 3. Superfície de resposta entre a produtividade e os teores foliares de nitrogênio (N) e de potássio (K).

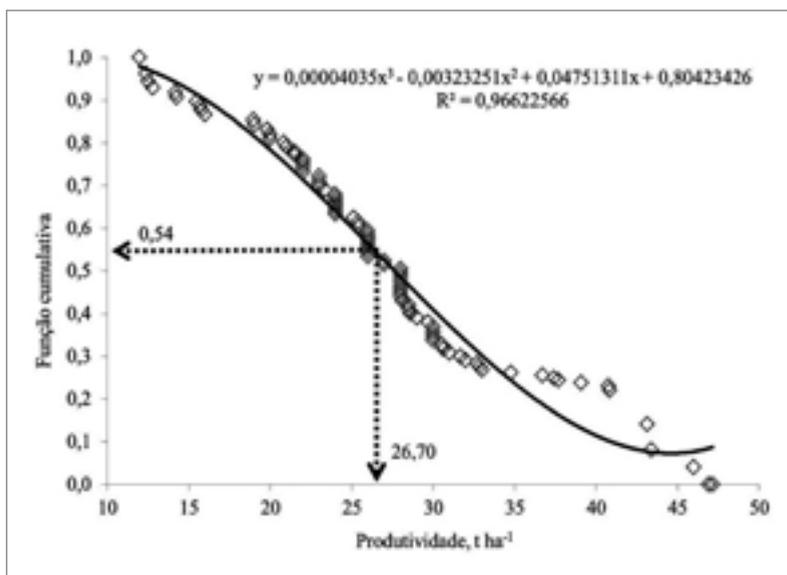


Figura 4. Função cumulativa do banco de dados de banana ‘Catarina’ no estado do Ceará, n=83.

Com a divisão das populações de alta e baixa produtividade, as relações que se destacaram no banco de dados completo (Tabela 5), continuaram em destaque ($p > 0,50$) (Tabelas 6 e 7), sobressaindo na população de alta produtividade as relações P-Mg, Ca-Mg, B-Cu, B-Fe e Fe-Na; para a população de baixa produtividade, merecem destaque as relações N-P, N-Ca, N-B, N-Fe, N-Mn, Ca-Mg, Ca-B, B-Fe, Fe-Zn, Fe-Na e Zn-Na. A relação Fe-Na, em ambas as populações, apresenta forte correlação positiva, em especial na população de alta produtividade ($r = 0,80^*$ - significativo a 5% de probabilidade), o que pode ser explicado pela parcial substituição das funções metabólicas do K pelo Na (Korndorfer, 2006), especialmente em áreas cujas condições de fertilidade estejam aquém das adequadas à cultura. Comumente, isso é evidenciado pela alta disponibilidade de Fe, especialmente nas condições de solos intemperizados, e/ou devido às elevadas exportações nas áreas de alta produtividade. No presente estudo, evidencia-se que o teor médio de K nas populações de alta produtividade é de 26 g kg^{-1} , ou seja, abaixo da faixa considerada adequada por Prezotti (1992) e Silva et al. (2002) à cultura da banana 'Prata'. Isso é indicativo da participação do Na no metabolismo dessa frutífera em áreas com alta produtividade. Inocencio et al. (2014) enfatizaram, ainda, que o aumento da disponibilidade de Na reduziu a absorção de K em mudas de espécies florestais. Constata-se também que os teores médios de K nas populações de alta e baixa produtividade foram de 26 g kg^{-1} e 31 g kg^{-1} , respectivamente, ou seja, ambos considerados insuficientes por Teixeira et al. (1997).

Todas as relações significativas dos teores de nutrientes mais o Na na subpopulação de baixo rendimento apresentaram correlação inversa com a produtividade, o que poderia sugerir carência ou fitotoxicidade desses elementos em áreas com baixa produtividade.

A divisão das populações em alta e baixa produtividade não garante a indicação de faixas seguras de teores de nutrientes que pudessem ser consideradas adequadas. A Tabela 8 apresenta os valores máximos, mínimos, médios e o desvio-padrão dos teores foliares dos nutrientes mais o Na das populações de alta e baixa produtividades, obtidos com o banco de dados.

Tabela 6. Matriz de correlação (Pearson) entre os teores foliares de nutrientes, de sódio e de produtividade nos talhões da subpopulação de bananeiras de alta produtividade (n=37).

Produtividade	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Na
N	0,17	-0,06	0,35 ⁽¹⁾	0,15	-0,15	-0,44 ⁽¹⁾	0,10	0,29	0,24	-0,10	0,45*	0,06
P	0,44		-0,12	0,44 ⁽¹⁾	0,41 ⁽¹⁾	0,19	0,38 ⁽¹⁾	0,52 ⁽¹⁾	0,22	0,10	0,36 ⁽¹⁾	-0,08
K	0,21	0,13	0,52 ⁽¹⁾	0,13	-0,02	0,19	0,00	0,11	0,11	0,11	-0,11	-0,17
Ca	-0,02	-0,19	-0,15	0,08	0,00	0,32	0,06	0,05	0,25	0,06	0,05	0,25
Mg	0,53 ⁽¹⁾	0,11	0,60 ⁽¹⁾	0,46 ⁽¹⁾	0,42 ⁽¹⁾	0,22	0,27	0,24	0,24	0,22	0,27	0,24
S	0,37 ⁽¹⁾	0,18	0,03	0,09	0,00	0,03	0,16	0,16	0,16	0,09	0,03	0,16
B	-0,10	-0,43 ⁽¹⁾	0,13	0,01	0,01	0,13	0,01	0,14	0,28	0,13	-0,14	0,28
Cu	0,57 ⁽¹⁾	0,60 ⁽¹⁾	0,15	0,46 ⁽¹⁾	0,15	0,60 ⁽¹⁾	0,15	0,46 ⁽¹⁾	0,40 ⁽¹⁾	0,60 ⁽¹⁾	0,15	0,40 ⁽¹⁾
Fe	0,18	0,11	0,44 ⁽¹⁾	-0,22	0,18	0,18	0,11	0,44 ⁽¹⁾	-0,22	0,18	0,11	-0,22
Mn	0,20	0,42 ⁽¹⁾	0,80 ⁽¹⁾	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,20	0,42 ⁽¹⁾	0,80 ⁽¹⁾
Zn	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25

⁽¹⁾Significativo ($p < 0,05$).

Nota: As demais correlações não foram significativas. N: nitrogênio; P: fósforo; K: potássio; Ca: cálcio; Mg: magnésio; S: enxofre; B: boro; Cu: cobre; Fe: ferro; Mn: manganês; Zn: zinco; Na: sódio.

Tabela 7. Matriz de correlação (Pearson) entre os teores foliares de nutrientes, de Na e de produtividade nos talhões da subpopulação de bananeiras de baixa produtividade (n=46).

Produtividade	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Na
N	-0,35 ⁽¹⁾	-0,08	0,06	-0,31 ⁽¹⁾	-0,25	-0,01	-0,38 ⁽¹⁾	0,01	-0,15	0,18	-0,19	-0,31 ⁽¹⁾
P	0,54 ⁽¹⁾	0,01	0,53 ⁽¹⁾	0,38 ⁽¹⁾	0,02	0,60 ⁽¹⁾	0,28	0,55 ⁽¹⁾	0,51 ⁽¹⁾	0,47 ⁽¹⁾	0,33 ⁽¹⁾	
K	0,42 ⁽¹⁾	-0,04	0,17	-0,42 ⁽¹⁾	0,26	0,36 ⁽¹⁾	0,25	0,29	0,01	0,02		
Ca	-0,41 ⁽¹⁾	-0,14	-0,15	-0,22	-0,07	0,18	-0,11	-0,02	0,19			
Mg	0,74 ⁽¹⁾	0,08	0,52 ⁽¹⁾	0,20	0,42 ⁽¹⁾	0,39 ⁽¹⁾	0,49 ⁽¹⁾	0,24				
S	0,01	0,32 ⁽¹⁾	0,02	0,35 ⁽¹⁾	0,30 ⁽¹⁾	0,41 ⁽¹⁾	0,29					
B	-0,20	-0,46 ⁽¹⁾	-0,04	-0,17	0,20	0,20	0,27					
Cu	0,44 ⁽¹⁾	0,56 ⁽¹⁾	0,32 ⁽¹⁾	0,39 ⁽¹⁾	0,17	0,17	0,17					
Fe	0,34 ⁽¹⁾	0,26	0,26	0,27	-0,27	-0,27	-0,27					
Mn	0,40 ⁽¹⁾	0,73 ⁽¹⁾	0,56 ⁽¹⁾	0,56 ⁽¹⁾	0,56 ⁽¹⁾	0,56 ⁽¹⁾	0,56 ⁽¹⁾					
Zn	0,34 ⁽¹⁾	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09					
	0,60 ⁽¹⁾											

⁽¹⁾ Significativo ($p < 0,05$).

Nota: As demais correlações não foram significativas. N: nitrogênio; P: fósforo; K: potássio; Ca: cálcio; Mg: magnésio; S: enxofre; B: boro; Cu: cobre; Fe: ferro; Mn: manganês; Zn: zinco; Na: sódio.

Tabela 8. Valores mínimos, máximos, médios e desvio-padrão dos teores foliares dos nutrientes mais o sódio em folhas de bananeiras e produtividade nas subpopulações de alta e baixa produtividades, bem como as faixas de suficiência indicadas para as variedades Prata e Prata-anã.

Elementos	Alta produtividade			Baixa produtividade			'Prata' ⁽¹⁾	'PrataAnã' ⁽²⁾		
	Máximo	Mínimo	Média	Máximo	Mínimo	Média				
N (g kg ⁻¹)	36,6	18,9	25,3	3,8	38,0	17,8	25,4	5,2	27 - 36	25 - 29
P (g kg ⁻¹)	2,2	1,1	1,7	0,3	2,1	1,1	1,6	0,2	1,8 - 2,7	1,5 - 1,9
K (g kg ⁻¹)	52,5	13,5	26,0	8,0	57,5	17,0	30,7	10,3	30 - 54	27 - 35
Ca (g kg ⁻¹)	13,3	2,8	7,6	2,4	13,3	4,4	7,8	2,3	1,2 - 2,5	4,5 - 7,5
Mg (g kg ⁻¹)	6,9	2,3	5,0	1,0	8,3	3,3	5,0	1,1	3 - 6	2,4 - 4
S (g kg ⁻¹)	2,2	0,3	1,3	0,5	2,4	0,3	1,5	0,5	2 - 3	1,7 - 2,0
B (mg kg ⁻¹)	42	7	20	10	37	6	19	8	10 - 25	10 - 25
Cu (mg kg ⁻¹)	15	3	8	3	16	1	6	4	6 - 30	2,6 - 8,8
Fe (mg kg ⁻¹)	185	38	91	40	255	43	108	59	80 - 360	72 - 157
Mn (mg kg ⁻¹)	165	16	74	36	283	20	57	51	20 - 200	173 - 630
Zn (mg kg ⁻¹)	28	10	18	4	52	10	20	10	20 - 50	14 - 25
Na (mg kg ⁻¹)	200	10	50	44	300	10	71	54		
Produtividade (t ha ⁻¹)	47,2	27,0	33,4	6,1	26,0	9,4	20,8	4,7		

⁽¹⁾Prezotti (1992); ⁽²⁾Silva et al. (2002). N: nitrogênio; P: fósforo; K: potássio; Ca: cálcio; Mg: magnésio; S: enxofre; B: boro; Cu: cobre; Fe: ferro; Mn: manganês; Zn: zinco; Na: sódio.

Os teores médios \pm s dos nutrientes avaliados nas subpopulações de alta e baixa produtividades não apresentaram diferenças quanto a sua classificação nas faixas de teores considerados adequados por Prezotti (1992) ou Silva et al. (2002) (Tabela 5), o que evidencia a necessidade da implantação de métodos multivariados para a diagnose do estado nutricional.

A indicação univariada não está representando a contento os coeficientes de determinação, nem as correlações significativas. Assim a utilização da relação entre o índice de desequilíbrio nutricional ($CND-r^2$) e a distância de Mahalanobis (D^2) da população de referência (Figura 5) evidencia que quanto maior a distância (D^2), maior é o desequilíbrio nutricional ($CND-r^2$). Resultados inferiores, porém significativos, foram relatados por Khiari et al. (2001b) em batata, em pesquisa realizada no Canadá, na qual os autores obtiveram $R^2 = 0,34$, e em videiras no Rio Grande do Sul, por Rozane et al. (2016), em que os autores observaram $R^2 = 0,42$.

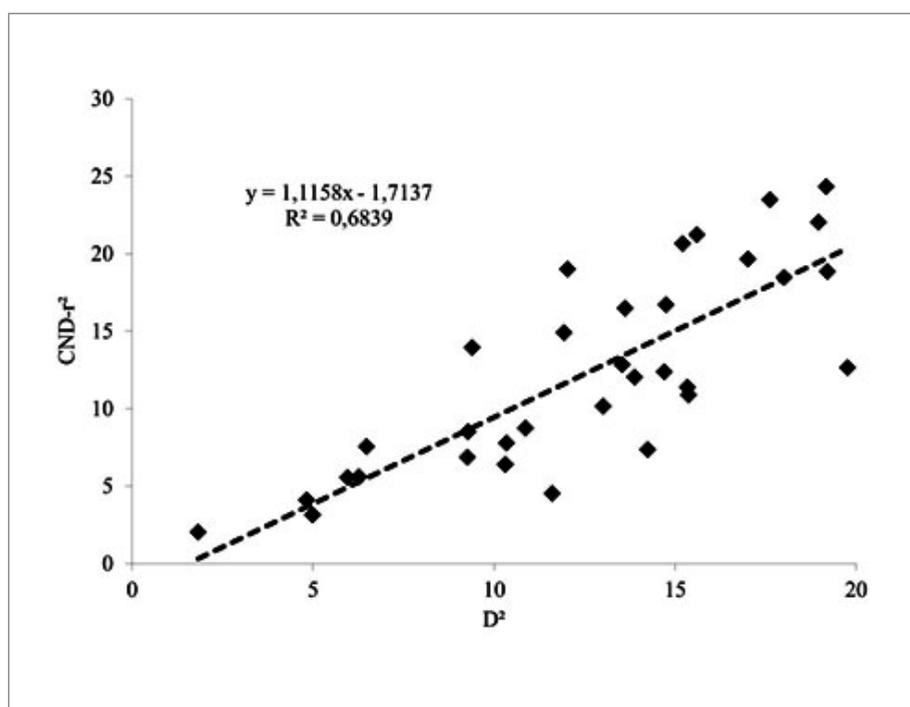


Figura 5. Índice de desequilíbrio nutricional ($CND-r^2$) e distância de Mahalanobis (D^2) na população de referência ($n=37$) de bananeiras 'Prata Catarina'.

As normas CND para a bananeira 'Prata Catarina' foram elaboradas de acordo com Khiari et al. (2001a), Parent e Dafir (1992) e Parent et al. (2005, 2009), resultando no software CND-Banana¹. No mesmo site, é possível consultar outros programas já desenvolvidos, como o CND-Goiaiba, o CND-Manga e o CND-Atemoia.

Com base nos teores médios sugeridos como adequados a bananeiras 'Prata' por Prezotti (1992) e ao analisar os teores normais médios como amostra foliar para comparação com os padrões avaliados pelas normas CND, observou-se que os índices IN, IP, IK, ICa, IMg, IS, IB, ICu, IFe, IMn e IZn foram: -0,4; 0,1; 0,8; -6,8; -1,8; 1,0; -0,8; 1,7; 2,3; 0,5; 1,8, respectivamente, sendo o $CND-r^2 = 63,3$.

Usando a mesma analogia, com base nos teores médios sugeridos como adequados a bananeiras 'Prata anã' por Silva et al. (2002) e ao analisar os teores normais médios como amostra foliar para comparação com os padrões avaliados pelas normas CND, observou-se que os índices IN, IP, IK, ICa, IMg, IS, IB, ICu, IFe, IMn e IZn foram: -0,7; -0,8; 0,1; -1,6; -2,9; 0,6; -0,6; -1,0; 0,4; 3,4; -0,5, respectivamente, sendo o $CND-r^2 = 25,9$.

Nas condições em que a pesquisa foi realizada e ao utilizar o teor médio das normas indicado por Prezotti (1992), verifica-se que as normas subestimam os valores de Ca e de Mg e superestimam os de Cu, de Fe e de Zn, resultando em desequilíbrio ($CND-r^2 = 63,3$), ou seja, aquém do adequado, conforme indicado nos parâmetros da Tabela 6. Com relação à indicação de Silva et al. (2002), as normas subestimam os teores de Ca, de Mg e de Cu e superestimam o de Mn, o que também resulta em consequente desequilíbrio ($CND-r^2 = 25,9$), como indicado na Tabela 9.

Contudo há que se considerar o emprego de normas específicas em vez de gerais, como sugerem Parent et al. (2013a, 2013b), Rozane et al. (2015a, 2015b, 2016), Silva et al. (2005) e Souza et al. (2016).

¹ Disponível em: <<http://www.registro.unesp.br/#!/sites/cnd/>>.

Tabela 9. Desvio médio e distorção dos índices nutricionais na população de referência (n=37) de bananeiras 'Prata Catarina'.

Parâmetros	IN	IP	IK	ICa	IMg	IS	IB	ICu	IFe	IMn	IZn	INa	CND-r ²
Desvio médio	0,78	0,75	0,73	0,73	0,80	0,78	0,81	0,78	0,83	0,77	0,77	0,83	5,46
Distorção	-0,03	0,08	0,29	-0,15	0,01	-1,11	-0,23	-0,19	0,27	-0,54	0,07	0,03	0,40

Considerações finais

O agronegócio e, em especial a fruticultura, desempenham papel importante na economia brasileira. Entretanto os solos tropicais nos quais essa atividade se desenvolve impõem restrições, particularmente químicas e nutricionais às plantas. Para alcançar altas produtividades, mas com qualidade dos frutos colhidos, a fim de atender à crescente exigência dos consumidores, deve-se lançar mão de todas as ferramentas disponíveis, com destaque para a avaliação do estado nutricional das culturas. O atendimento das necessidades das frutíferas passa pela utilização de quantidades elevadas de insumos, aumentando os custos de produção. Desse modo, tem havido aprimoramento dos métodos de diagnose vegetal nas últimas décadas, haja vista ser um processo dinâmico e que evolui conforme se obtém maior conhecimento sobre as exigências das plantas. Garantir a aplicação dos elementos essenciais às culturas significa melhorar a relação benefício/custo pelo aumento da produtividade, sem desperdício de recursos e sem contaminar o ambiente. Desse modo, é primordial que mais pesquisas, especialmente de campo, sejam conduzidas, a fim de produzir alimentos cada vez mais saudáveis, de melhor qualidade e com menor custo, considerando as reais necessidades das plantas.

Referências

- AITCHISON, J. **The statistical analysis of compositional data**. London: Chapman & Hall, 1986. 416 p. DOI: 10.1007/978-94-009-4109-0.
- BATES, T. E. Factors affecting critical nutrient concentrations in plants and their evaluation: a review. **Soil Science**, v. 112, n. 2, p. 116-130, 1971. DOI: 10.1097/00010694-197108000-00005.
- BEAUFILS, E. R. **Diagnosis and recommendation integrated system (DRIS)**. Pietermaritzburg: University of Natal, 1973. 132p. (Soil science bulletin, 1).
- BHARGAVA, B. S.; CHADHA, K. L. Leaf nutrient guide for fruit and plantation crops. **Fertilizer News**, v. 33, n. 7, p. 21-29, 1988.
- BOARETTO, A. E.; NATALE, W. Importância da nutrição adequada para produtividade e qualidade dos alimentos. In: PRADO, R. de M.; CECÍLIO FILHO, A. B. (org.). **Nutrição e adubação de hortaliças**. Jaboticabal: FCAV: Capes, 2016. v. 1, p. 45-74.
- BOULD, C. Leafanalysis of deciduous fruits. In: CHILDERS, N.F. (ed.). **Temperate to tropical fruit nutrition**. New Jersey: Rutgers University, 1966. p. 651684. (Horticultural publications).
- CRISOSTOMO, L. A.; PIMENTEL, C. R. M.; MIRANDA, F. R. de; OLIVEIRA, V. H. de. Cajueiro -Anão Precoce. In: CRISOSTOMO, L. A.; NAUMOV, A. (org.). **Adubando para alta produtividade e qualidade: fruteiras tropicais do Brasil**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2009. Cap. 3, p. 50-69.
- EGOZCUE, J. J.; PAWLOWSKY-GLAHN, V. Groups of parts and their balances in compositional data analysis. **Mathematical Geology**, v. 37, n. 7, p. 795-828, Oct. 2005. DOI: 10.1007/s11004-005-7381-9.
- EGOZCUE, J. J.; PAWLOWSKY-GLAHN, V.; MATEU-FIGUERAS, G.; BARCELÓ-VIDAL, C. Isometric logratio transformations for compositional data analysis. **Mathematical Geology**, v. 35, n. 3, p. 279-300, 2003.
- FAO. **Des sols sains sont le fondement d'une production alimentaire saine**. Rome, 2015. 4 p. Disponível em: <http://www.fao.org/3/a-i4405f.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2017.
- FAO. **FAOSTAT**. [s.n.t]. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data>. Acesso em: 16 mar. 2017.
- FRUTICULTURA, balanço 2016, perspectivas 2017. [s.l.]: DocPlayer, 2016. Disponível em: <http://docplayer.com.br/45977432-Balanco-2016-perspectivas-fruticultura.html>. Acesso em: 5 dez. 2016.
- GERALDSON, C. M.; KLACAN, G. R.; LORENZ, O. A. Plant analysis as an aid in fertilizing vegetable crops. In: WALSH, L. M.; BEATON, J. D. (ed.). **Soil testing and plant analysis**. Madison: Soil Science Society of America, 1973. p. 365-379.
- GROS, A. **Engrais: guide pratique de la fertilisation**. 6. éd. Paris: Librairie de l'Académie d'Agriculture, 1974. 436 p.
- HAIR, J. F.; TATHAM, F. R.; ANDERSON, R. E.; BLACK, W. **Análise multivariada de dados**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005. 680 p.

- HOLLAND, D. A. The interpretation of leaf analysis. **Journal of Horticultural Science**, v. 41, n. 4, p. 311-329, 1966.
- IBGE. **Produção agrícola municipal**. 2015. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>. Acesso em: 16 mar. 2017.
- INOCENCIO, M. F.; CARVALHO, J. G. de; FURTINI NETO, A. E. Potássio, sódio e crescimento inicial de espécies florestais sob substituição de potássio por sódio. **Revista Árvore**, v. 38, n. 1, p. 113-126, jan./fev. 2014. DOI: 10.1590/S0100-67622014000100011.
- KHIARI, L.; PARENT, L. É.; TREMBLAY, N. Critical compositional nutrient indexes for sweet corn at early growth stage. **Agronomy Journal**, v. 93, n. 4, p. 809-814, 2001b. DOI: 10.2134/agronj2001.934809x.
- KHIARI, L.; PARENT, L. É.; TREMBLAY, N. Selecting the high-yield subpopulation for diagnosing nutrient imbalance in crops. **Agronomy Journal**, v. 93, n. 4, p. 802-808, 2001a. DOI: 10.2134/agronj2001.934802x.
- KORNDORFER, G. H. Elementos benéficos. In: FERNANDES, M. S. (ed.). **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p. 355-374.
- LAGATU, H.; MAUME, L. Le diagnostic foliaire de lapomme de terre. **Annales de L'Ecole Nationale d'Agriculture de Montpellier**, v. 22, p. 50-158, 1934a.
- LAGATU, H.; MAUME, L. Recherchessur lê diagnostic foliaire. **Annales de L'Ecole Nationale d'Agriculture de Montpellier**, v. 22, p. 257-306, 1934b.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: POTAFÓS, 1997. 319 p.
- MARQUES, F. A.; NASCIMENTO, A. F. do; ARAUJO FILHO, J. C. de; SILVA, A. B. da. **Solos do nordeste**. Recife: Embrapa Solos, 2014. 8 p. 1 Cartilha.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 6th ed. London: Academic Press, 2005. 889 p.
- MARTIN-PRÉVEL, P. Bananier. In: MARTIN-PRÉVEL, P.; GAGNARD, J.; GAUTIER, P. (ed.). **L'analyse végétale dans le contrôle de l'alimentation des plantes tempérée set tropicales**. Paris: Tec&Doc, 1984. p. 715-751.
- MARTINEZ, H. E. P.; CARVALHO, J. G.; SOUZA, R. B. Diagnose foliar. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARAES, P. T. G.; ALVAREZ V. V. H. (ed.). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5a. aproximação**. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 143-168.
- OLIVEIRA, S. A. Análise foliar. In: SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E. (ed.). **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2004. p. 245-256
- PARENT, L. E. Diagnosis of the nutrient compositional space of fruit crops. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n. 1, p. 321-334, Mar. 2011. DOI: 10.1590/S0100-29452011000100041.
- 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.
- PARENT, L. E.; KHIARI, L.; PETTIGREW, A. Nitrogen diagnosis of Christmas tree needle greenness. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 85, n. 4, p. 939-947, 2005. DOI: 10.4141/P03-101.

PARENT, L. E. ; NATALE, W . CND como alternativa a sistemas de alta produtividade: vantagens e benefícios. In: PRADO, R. de M.; ROZANE, D. E.; VALE, D. W. do; CORREIA, M. A. R.; SOUZA, H. A. de (ed.). **Nutrição de Plantas: Diagnose foliar em grandes culturas**. Jaboticabal: UNESP, 2008. p. 105-114.

PARENT, L. E.; NATALE, W.; ZIADI, N. Compositional nutrient diagnosis of corn using the Mahalanobis distance as nutrient imbalance index. **Canadian Journal of Soil Science**, v. 89, n. 4, p. 383-390, 2009. DOI: 10.4141/cjss08050.

PARENT, S. E.; PARENT, L. E.; EGOZCUE, J. J.; ROZANE, D.-E.; HERNANDES, A.; LAPOINTE, L.; HÉBERT-GENTILE, V.; NAESS, K.; MARCHAND, S.; LAFOND, J.; JUNIOR MATTOS, D.; BARLOW, P.; NATALE, W. The plant ionome revisited by the nutrient balance concept. **Frontiers in Plant Science**, v. 4, Article 39, p. 1-10, 2013a. DOI: 10.3389/fpls.2013.00039.

PARENT, S. E.; PARENT, L. E.; ROZANE, D. E.; HERNANDES, A.; NATALE, W. Nutrient balance as paradigm of soil and plant chemometrics. In: ISSAKA, R. N. (ed.). **Soil fertility**. London: IntechOpen, 2012. Cap. 4, p. 83-114. DOI: 10.5772/53343.

PARENT, S. E.; PARENT, L. E.; ROZANE, D. E.; NATALE, W. Plant ionome diagnosis using sound balances: case study with mango (*Mangifera indica*). **Frontiers in Plant Science**, v. 4, Article 449, p. 1-12, Nov. 2013b. DOI: 10.3389/fpls.2013.00449.

PREVOT, P.; OLLAGNIER, M. Méthode d'utilisation du diagnostic foliaire. In: WALLACE, T. **Plant analysis and fertilizer problems**. Paris: lhro, 1956. p. 177-192.

PREZOTTI, L. C. **Recomendações de calagem e adubação para o Estado do Espírito Santo: 3ª aproximação**. Vitória: Emcapa, 1992. 73 p. (Emcapa. Circular técnica, 12).

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (ed.). **Recomendacoes de adubacao e calagem para o estado de Sao Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agronomico, 1996. 285 p. (IAC. Boletim técnico, 100).

ROZANE, D. E.; BRUNETTO, G.; MELO, G. W. B. de; NATALE, W.; PARENT, S. E.; SANTOS, E. M. H. dos; ZALAMENA, J.; PARENT, L. E. Avaliação do estado nutricional de videiras pela Diagnose da Composição Nutricional - CND. In: MELO, G. W. B. de; ZALAMENA, J.; BRUNETTO, G.; CERETTA, C. A. **Calagem, adubação e contaminação em solos cultivados com videiras**. Bento Gonçalves, RS: Embrapa uva e Vinho, p. 45-61, 2016. (Embrapa uva e Vinho. Documentos, 100).

ROZANE, D. E.; MATTOS JUNIOR, D.; PARENT, S. É.; NATALE, W.; PARENT, L. E. Meta-analysis in the selection of groups in varieties of citrus. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 46, n. 15, p. 1948-1959, jul. 2015a. DOI: 10.1080/00103624.2015.1069307.

ROZANE, D. E.; PARENT, L. E.; NATALE, W. Evolution of the predictive criteria for the tropical fruit tree nutritional status. **Científica**, v. 44, n. 1, p. 102-112, 2015b.

SERRANO, L. A. P.; PESSOA, P. F. A. P. Aspectos econômicos da cultura do cajueiro. In: SERRANO, L. A. L. (ed.). **Sistema de produção do caju**. 2. ed. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2016. Versão eletrônica. (Embrapa Agroindústria Tropical. Sistema de produção, 1).

SILVA, G. G. C. da; NEVES, J. C. L.; ALVAREZ V., V. H.; LEITE, F. P. Avaliação da universalidade das normas DRIS, M-DRIS e CND. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, p. 755-761, 2005. DOI: 10.1590/S0100-06832005000500011.

SILVA, L. B. E.; OLIVEIRA, L. F. C.; NASCIMENTO, J. L. Estimativa da demanda suplementar de irrigação da banana (*Musa sp.*) para diferentes épocas de plantio em Goiânia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 17., 2002, Belém, PA. **Anais...** Belém, PA: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 2002. 1 CD ROM.

SILVA, M. A. C. Importância dos critérios de amostragem de folhas. In: PRADO, R. de M.; ROZANE, D. E.; VALE, D. W. do; CORREIA, M. A. R.; SOUZA, H. A. de. (ed.). **Nutrição de plantas: diagnose foliar em grandes culturas**. Jaboticabal: UNESP, 2008. p. 61-82.

SOUZA, H. A.; PARENT, S. É.; ROZANE, D. E.; AMORIM, D. A.; MODESTO, V. C.; NATALE, W.; PARENT, L. E. Guava waste to sustain guava (*Psidiumguajava*) agroecosystem: nutriente “balance” concepts. **Frontiers in Plant Science**, v. 7, p. 1-13, Aug. 2016. DOI: 10.3389/fpls.2016.01252.

SOUZA, L. S.; VIEIRA NETO, R. D. Adubação. In: BORGES, A. L. (ed.). **Cultivo da banana para o ecossistema dos Tabuleiros Costeiros**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2016. Versão eletrônica. (Embrapa Mandioca e Fruticultura. Sistema de Produção, 4).

TANIGUCHI, C. A. K.; CRISÓSTOMO, L. A. Adubação do cajueiro. In: SERRANO, L. A. L. (ed.). **Sistema de produção do caju**. 2. ed. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2016b. Versão eletrônica. (Embrapa Agroindústria Tropical. Sistema de produção, 1).

TANIGUCHI, C. A. K.; CRISÓSTOMO, L. A. Clima e solo para o cajueiro. In: SERRANO, L. A. L. (ed.). **Sistema de produção do caju**. 2. ed. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2016a. Versão eletrônica. (Embrapa Agroindústria Tropical. Sistema de produção, 1).

TEIXEIRA, L. A. J.; NATALE, W.; BETTIOL NETO, J. E.; MARTINS, A. L. M. Nitrogênio e potássio em bananeira via fertirrigação e adubação convencional – atributos químicos do solo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 29, n. 1, p. 143-152, 2007. DOI: 10.1590/S0100-29452007000100031.

TEIXEIRA, L. A. J.; SPIRONELLO, A.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, P. Banana. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (ed). **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. 2. ed.rev. atual. Campinas: IAC: FUNDAG, 1997. p. 131-132. (IAC. Boletim técnico, 100).

TREICHEL, M.; KIST, B. B.; SANTOS, C. E. dos; CARVALHO, C. de; BELING, R. R. **Anuário brasileiro da fruticultura 2016**. Santa Cruz do Sul: Gazeta Santa Cruz, 2016. 88 p.

ULRICH, A.; HILLS, F. J. Principles and practices of plant analysis. In: HARDY, G. W. (ed.). **Soil testing and plant analysis**. Madison: Soil Science Society of America, 1967. p. 11-24. (SSSA. Special publication, 2).

WALWORTH, J. L.; SUMNER, M. E. Foliar diagnosis: a review. In: TINKER, P. B.; LAUCHLI, A. (ed.). **Advances in plant nutrition**. New York: Praeger, 1988. p. 193-240.

WALWORTH, J. L.; SUMNER, M. E. The Diagnosis and Recommendation integrated system (DRIS). In: STEWART, B. A. (ed.). **Advances in soil science**. New York: Springer, 1987. v. 6, p. 149-188. DOI: 10.1007/978-1-4612-4682-4_4.