



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DO SOLO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO

THAIS DA SILVA MARTINS

**FOLHA-DIAGNÓSTICA E FAIXA CRÍTICA DE NUTRIENTES EM FOLHAS DE
CAJUEIRO-ANÃO**

FORTALEZA
2019

THAIS DA SILVA MARTINS

FOLHA-DIAGNÓSTICA E FAIXA CRÍTICA DE NUTRIENTES EM FOLHAS DE
CAJUEIRO-ANÃO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Ciência do Solo. Área de concentração: Química, Fertilidade e Biologia do Solo.

Orientador: Profa. Dra. Adriana Guirado Artur.
Coorientador: Dr. Luiz Augusto Lopes Serrano.

FORTALEZA

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

M347f Martins, Thais da Silva.
Folha-diagnóstica e faixa crítica de nutrientes em folhas de cajueiro-anão / Thais da Silva Martins. – 2019.
49 f. : il. color.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Fortaleza, 2019.

Orientação: Profa. Dra. Adriana Guirado Artur.

Coorientação: Prof. Dr. Luiz Augusto Lopes Serrano.

1. Anacardium occidentale L. . 2. Diagnose foliar. 3. Teores de nutrientes. I. Título.

CDD 631.4

THAIS DA SILVA MARTINS

FOLHA-DIAGNÓSTICA E FAIXA CRÍTICA DE NUTRIENTES EM FOLHAS DE
CAJUEIRO-ANÃO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Ciência do Solo. Área de concentração: Química, Fertilidade e Biologia do Solo.

Aprovada em: 26 / 02 / 2019.

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Adriana Guirado Artur (Orientadora)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dr. Luiz Augusto Lopes Serrano (Coorientador)
Embrapa agroindústria Tropical

Prof. Dr. William Natale
Universidade Federal do Ceará (UFC)

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela dádiva da vida, por guiar meus passos e estar presente em todos os momentos preparando tudo de uma forma especial, me fazendo contemplar todos os dias o seu amor, cuidado e fidelidade.

Aos meus pais Francisco Martins e Maria Martins e ao meu irmão Thiago Martins por todo apoio, amor e por estarem sempre na torcida.

Ao meu esposo Jonas Torres por todo incentivo, compreensão e amor que me fazem prosseguir.

À Universidade Federal do Ceará e ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo e todos os professores, que de alguma forma contribuíram para o meu crescimento pessoal e profissional.

À Embrapa Agroindústria Tropical pela oportunidade de realização do projeto de pesquisa.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES pela concessão da bolsa de estudos.

À minha orientadora Adriana Guirado, pelo incentivo e por passar da melhor forma possível instruções que levarei para toda a vida.

Aos meus coorientadores, Dr. Carlos Taniguchi e Dr. Luiz Serrano, que desde a época da graduação sempre me instruíram e me passaram o exemplo de grandes profissionais, além de despertarem em mim o interesse pela pesquisa. Serei eternamente grata!

Ao professor William Natale pelas contribuições para o aperfeiçoamento deste trabalho e por toda disponibilidade em ajudar.

Aos funcionários do Campo Experimental da Embrapa, em Pacajus, pelo apoio operacional na realização dessa pesquisa.

Ao secretário do Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo, Edilson Dote pela gentileza e por estar sempre disposto a atender com muita dedicação.

Aos amigos que tornaram as rotinas do Laboratório de Solos bem menos cansativas. Em especial a Vanderléia Oliveira, a “Vandi”, pela amizade durante esse tempo e por todos os ensinamentos, pelo cuidado de mãe.

À minha amiga e irmã Esraelda Araújo, por sua amizade durante esse período, que tornaram as rotinas de estudo e execução do trabalho bem mais leves, por sua torcida mesmo que distante para que tudo desse certo.

Aos amigos da turma de mestrado 2017.1, Tancio Gutier, Wesley Souza e Gilcivan Moreira por todo o apoio durante esse período, pelo sentimento de equipe que existiu desde o início e que fizeram com que nascesse uma amizade que sem dúvidas levarei para sempre.

A todos que, embora, não mencionados contribuíram para que a realização desse trabalho fosse possível, independentemente do tipo de contribuição, sem dúvidas até mesmo simples palavras de apoio foram importantes.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

“Do solo fez o Senhor Deus nascer todos os tipos de árvores agradáveis aos olhos e boas para alimento. Gênesis 2:9.”

RESUMO

A diagnose foliar é um dos métodos utilizados para a avaliação do estado nutricional de plantas perenes, entretanto, para o cajueiro, o emprego dessa técnica é ainda incipiente. Não existe indicação de qual folha amostrar, além de não haver tabela para a interpretação dos teores de nutrientes nas folhas de cajueiro-anão. Com este estudo, objetivou-se a definição da folha-diagnóstica e a faixa crítica de nutrientes nas folhas de cajueiro-anão. Amostras de folhas foram coletadas em um pomar de cajueiro implantado no ano de 2011, com quatro clones: ‘CCP 76’, ‘BRS 189’, ‘BRS 226’ e ‘BRS 265’. As amostragens de folhas foram realizadas em 2015, 2016, 2017 e 2018, coletando-se folhas em 10 plantas por linha, no início da época do florescimento (junho/agosto). Em cada planta foram coletadas folhas de quatro ramos com inflorescência, nas posições norte, sul, leste e oeste, em uma altura média da planta ($\approx 1,60$ m). Foi coletada a primeira folha completamente expandida até a sexta, a partir da inflorescência em direção a base do ramo. Após a coleta, as folhas foram lavadas, secas em estufa de circulação forçada de ar e posteriormente, moído e armazenado. Em seguida, foram determinados os teores totais de macro e micronutrientes e de sódio nas amostras. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, em esquema de parcelas subdivididas, sendo os clones de cajueiro na parcela principal, a posição das folhas nos ramos nas subparcelas e quatro repetições. Os teores de P, K, Ca, Mg, Mn e Zn foram influenciados pela interação entre os clones e a posição da folha no ramo de cajueiro-anão. Os clones ‘BRS 189’ e ‘BRS 265’ apresentaram, para a maioria dos nutrientes e para o sódio, os maiores e os menores teores nas folhas de cajueiro-anão, respectivamente. De modo geral, a 5ª e 6ª folha do ramo apresentam os maiores teores de nutrientes e de sódio e os menores coeficientes de variação, podendo assim ser indicadas como folha-diagnóstica para a avaliação do estado nutricional do cajueiro-anão. A diferença nos teores de nutrientes nas folhas de quatro clones de cajueiro-anão permite a obtenção da faixa crítica de nutrientes específica para cada genótipo.

Palavras-chave: *Anacardium occidentale* L. Diagnose foliar. Teores de nutrientes.

ABSTRACT

Foliar diagnosis is one of the methods used to evaluate the perennial plants nutritional status, however, for cashew crop, the use of this technique is still incipient. There is no indication of which leaf to sample, and there is no table for the interpretation of nutrient contents in dwarf cashew leaves. The objective of this study was to define the index leaf and the critical nutrient range in dwarf cashew genotypes leaves. Leaf samples were collected in a cashew orchard planted in 2011, with four clones: 'CCP 76', 'BRS 189', 'BRS 226' and 'BRS 265'. Leaf samples were collected in 2015, 2016, 2017 and 2018, with 10 plants per line at the beginning of the flowering season (June/August). In each plant, leaves from four branches with inflorescence were collected, at the north, south, east and west positions, at a mean plant height (≈ 1.60 m). The first until the sixth fully expanded leaf was collected, from the inflorescence towards the base of the branch. After collection, the leaves were washed, dried in a forced air circulation oven, and then ground and stored. Then, the total macro and micronutrients and sodium contents were determined in the samples. The experimental design was a randomized complete block design, with the cashew clones in the main plot, the leaves positions on the branches in the subplots and four replications. P, K, Ca, Mg, Mn and Zn contents were influenced by the interaction between the clones and the leaf position in the dwarf cashew branch. 'BRS 189' and 'BRS 265' presented, for most nutrients and sodium, the highest and lowest contents in the dwarf cashew leaves, respectively. In general, the 5th and 6th leaves of the branch present the highest nutrients and sodium contents and the lowest coefficients of variation and can therefore be indicated as index leaf for the evaluation of the dwarf cashew nutritional state. Differences in the nutrient content in the leaves of four clones of dwarf cashew allows to obtain the critical nutrient range specific for each genotype.

Keywords: *Anacardium occidentale* L. Leaf diagnosis. Nutrient contents.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 – Dados de precipitação pluviométrica e temperatura média, em Pacajus-CE, no período em que foi realizada a coleta das folhas dos clones de cajueiro-anão .. 27
- Figura 2 – Coleta de folhas, na altura média do cajueiro (2a) e folha abaixo da inflorescência (de cor verde-clara, indicada pela seta vermelha), utilizada como referência para a contagem das folhas recém-maduras 1 a 6 (2b) 29

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Teores de nutrientes em folhas de cajueiro, encontrados por diversos autores	26
Tabela 2 – Manejo da adubação no pomar experimental, em Pacajus- CE, do plantio ao sétimo ano de cultivo de clones de cajueiro-anão	28
Tabela 3 – Análise química de rotina do solo da área experimental, amostradas nos mesmos anos de coleta de folhas de cajueiro	28
Tabela 4 – Análise química de micronutrientes do solo da área experimental, amostradas nos mesmos anos de coleta de folhas de cajueiro	28
Tabela 5 – Teores de macronutrientes e de sódio em folhas de cajueiro-anão, em função do clone e da posição da folha no ramo	32
Tabela 6 – Teores de P em folhas de cajueiro-anão, em função do clone e da posição da folha no ramo	33
Tabela 7 – Teores de K em folhas de cajueiro-anão, em função do clone e da posição da folha no ramo	34
Tabela 8 – Teores de Ca em folhas de cajueiro-anão, em função do clone e da posição da folha no ramo	34
Tabela 9 – Teores de Mg em folhas de cajueiro-anão, em função do clone e da posição da folha no ramo	35
Tabela 10 – Teores de micronutrientes em folhas de cajueiro-anão, em função do clone e da posição da folha no ramo	36
Tabela 11 – Teores de Mn em folhas de cajueiro-anão, em função do clone e da posição da folha no ramo	37
Tabela 12 – Teores de Zn em folhas de cajueiro-anão, em função do clone e da posição da folha no ramo	38
Tabela 13 – Coeficientes de variação dos nutrientes e do sódio nas folhas de cajueiro, em função da posição da folha no ramo	40
Tabela 14 – Faixa crítica de nutrientes na 5ª e 6ª folha de clones de cajueiro-anão	43

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	HIPÓTESE	16
3	OBJETIVOS	16
3.1	Objetivo geral	16
3.2	Objetivos específicos	16
4	REVISÃO DE LITERATURA	17
4.1	Aspectos gerais da cultura	17
4.2	A importância da diagnose foliar	19
4.3	Posição da folha para a diagnose nutricional	21
4.4	Diagnose foliar entre variedades de cada espécie	22
4.5	Interpretação dos resultados da diagnose foliar	24
4.5.1	<i>Faixa crítica</i>	24
5	MATERIAL E MÉTODOS	27
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
6.1	Teores de macronutrientes e de sódio em folhas de cajueiro-anão, em função do clone e da posição da folha no ramo	31
6.2	Teores de micronutrientes em folhas de cajueiro-anão, em função do clone e da posição da folha no ramo	35
6.3	Definição da folha diagnóstica em clones de cajueiro-anão	38
6.4	Faixa crítica de nutrientes em clones de cajueiro-anão	40
7	CONCLUSÃO	44
	REFERÊNCIAS	45

1 INTRODUÇÃO

A fruticultura brasileira consiste em uma importante atividade econômica para o País. No geral, o setor envolve cerca de seis milhões de pessoas, aproximadamente 2,6 milhões de hectares de área plantada e destes, a segunda maior área é destinada ao cultivo de espécies tropicais (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2018).

Na região Nordeste destaca-se a cultura do cajueiro (*Anacardium occidentale* L.), cuja cadeia produtiva é geradora de cerca de 250 mil empregos diretos e indiretos. Além disso, o fato de demandar mão de obra em épocas de entressafra das culturas anuais de subsistência faz com que a cajucultura tenha grande importância socioeconômica nos estados produtores do Nordeste brasileiro (SERRANO; PESSOA, 2016).

O cajueiro apresenta boa adaptação a diversas condições edafoclimáticas, sendo por isso denominado como planta rústica, o que não significa que este não demande práticas de manejo adequado para o bom desenvolvimento. Dessa forma, para que sejam alcançadas produções viáveis economicamente é recomendado o cultivo de clones com o preparo adequado da área, sendo necessária realizar, entre outras práticas, adubações racionais para que a cultura expresse todo o seu potencial produtivo.

As recomendações de adubação se tornam mais eficientes se acompanhadas de análise química de tecido vegetal, uma vez que os teores de nutrientes nas folhas não dependem exclusivamente da disponibilidade do elemento no solo, podendo sofrer influência de fatores como a posição da folha no ramo e a variedade. Além disso, o conhecimento dos teores de nutrientes nas folhas possibilita analisar o estado nutricional da cultura e organizar estratégias eficientes de manejo da adubação visando a obtenção de altas produtividades.

A diagnose foliar é realizada a partir da execução de diversas etapas, dentre as quais a amostragem é a principal condicionante para o êxito da correta interpretação do estado nutricional das plantas (ROZANE *et al.*, 2007), devendo seguir critérios pré-estabelecidos que possibilitem a reprodutibilidade e a representatividade dos resultados (SILVA; WADT; MOUCO, 2012). Dessa forma, se faz necessária a realização de estudos com o objetivo de padronização do processo de coleta das folhas.

A interpretação dos resultados de análise foliar é feita ao se comparar os teores encontrados em uma análise com padrões obtidos em culturas de alto rendimento; é importante destacar que a padronização rigorosa do procedimento de amostragem e a disponibilidade de dados de padrão adequados são cruciais para a diagnose foliar (NATALE; ROZANE, 2018; MARSCHNER, 2012). Existem diversos métodos de interpretação, dentre

eles, a faixa crítica é um método univariado, que consiste no intervalo de concentração de um determinado nutriente, possibilitando definir se a planta está suprida ou deficiente do elemento em análise. É o critério mais utilizado devido à grande quantidade de informações existentes na literatura para a maioria das culturas de interesse econômico e, devido a simplicidade de interpretação.

2 HÍPOTESE

Os teores de nutrientes são influenciados pela posição das folhas nos ramos e pelo clone de cajueiro-anão.

3 OBJETIVO

3.1 Objetivo geral

Definir a folha-diagnóstica e a faixa crítica de nutrientes para a avaliação do estado nutricional de clones de cajueiro-anão.

3.2 Objetivos específicos

Comparar os teores de macro e micronutrientes nas folhas de cajueiro-anão, em função da posição da folha no ramo;

Comparar os teores de macro e micronutrientes nas folhas de quatro clones de cajueiro-anão;

Estabelecer a faixa crítica de nutrientes em clones de cajueiro-anão.

4 REVISÃO DE LITERATURA

4.1 Aspectos gerais da cultura

O cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) é encontrado em todo território brasileiro; no entanto, sua importância socioeconômica se restringe praticamente à região Nordeste, cuja contribuição tem sido estimada em 98 % da produção nacional de castanha. Nos estados do Ceará, Rio Grande do Norte e Piauí concentram-se as principais áreas de cultivo, respondendo por cerca de 90 % da produção de castanha-de-caju do País (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2018).

No Brasil, no ano de 2016, cerca de 565 mil hectares foram destinados a colheita do caju (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2018). Na maior parte dessas áreas plantadas encontra-se o cajueiro-comum, oriundo de propagação sexual (via semente); por isso, são pomares com elevada heterogeneidade e baixa produtividade (SERRANO; OLIVEIRA, 2013).

Atualmente, a participação do País nas exportações de castanha-de-caju é baixa, quando comparada aos principais produtores do mundo, fato que pode ser explicado devido a maior parte da produção ser realizada em propriedades que, fazem baixo uso de nível tecnológico e ausência de manejo adequado da cultura (PESSOA; LEITE, 2013).

O cajueiro é uma planta tropical que apresenta boa adaptação em regiões na faixa de latitude entre 27° N e 28° S (FROTA; PARENTE, 1995). A melhor condição climática para a produção do cajueiro ocorre em temperatura média de 27 °C, umidade relativa entre 70 % e 80 %, e precipitação entre 800 mm e 1.500 mm ao ano (BARROS *et al.*, 1993).

Na região Nordeste, onde se encontram os principais polos produtores da cultura, ocorre variabilidade climática, sendo caracterizada por baixos níveis de precipitação e altas taxas de evaporação. A ocorrência de precipitações interanual muda frequentemente, com anos de elevadas e outros de baixas precipitações. Nas zonas semiáridas da região, a precipitação é altamente variável no espaço e no tempo. Tem-se, portanto, uma estação chuvosa que geralmente se dá entre os meses de janeiro e junho, centrada principalmente em março, abril e maio (SILVA, 2004). Tendo em vista que, para o cajueiro a umidade relativa do ar, a intensidade e a distribuição das chuvas parecem ser os principais fatores controladores da periodicidade de suas fenofases (SERRANO, 2016), o conhecimento prévio da ocorrência desses fatores nas regiões de plantio se faz necessário.

Com relação aos solos, a cultura é plantada principalmente em Neossolos Quartzarênicos, Latossolos e Argissolos, que são solos profundos, com boa drenagem e sem pedregosidade, mas com problemas de baixa fertilidade química (CRISÓSTOMO, 1991).

A ocorrência de solos salinos e sódicos no Brasil se dá predominantemente na região semiárida do Nordeste (RIBEIRO; BARROS; FREIRE, 2016). A cultura do cajueiro se desenvolve bem em ambiente semiárido, entretanto nesses locais devido à baixa disponibilidade de água é comum excessos de sais no sistema radicular (AMORIM *et al.*, 2010). As elevadas concentrações de sais no solo afetam drasticamente o balanço nutricional do cajueiro, podendo ocorrer acúmulo de sódio e cloro em todos os órgãos da planta e promovendo redução do teor de potássio radicular (ALVES *et al.*, 2008). Com isso, o conhecimento dos teores de sódio nas folhas de cajueiro, consiste em uma importante ferramenta para detectar possíveis problemas nutricionais da cultura relacionados a esse elemento.

Apesar do cajueiro se desenvolver bem em uma faixa territorial muito extensa e com condições ambientais diversas, sabe-se que para alcançar boas produtividades, ou seja, em plantio de sequeiro cerca de 1.000 kg ha⁻¹ de castanha e 10.000 kg ha⁻¹ de pedúnculo e, para plantio irrigado mais de 2.000 kg ha⁻¹ de castanha e 30.000 kg ha⁻¹ de pedúnculo, é necessária a implantação de um sistema de produção com tratamentos culturais adequados (SERRANO; OLIVEIRA, 2013).

Dentre as técnicas de manejo consideradas essenciais para o sucesso produtivo do pomar de cajueiro pode-se destacar a substituição dos cajueiros-comuns pelos clones de cajueiro-anão (maior potencial produtivo), a uso de mudas enxertadas com qualidade e certificadas, a realização de podas, adubações e o estabelecimento de programas de correção de acidez do solo (SERRANO, 2016b).

A cultura do cajueiro necessita de fertilização mineral para atingir produtividade satisfatória, não só porque as quantidades de nutrientes extraídas pelos frutos e pseudofrutos são expressivas (FRAGOSO *et al.*, 1999), mas também, porque os solos da região Nordeste nos quais a cajucultura é praticada, normalmente apresentam baixa fertilidade natural.

O fornecimento de nutrientes via adubação é a maneira eficiente de compensar as deficiências minerais dos solos. O cajueiro responde de forma positiva à adubação mineral e orgânica, apresentando incremento no número de frutos produzidos por planta, no peso da castanha e no peso do pedúnculo (SERRANO, 2016b).

4.2 A importância da diagnose foliar

O estado nutricional reflete a contribuição do solo e do adubo na composição e no desenvolvimento da planta (MALAVOLTA, 2006). A avaliação do estado nutricional das plantas consiste na comparação entre uma amostra e um padrão definido, geralmente uma amostra de plantas sem problemas nutricionais e com altas produções, podendo também ser obtido de forma experimental em cultivos sob condições controladas (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997). Dentre os métodos que permitem a avaliação do estado nutricional, a diagnose visual e a diagnose foliar são os dois de maior importância e aplicação prática (FAQUIN, 2002).

Com relação à diagnose foliar, a técnica é realizada por meio da análise química do tecido vegetal, possibilitando a determinação dos teores totais de nutrientes nas folhas. Nos outros métodos de avaliação nutricional são realizadas determinações aproximadas da concentração de nutrientes nas folhas, o que faz com que estes sejam menos eficientes (FAQUIN, 2002). As folhas são as mais utilizadas nas análises, pois, é o órgão em que ocorrem os principais processos metabólicos na planta, refletindo melhor o seu estado nutricional.

A análise nutricional da planta é uma ferramenta importante para a complementação dos resultados da análise do solo. Além disso, se fazem necessárias para o conhecimento dos teores de nitrogênio, nutriente difícil de ser previsto pela análise de solo, bem como dos micronutrientes, que apresentam carência de informações sobre os teores de referência do solo e padronização da metodologia analítica (FAQUIN, 2002). No solo ocorrem várias reações, as quais podem interferir na disponibilidade e no aproveitamento dos nutrientes pelas plantas; por isso, a análise de tecido, em conjunto com a análise de solo, possibilita que sejam feitas avaliações mais precisas do estado nutricional das plantas.

No cajueiro, assim como para as demais plantas perenes, o conhecimento do estado nutricional, juntamente com a análise de solo, possibilita que os possíveis problemas de deficiência sejam corrigidos por meio de alterações nos programas de adubação. Utilizando a técnica da diagnose nutricional é possível obter maior retorno econômico das frutíferas, aumentar a produtividade e a qualidade das frutas (ROZANE; PARENT; NATALE, 2016). A alta produtividade de castanha-de-caju foi verificada por alguns autores com o aumento do teor de nitrogênio e potássio na planta (CRISÓSTOMO *et al.*, 2004; O'FARRELL; ARMOUR; REID, 2010).

Para a utilização da diagnose foliar, Parent (2011) enumera seis etapas principais: amostragem; métodos analíticos de rotina para extrair os nutrientes das amostras de folhas; comparação dos resultados com valores-padrão para fins de diagnóstico; interpretação dos resultados; recomendações de fertilizantes para corrigir o desequilíbrio de nutrientes (escassez ou excesso); e elaboração de relatórios facilmente compreendidos pelo produtor. A etapa de amostragem é considerada a mais crítica, pois, se feita de forma incorreta poderá influenciar nas demais etapas, fornecendo informações que não condizem com o real estado nutricional da planta. Além disso, poderá fazer com que as recomendações de adubação não sejam realizadas de forma precisa (OLIVEIRA; TANIGUCHI; CRISÓSTOMO, 2013).

De modo geral, a amostragem é recomendada com a coleta das folhas recém-maduras, que terminaram o crescimento e que ainda não entraram em senescência (MALAVOLTA, 2006). Essas folhas são as que possivelmente tem uma relação constante entre o acúmulo de matéria seca e o teor de nutrientes. Entretanto, existem particularidades para cada cultura devido aos teores de nutrientes nas folhas serem influenciados por fatores que estão relacionados ao solo (fertilidade natural, corretivos de acidez e fertilizantes), ao clima (temperatura, chuva, luz e umidade do ar), as práticas culturais (densidade de plantio, poda, irrigação entre outras), as pragas e doenças (microrganismos, nematóides e insetos), ao elemento (mobilidade no floema e interações) e, principalmente, a planta. Os fatores relacionados às plantas podem ser, dentre outros, a variedade, a idade da planta e a idade da folha ou parte da mesma (MALAVOLTA, 2006).

A recomendação da coleta para o cajueiro é que sejam amostradas folhas recém-maduras do ano, sendo 40 folhas por hectare, no verão (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997), no entanto, não condiz com a realidade do Nordeste brasileiro, pois, as estações nessa região não são bem definidas. Além disso, essa recomendação é uma aproximação feita para outras frutíferas, uma vez que, o cajueiro, logo após as chuvas e o período de repouso vegetativo, inicia acentuada queda de folhas, caracterizando-a como uma planta subcaducifolia (SERRANO, 2016a).

No Nordeste, a floração do cajueiro ocorre preferencialmente durante a estação seca (a partir de junho) onde se tem baixa nebulosidade e alta insolação, o período de máxima diferenciação floral e florescimento pode variar de junho a setembro, dependendo do clone, e a maioria destes apresentam grandes intensidades de floração no início do período. Alguns clones tendem a ser mais precoces no início do florescimento como o 'CCP 76' e o 'BRS 189' e outros mais tardios como o 'CCP 1001'. A existência de heterogeneidade dos pomares de cajueiros-comuns e o tipo de cultivo do cajueiro-anão, faz com que seja observado com

frequência grande variação no início e na duração do período de florescimento (SERRANO, 2016a).

Os teores de nutrientes nas folhas de cajueiro podem ser influenciados, entre outros fatores, pela idade das folhas, tipo de ramo amostrado e época de amostragem. Todavia, não se tem padronização da coleta, o que afeta a consistência das informações obtidas (OLIVEIRA; TANIGUCHI; CRISÓSTOMO, 2013). Outro entrave é que a maioria dos estudos se refere ao cajueiro-comum (plantas seminíferas de alta heterogeneidade) e não ao cajueiro-anão (plantas clonais). O cajueiro-anão tende a antecipar o início das fenofases, daí também a denominação de cajueiro-anão-precoce (SERRANO, 2016a), ocorrendo assim, possíveis diferenças com relação aos critérios de amostragem.

4.3 Posição da folha para a diagnose nutricional

A posição da folha no ramo é considerada uma fonte de variação do teor de nutrientes; portanto, para que a diagnose do estado nutricional seja efetiva é necessária uma padronização (LIMA *et al.*, 2011). Deve-se levar em consideração que a distribuição de nutrientes nas partes da planta não é homogênea e pode variar de uma folha para outra no mesmo ramo e, por isso, a amostragem da folha adequada é considerada um dos fatores mais importantes na diagnose foliar (PRADO; NATALE, 2004).

A escolha da folha correta também é importante porque em tecidos novos, encontram-se teores elevados de nutrientes. Além disso, os nutrientes móveis como o nitrogênio, o fósforo, o potássio e o magnésio são observados em teores mais elevados nas folhas jovens do que nas folhas velhas, o que causa superestimação do estado nutricional. Já os nutrientes com mobilidade reduzida como o cálcio, o manganês, o ferro e o boro apresentam aumento relativo do teor à medida que o tecido vegetal envelhece (RAIJ, 2011).

Essas variações nos teores dos nutrientes, em função da posição da folha, podem ser verificadas para algumas culturas, influenciando na folha a ser amostrada. Em aceroleira (*Malpighia emarginata*), a menor variação no teor de nutrientes nas folhas ocorreu no terço médio dos ramos localizados na parte superior do dossel (AMARAL *et al.*, 2002). Para a cultura da caramboleira (*Averrhoa carambola* L.) a sexta folha, recém-madura (com pecíolo), a partir da extremidade do ramo, à época de pleno florescimento da cultura, passou a representar melhor o estado nutricional da planta, até então, era feita apenas uma indicação geral, que sugeria a amostragem de uma folha recentemente madura em ramos sem frutas, não sendo possível a indicação precisa da folha correta a ser amostrada (PRADO; NATALE,

2004). Já para a cultura da gravioleira (*Annona muricata* L.), as folhas da parte mediana da copa, na posição mediana do ramo, refletiam adequadamente os teores de nutrientes na planta, sendo estas as recomendadas para o diagnóstico do estado nutricional (LIMA *et al.*, 2007). Em estudo com coqueiro (*Cocos nucifera* L.), Teixeira e Silva (2003), avaliando o tipo de folha para amostragem, concluíram que a folha 4 mostrou-se mais precisa em relação a 9, possibilitando discriminar melhor o estado nutricional de vários genótipos dessa palmácea.

A obtenção de várias folhas-diagnóstica para uma mesma cultura pode ocorrer, ampliando dessa forma as opções de amostragem. Na cultura da bananeira (*Musa* spp.) ‘Prata-Anã’, os autores recomendam amostrar a segunda, terceira ou quarta folha, mesmo tendo sido observadas diferenças estatísticas significativas, pois os teores de nutrientes nessas folhas se mantiveram dentro da faixa de suficiência (RODRIGUES *et al.*, 2010).

A avaliação da posição em cajueiro já foi realizada em folhas coletadas de ramos na parte superior ou acima de 50 % da altura da planta e inferior ou abaixo de 50 % da altura, não havendo diferença significativa nos teores de nitrogênio, fósforo e potássio (KUMAR *et al.*, 1982; KUMAR *et al.*, 1985). Entretanto, ao serem analisadas folhas de diferentes posições no ramo, foram constatados teores mais elevados de nutrientes naquelas localizadas mais próximo do ápice do ramo (YAACOB; NGAH; KAMAL, 1985).

Cumprе salientar que a escolha da folha diagnóstica adequada é extremamente importante, pois refletirá o estado nutricional da planta. Apesar de serem encontradas na literatura muitas indicações quanto à folha-índice, a maioria carece de comprovação científica. É oportuno destacar que esforços vêm sendo realizados para sanar esta lacuna na fruticultura.

Para a cultura do cajueiro, por exemplo, ainda não existe consenso de qual folha seja a mais adequada para a amostragem, coletando-se em diversas posições e ramos. Bezerra *et al.* (1999) amostraram a sexta folha nos clones de cajueiro-anão ‘CCP 76’ e ‘CCP 09’, enquanto Crisostomo *et al.* (2004) coletaram folhas maduras e jovens do fluxo do ano, no início da floração em cajueiro-anão ‘CCP 76’. Já Corrêa, Queiroz e Ruppenthal (2012) recomendaram a coleta da terceira ou quarta folha completamente expandida, a partir do ápice para a base do ramo. Diante dessas informações, tornam-se necessários estudos para a identificação da folha de cajueiro mais adequada, de forma que as análises químicas possam vir a ser representativas do real estado nutricional da cultura.

4.4 Diagnose foliar entre variedades de cada espécie

A exigência nutricional das plantas varia de acordo com cada espécie, além das particularidades de cada variedade ou cultivar. Se as necessidades específicas de cada variedade não forem atendidas, pode ocorrer diminuição na produtividade (CANTARELLA *et al.*, 2012). Além disso, plantas que são mais eficientes na absorção de nutrientes estão mais adaptadas ao ambiente e possuem maior capacidade de estabelecimento no campo, resultando em ganhos de precocidade e produção (OLIVEIRA *et al.*, 2006).

Diferenças nos teores de nutrientes são observadas para variedades de mamoeiro (*Carica papaya*), maracujazeiro (*Passiflora edulis* Sims) e laranja (*Citrus sinensis* L. Osbeck), comprovando variação quanto as exigências nutricionais de cada espécie e, entre as variedades (MARINHO *et al.*, 2002; LOPES *et al.*, 2017; PEGORARO *et al.*, 2017; MATTOS *et al.*, 2006;). Em variedades de manga (*Mangifera indica*), espécie pertencente à mesma família do cajueiro, observou-se variações na composição nutricional dentro de cada variedade e entre as variedades (PERALTA *et al.*, 2015), além de resposta diferente das variedades à aplicação do nutriente (ROSSETTO *et al.*, 2000), afetando a produtividade da cultura.

Em estudo avaliando a exportação de macronutrientes pela castanha e pelo pedúnculo do cajueiro dos clones ‘CCP 76’ e ‘CCP 09’, foi verificado maior exportação de cálcio pelo pseudofruto do clone ‘CCP 76’ (FRAGOSO *et al.*, 1999) do que pelo ‘CCP 09’. Já para os teores de cálcio, sódio e zinco em folhas de oito genótipos de cajueiro, Cavalcante *et al.* (2008) observaram diferenças significativas nos teores desses nutrientes entre os oito genótipos, dentre esses os clones ‘CCP76’ e ‘BRS 226’.

No cajueiro existem atualmente 14 clones comerciais e já se sabe que esses materiais possuem características diferentes em relação a tolerância a doenças, tamanho e peso da castanha, tamanho, forma, peso, cor e qualidade do pedúnculo (MELO; VIDAL NETO; BARROS, 2016). Entretanto, há carência de estudos sobre o aspecto nutricional dessas plantas, para que as recomendações de adubação sejam realizadas com maior precisão.

Já foi relatado que os genótipos de cajueiro diferem quanto ao acúmulo e índices de eficiência nutricional, sendo constatado diferenças na eficiência de absorção, transporte e utilização entre 12 genótipos avaliados, dentre os quais, o clone ‘BRS 189’ demonstrou alta eficiência de transporte de todos os nutrientes, característica que reflete a capacidade da planta em transportar os nutrientes das raízes para seus órgãos fotossinteticamente ativos (CAVALCANTE JÚNIOR *et al.*, 2019).

No acúmulo de nutrientes, o clone ‘BRS 226’ apresentou maior quantidade de N, Ca e Mg nas folhas do que o ‘CCP 76’. Para os micronutrientes, a quantidade acumulada só

diferiu para o B, que foi maior no clone ‘CCP 76’ do que no ‘BRS 226’ (TANIGUCHI *et al.*, 2017) do que nos demais. Em mudas de cajueiro, também já foi verificado que os teores de nutrientes nas folhas são influenciados pelo clone utilizado como porta-enxerto e/ou copa (FEITOSA *et al.*, 2013).

4.5 Interpretação dos resultados da diagnose foliar

A etapa de interpretação dos resultados é de extrema importância para o conhecimento do estado nutricional das plantações, pois, possibilita que se alcance a elevação da produtividade de forma equilibrada e econômica, além de estar diretamente relacionada com a manutenção do equilíbrio e racionalidade das adubações, para que essa atividade seja realizada de forma sustentável, sem afetar negativamente o equilíbrio ambiental (KURIHARA; MAEDA; ALVAREZ VENEGAS, 2005).

Os métodos de interpretação consistem basicamente em comparar os resultados determinados em laboratório com os valores estabelecidos nos padrões, os quais são obtidos em plantações de alto rendimento. Existem diversos métodos, dentre eles alguns de simples utilização até os mais complexos. A relação direta entre o teor foliar e o crescimento ou produção é essencial para a interpretação dos resultados da análise foliar (FAQUIN, 2002).

O teor de nutrientes na planta é expresso de forma quantitativa, a partir do quociente entre a quantidade de nutriente acumulada em um tecido, pela quantidade de biomassa acumulada nesse mesmo tecido, em um dado período de tempo. Dessa forma, deve-se levar em consideração, ao ser realizada a interpretação dos resultados, que tanto o acúmulo de nutrientes quanto o de biomassa resultam de processos metabólicos que podem ser influenciados por fatores internos e externos à planta (WADT, 2011).

Os métodos de diagnóstico podem ser classificados em função do uso ou não de relações bivariadas ou multivariadas e a diferença entre eles se dá principalmente quanto ao procedimento usado para a parametrização (WADT, 2011). Quando não é feito uso dessas relações, o método é classificado como univariado como, por exemplo, nível crítico e faixa crítica; já, quando é levada em consideração a relação entre os nutrientes, os métodos podem ser bivariados, como o DRIS (Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação) ou, ainda, multivariados como o CND (Diagnose da Composição Nutricional).

4.5.1 Faixa crítica

O termo faixa crítica de nutrientes é usado para descrever um intervalo de teores de nutriente em um estágio específico de crescimento da planta, acima do qual a cultura está suprida e abaixo do qual a cultura está deficiente. O método correlaciona teores de nutriente com a produção. Dessa forma, quanto mais dados forem obtidos sobre essa relação para uma determinada cultura mais confiança tem-se em relação aos limites superiores e inferiores da faixa crítica (DOW; ROBERTS, 1982).

O uso da faixa crítica é proposto ao invés do nível crítico, uma vez que, esse refere-se a apenas um único ponto da curva que relaciona a concentração de nutrientes com a produção. Quando comparada ao nível crítico, a utilização de faixas melhora a flexibilidade na diagnose, embora haja perda na exatidão, quando os limites das faixas são muito amplos (DOW; ROBERTS, 1982; MARTINEZ; CARVALHO; SOUZA, 1999).

O nível crítico é definido como sendo o teor do nutriente na folha associado a 90 % ou 95 % da produção ou crescimento máximo da cultura. O método apresenta como desvantagem o fato de que um único ponto pode ser difícil de se estabelecer experimentalmente, devido o teor de um nutriente na planta ser o valor integral de todos os fatores que interagem para afetá-lo, como aqueles relacionados ao clima, ao solo, as práticas culturais, as pragas e doenças, dentre outros (DOW; ROBERTS, 1982; FAQUIN, 2002).

A faixa crítica de um determinado nutriente pode ser calculada a partir da média das concentrações foliares do nutriente, mais ou menos o desvio padrão. Nesse caso, usa-se um fator de correção baseado no coeficiente de variação, com o objetivo de evitar o estabelecimento de faixas muito amplas. Os resultados de análise foliar devem ser obtidos em lavouras de alta produtividade (MARTINEZ *et al.*, 2003). Outra possibilidade seria estimar os níveis críticos para 90 % e 95 % da produção máxima, por meio das equações de regressão, e considerar a faixa entre eles como teores adequados (FAQUIN, 2002).

Ao serem estabelecidas as faixas, os teores encontrados posteriormente nas amostras analisadas, são comparados com o padrão. Se o teor de um determinado nutriente apresentar valor igual ou ligeiramente superior a faixa crítica do padrão, considera-se que a cultura está bem nutrida do nutriente em análise; se estiver abaixo é considerado que a planta poderá apresentar problemas de deficiência com relação ao nutriente avaliado (FAQUIN, 2002). O método da faixa crítica apresenta algumas limitações como, por exemplo, a de só fornecer informações se a concentração do nutriente estiver dentro ou fora da faixa. Com isso, não é possível concluir, qual a intensidade da deficiência ou do excesso do nutriente e, também, não permite identificar qual o nutriente é o mais limitante. Entretanto, a simplicidade na forma de interpretação do teor do nutriente no tecido vegetal, e a vasta quantidade de

informações para a maioria das culturas de interesse econômico do país, fazem com que esse método seja o mais utilizado (LUCENA, 1997; MARTINEZ; CARVALHO; SOUZA, 1999; WADT, 2011).

Para a cultura do cajueiro, as informações existentes sobre os teores adequados de macro e micronutrientes podem ser verificados na Tabela 1. A maior parte das informações são relacionadas ao cajueiro-comum (HAAG *et al.*, 1975a; HAAG *et al.*, 1975b; LATIS; CHIBILITI, 1988; RICHARDS, 1993; SARRUGE *et al.*, 1975), enquanto as existentes para o cajueiro-anão (KERNOT, 1999; MELO, 1991) se limitam a apenas um clone. Diante disso, a utilização desses dados como padrões de referência pode vir a comprometer a correta interpretação do estado nutricional das plantas de cajueiro-anão, tendo em vista que existem diferenças quanto ao tipo de cajueiro, tipo de folha, idade das plantas, época de coleta e condições edafoclimáticas nos locais em que essas folhas foram coletadas. Sabendo que esses fatores podem interferir no teor de nutrientes na planta, se faz necessária a determinação de padrões para a cultura, considerando os fatores acima citado.

Tabela 1 – Teores de nutrientes em folhas de cajueiro, encontrados por diversos autores

Nutriente	Haag <i>et al.</i> (1975a) ⁽¹⁾	Haag <i>et al.</i> (1975b); Sarruge <i>et al.</i> (1975) ⁽²⁾	Latis e Chibiliti (1988) ⁽³⁾	Richards (1993) ⁽⁴⁾	Melo (1991) ⁽⁵⁾	Kernot (1999) ⁽⁶⁾
N (g kg ⁻¹)	22,9	24,0 - 25,8	19,8	15,7 - 16,4	16,9	14,0 - 18,0
P (g kg ⁻¹)	1,4	1,6 - 2,0	0,3	1,3 - 1,4	1,1	1,2 - 1,4
K (g kg ⁻¹)	8,9	11,0 - 12,9	1,5	7,4 - 9,5	15,8	7,2 - 11,0
Ca (g kg ⁻¹)	2,1	2,4 - 7,5	0,8	0,9 - 1,2	9,3	2,4 - 7,5
Mg (g kg ⁻¹)	3,4	2,3 - 3,1	0,8	1,6 - 1,8	2,4	2,2 - 3,1
S (g kg ⁻¹)	1,8	1,1 - 1,4	-	-	2,5	1,1 - 1,4
B (mg kg ⁻¹)	51,7	56 - 67	11,8	-	-	56 - 67
Cu (mg kg ⁻¹)	12,7	> 7	-	-	-	> 7
Fe (mg kg ⁻¹)	83,1	148 - 165	76,2	-	-	148 - 165
Mn (mg kg ⁻¹)	139,0	91 - 204	72,6	-	-	91 - 204
Zn (mg kg ⁻¹)	25,0	12 - 13	9,3	-	-	> 20

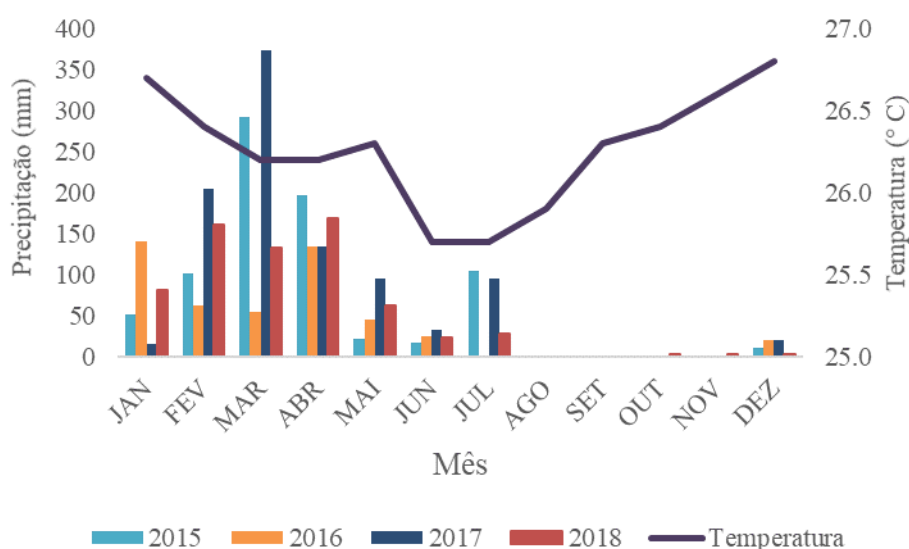
Fonte: Adaptado dos autores acima citados.

⁽¹⁾ Folhas de plantas de cajueiro-comum com 10 anos. ⁽²⁾ Folhas de mudas de cajueiro-comum, em experimento de omissão de nutrientes. ⁽³⁾ Folhas maduras de plantas com 10 anos. ⁽⁴⁾ Folhas maduras de ramos sem flores em plantas com 2 a 4 anos. ⁽⁵⁾ Folhas velhas de cajueiro-anão-precoce com 9 meses. ⁽⁶⁾ Folhas maduras.

5 MATERIAL E MÉTODOS

As folhas de cajueiro-anão foram coletadas em pomar localizado no Campo Experimental da Embrapa Agroindústria Tropical, em Pacajus/CE. O pomar foi implantado em maio de 2011, em solo classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo (LIMA; OLIVEIRA; AQUINO, 2002). O clima da região é do tipo Aw pela classificação de Köppen (PEEL; FINLAYSON; MCMAHON, 2007). A temperatura e a pluviosidade média do Campo Experimental de Pacajus estão apresentadas na Figura 1.

Figura 1 – Dados de precipitação pluviométrica e temperatura média, em Pacajus - CE, no período em que foi realizada a coleta das folhas dos clones de cajueiro-anão



Fonte: Adaptado de Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (2019) e Aguiar *et al.* (2001).

As plantas dos quatro clones de cajueiro-anão ('CCP 76', 'BRS 189', 'BRS 226' e 'BRS 265') foram distribuídas em delineamento de blocos casualizados completos, com quatro repetições (blocos). São 16 linhas no pomar, sendo que cada linha é formada por 30 plantas de um mesmo clone de cajueiro, totalizando 480 plantas. O espaçamento entre linhas é de 8 m e entre plantas de 6 m. Todos os clones foram enxertados sobre o porta-enxerto de cajueiro 'CCP 06'.

O manejo de adubação foi realizado considerando os resultados de análise de solo seguindo as recomendações de Crisóstomo *et al.* (2009). Antes do plantio foi realizado a calagem com a dose de 1,5 t ha⁻¹ de calcário dolomítico com PRNT 90 % o qual foi incorporado. O plantio foi realizado em covetas abertas em sulcos pré-adubados com cloreto de potássio, superfosfato simples e FTE BR12, seguida da adubação de cobertura (pós-plantio

no primeiro ano) com cloreto de potássio e ureia. As adubações de formação e produção foram realizadas nos anos subsequentes, sempre no período chuvoso (fevereiro a abril) em três parcelas. As quantidades aplicadas constam na Tabela 2.

Tabela 2 – Manejo da adubação no pomar experimental, em Pacajus-CE, do plantio ao sétimo ano de cultivo de clones de cajueiro-anão

Ano	N *	P ₂ O ₅	K ₂ O	FTE
----- g por planta -----				
2011 (Plantio)	0	180	30	50
2011 (Formação)	45	0	50	0
2012	70	160	90	50
2013	120	220	110	50
2014	150	290	170	50
2015	220	290	170	100
2016	220	290	170	100
2017	220	290	170	100
2018	220	290	170	100

Fonte: Adaptado de Crisostomo *et al.* (2009).

* N: uréia, P₂O₅: superfosfato simples, K₂O: Cloreto de potássio, FTE BR 12

As coletas de folhas foram realizadas no início da época de florescimento do cajueiro (meses de junho a agosto), nos anos de 2015, 2016, 2017 e 2018, correspondendo ao 4º; 5º, 6º e 7º ano de cultivo. Na mesma época, foram coletadas amostras de solo na linha de plantio e analisadas conforme metodologia descrita em Silva *et al.* (2009) (TABELAS 3 e 4).

Tabela 3 – Análise química de rotina do solo da área experimental, amostradas nos mesmos anos e épocas de coleta de folhas de cajueiro

Ano	P	MO	pH _{H2O}	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	H+Al	Al ³⁺	SB	CTC	V
mg dm ⁻³		g kg ⁻¹	----- mmol _c dm ⁻³ -----									%
2015	11,3	4,8	6,7	0,9	11,0	7,0	3,0	10,0	0,0	21,0	31,0	69,0
2016	10,9	4,4	6,1	1,0	12,0	6,0	2,0	11,0	0,0	21,0	33,0	65,0
2017	11,7	4,6	5,6	1,2	14,0	4,0	0,0	16,0	0,0	20,0	36,0	55,0
2018	16,1	6,6	6,2	1,0	23,0	7,0	2,0	13,4	0,0	33,0	46,0	71,0

Fonte: dados da pesquisa.

Tabela 4 – Análise química de micronutrientes do solo da área experimental, amostradas nos mesmos anos e épocas de coleta de folhas de cajueiro

Ano	Zn (mg dm ⁻³)	Cu (mg dm ⁻³)	Fe (mg dm ⁻³)	Mn (mg dm ⁻³)
2015	2,7	0,1	7,2	3,4
2016	1,6	0,1	4,9	3,8
2017	0,8	0,1	2,9	3,7
2018	1,6	0,2	9,7	11,5

Fonte: dados da pesquisa.

Em cada planta foram escolhidos ramos que apresentavam inflorescência, nas posições norte, sul, leste e oeste, na altura média da planta (FIGURA 2a), sendo retiradas de diferentes posições do ramo: da primeira a sexta folha completamente expandida. A contagem das folhas nos ramos foi feita da base da inflorescência em direção a base do ramo, sendo a primeira folha aquela posicionada logo na sequência da folha de coloração verde clara da inflorescência, conforme a Figura 2b. Foram coletadas folhas de 10 plantas de cada linha, totalizando 40 folhas para cada posição no ramo de cajueiro-anão.

Figura 2 – Coleta de folhas, na altura média do cajueiro (2a) e folha abaixo da inflorescência (de cor verde-clara, indicada pela seta vermelha), utilizada como referência para a contagem das folhas recém-maduras 1 a 6 (2b)



Fonte: autora.

Após as coletas, as folhas foram acondicionadas em saco de papel e levadas ao Laboratório de Solos da Embrapa Agroindústria Tropical. Em seguida, as amostras foram lavadas com água, ácido clorídrico a 3 % (v:v) e água deionizada, colocadas em saco de papel e levadas a estufa de circulação forçada de ar a 65 °C até massa constante. Posteriormente, as amostras foram moídas em moinho tipo Willey, passadas em peneiras de malha com abertura de 1 mm de diâmetro e armazenadas em recipientes de plástico com tampa de pressão.

Para a realização das análises químicas as amostras foram submetidas à digestão sulfúrica, seguida de destilação e titulação para a determinação dos teores totais de nitrogênio e digestão nítrico-perclórica para a obtenção do extrato e a determinação de fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, sódio, cobre, ferro, manganês e zinco, por espectrometria de emissão óptica por plasma acoplado indutivamente (ICP-OES). Para a determinação do teor de boro, as amostras foram incineradas em mufla, seguida de quantificação por meio de espectrofotometria pelo método da azometina-H. Os procedimentos adotados foram os descritos em Miyazawa *et al.* (2009).

Cada nutriente foi analisado em blocos casualizados, em esquema de parcelas subdivididas, sendo os clones de cajueiro nas parcelas e a posição das folhas nos ramos nas subparcelas. Os quatros anos de coletas foram consideradas como repetições dos tratamentos. Os dados foram submetidos a análise de variância e as médias comparadas por meio do teste de Scott-Knott a 5 % de probabilidade. A definição da folha diagnóstica foi realizada considerando as folhas que apresentaram os menores coeficientes de variação quanto aos teores de nutrientes.

Após a definição da folha diagnóstica, foi elaborada a faixa crítica para cada nutriente, conforme a descrição de Martinez *et al.* (2003). Para tanto foram determinados a média, o desvio padrão da média e o coeficiente de variação dos teores de cada nutriente. Em seguida, foi feito o cálculo da faixa crítica (FC): $FC = \bar{y} \pm k S\bar{y}$, em que \bar{y} é a média da concentração do nutriente; $S\bar{y}$ é o desvio padrão da média; k é o fator de correção para evitar faixas críticas muito amplas. Os valores de k foram estabelecidos conforme o coeficiente de variação (CV) da seguinte forma: $k = 1,0$ nutrientes com $CV < 20 \%$; $k = 0,8$ nutrientes com CV de 20% a 40% ; $k = 0,6$ nutrientes com CV de 40% a 80% ; $k = 0,4$ nutrientes com $CV > 80 \%$.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Teores de macronutrientes e de sódio em folhas de cajueiro-anão, em função do clone e da posição da folha no ramo

Os teores foliares dos nutrientes e de sódio foram influenciados pelos clones de cajueiro-anão, posição das folhas no ramo e interação entre os fatores (TABELA 5). Para nitrogênio (N), enxofre (S) e sódio (Na) foram verificados somente efeitos isolados dos fatores nos teores foliares.

O clone ‘BRS 189’ apresentou teores mais altos de N em relação ao ‘CCP 76’, ‘BRS 226’ e ‘BRS 265’. Esse clone, desde a fase de produção de mudas, já apresenta os maiores teores de N em suas folhas, além de ter os maiores índices de eficiência de transporte para todos os nutrientes (FEITOSA *et al.*, 2013; CAVALCANTE JÚNIOR *et al.*, 2019). As folhas da posição 4, 5 e 6 foram as que apresentaram os maiores teores de N.

Em trabalhos pioneiros com as culturas da mangueira e da goiabeira (*Psidium guajava* L.), também foram obtidos os maiores teores de N nas folhas de posições inferiores do ramo. No caso da mangueira, as folhas da posição 7 a 10 tiveram os maiores teores, já para a goiaba, as folhas das posições 4 e 5 (PATHAK; PANDEY, 1976; KUMAR; PANDEY, 1979). Esses resultados, entretanto, diferem daqueles encontrados para o cajueiro-comum, no qual os autores constataram que folhas coletadas no ponto de crescimento, ou seja, folhas mais jovens e próximas do ápice do ramo, tiveram os maiores teores de N (YAACOB; NGAH; KAMAL, 1985). Essas diferenças podem estar relacionadas ao fato de que os teores de nutrientes são afetados por diversos fatores, dentre eles, aqueles relacionados a própria planta, como a família, gênero, espécie e variedade (MALAVOLTA, 2006). O nitrogênio, apesar de apresentar alta mobilidade, devido a qualquer interrupção no processo de absorção e ou transporte, pode ser mobilizado das folhas velhas para as novas ou para outro órgão em crescimento que apresente demanda (PRADO, 2008).

No caso do teor de S não foi verificada diferença em relação a posição das folhas nos ramos. Resultados semelhantes foram obtidos em folhas de gravioleira, não sendo verificadas diferenças quanto as posições no ramo e na copa. Assim, de acordo com os autores, o S não seria um nutriente limitante para a escolha da folha certa a ser amostrada para essa cultura (LIMA *et al.*, 2007). A uniformidade da distribuição dos teores de S pode ser um dos motivos que fazem com que em muitas espécies vegetais a clorose, por falta do elemento, ocorra simultaneamente em todas as folhas, não havendo distinção entre folhas jovens e

velhas (TAIZ *et al.*, 2017). Em relação aos clones, o ‘BRS 189’ foi o que apresentou teores mais altos de S nas folhas.

Para o teor de Na nas folhas, os clones que apresentaram os maiores teores foram o ‘CCP 76’ e ‘BRS 189’. Com relação a posição da folha, o maior teor de Na foi obtido na folha 6, comparado as demais (TABELA 5). Na cultura da goiabeira, ao ser considerada apenas as folhas da posição 1 a 6 no ramo, a sexta folha também foi a que apresentou o maior teor de sódio (RODRÍGUEZ, 1967).

Tabela 5 – Teores de macronutrientes e de sódio em folhas de cajueiro-anão, em função do clone e da posição da folha no ramo¹

Fatores		N	P	K	Ca	Mg	S	Na
		g kg ⁻¹						
Clone (C)	‘CCP 76’	14,01 b	1,02 a	8,35 a	1,94 b	1,44 b	1,09 b	1,15 a
	‘BRS 189’	15,36 a	1,07 a	8,20 a	2,19 a	1,61 a	1,19 a	1,08 a
	‘BRS 226’	13,56 b	1,00 a	8,31 a	2,42 a	1,56 a	1,01 c	1,02 b
	‘BRS 265’	12,50 c	1,08 a	8,60 a	1,62 c	1,44 b	0,98 c	0,93 b
Posição (P)	1 ^a (ápice)	13,60 b	1,07 a	8,33 b	2,08 a	1,51 a	1,06 a	0,99 d
	2 ^a	13,83 b	1,05 a	8,24 b	2,11 a	1,53 a	1,07 a	1,01 d
	3 ^a	13,75 b	1,04 b	8,25 b	2,00 b	1,50 a	1,06 a	1,01 d
	4 ^a	14,02 a	1,03 b	8,31 b	1,98 b	1,49 a	1,06 a	1,04 c
	5 ^a	14,02 a	1,04 b	8,52 a	2,02 b	1,52 a	1,08 a	1,09 b
	6 ^a (base)	13,93 a	1,03 b	8,52 a	2,05 a	1,52 a	1,07 a	1,13 a
		Teste F ²						
C		22,64**	1,03 ^{ns}	1,04 ^{ns}	11,41**	6,68**	34,91**	4,66**
P		4,01**	3,46**	6,00**	4,86**	2,24 ^{ns}	0,83 ^{ns}	50,54**
C x P		1,54 ^{ns}	1,98*	4,37**	4,43**	2,95**	1,26 ^{ns}	1,32 ^{ns}
C.V. % Clone		17,62	34,75	19,49	48,35	22,70	15,10	41,55
C.V. % Posição		4,75	5,89	4,90	8,76	5,30	5,14	5,57

Fonte: Dados da pesquisa.

¹ Médias seguidas de mesma letra minúscula, dentro de cada elemento, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5 % de probabilidade.

2 **: * e ^{ns}: Significativo a 1 e 5 % de probabilidade e não significativo respectivamente.

A interação entre clones e posições da folha no ramo influenciou os teores de fósforo (P) nas folhas (TABELA 5). Para os clones ‘CCP 76’ e ‘BRS 265’ os maiores teores de P foram obtidos nas folhas da posição 1, 2 e 3, resultado esperado devido à alta mobilidade do P (MARSCHNER, 2012). Nos clones ‘BRS 189’ e ‘BRS 226’, em função das pequenas variações nos teores de P, não houve diferença entre as posições das folhas analisadas (TABELA 6). Resultados semelhantes já foram constatados em folhas de cajueiro-comum, não tendo sido verificada diferença nos teores de P em folhas coletadas nas posições superiores e inferiores da planta (KUMAR *et al.*, 1982; KUMAR *et al.*, 1985). A mobilidade do P é tão alta que ele é capaz de completar um circuito completo dentro da planta várias vezes ao dia. Isso torna o P um nutriente considerado de translocação ativa, resultando em

alguns casos, na ausência de efeito quanto as variações dos teores nas folhas de diferentes posições do ramo (MALAVOLTA, 2006; KUMAR *et al.*, 1982).

Tabela 6 – Teores de P em folhas de cajueiro-anão, em função do clone e da posição da folha no ramo¹

Posição	Clone			
	‘CCP 76’	‘BRS 189’	‘BRS 226’	‘BRS 265’
	g kg ⁻¹			
1 ^a (ápice)	1,07 Aa	1,08 Aa	1,00 Aa	1,13 Aa
2 ^a	1,03 Aa	1,07 Aa	1,00 Aa	1,10 Aa
3 ^a	1,04 Aa	1,04 Aa	0,98 Aa	1,09 Aa
4 ^a	1,00 Ba	1,09 Aa	1,00 Aa	1,04 Ba
5 ^a	1,01 Ba	1,08 Aa	1,01 Aa	1,07 Ba
6 ^a (base)	1,00 Ba	1,07 Aa	1,00 Aa	1,04 Ba

Fonte: Dados da pesquisa.

¹ Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5 % de probabilidade.

Os teores de potássio (K) variaram em função da interação entre clones e posições da folha no ramo (TABELA 7). O clone ‘CCP 76’ apresentou maiores teores do elemento nas folhas das posições 5 e 6 do ramo, enquanto que no clone ‘BRS 189’ as folhas da posição 4, 5 e 6 foram as que apresentaram maiores teores de K. Para o clone ‘BRS 265’ as folhas com maiores teores de K foram as da posição 1, 2, 3 e 5 no ramo do cajueiro. Pode-se observar que para o K a folha da posição 5 no ramo, contada do ápice para a base, pode ser representativa dos maiores teores para todos os clones de cajueiro-anão avaliados. Em cajueiro-comum o teor de K não diferiu quanto as posições das folhas no ramo, podendo nesse caso, qualquer folha ser representativa (KUMAR *et al.*, 1982; KUMAR *et al.*, 1985). No caso da goiabeira, semelhante aos resultados do presente estudo com cajueiro-anão, também houve ausência de tendência clara; entretanto, as folhas de posição 4, 5 e 6 foram as que tiveram teores de K estabilizados no período de avaliação (KUMAR; PANDEY, 1979). Essas flutuações nos teores deste nutriente podem ser atribuídas a sua alta mobilidade no floema, o que faz com que ele esteja em constante movimento (MARSCHNER, 2012).

Os teores de cálcio (Ca) nas folhas também foram influenciados pela interação dos fatores (TABELA 8). Os clones ‘CCP 76’ e ‘BRS 189’ apresentaram maiores teores de Ca nas folhas de posição 1 e 2, enquanto que para o clone ‘BRS 226’ não foi verificado diferença entre as posições das folhas analisadas. Este comportamento foi inesperado uma vez que, devido sua imobilidade no floema, a análise de folhas deveria mostrar teores baixos nas folhas mais novas em comparação as mais velhas; entretanto, não se deve pensar que a imobilidade seja absoluta (MALAVOLTA, 2006). Já para o clone ‘BRS 265’ os maiores teores de Ca foram determinados nas folhas das posições 5 e 6, o que pode estar relacionado

com a baixa mobilidade desse nutriente (MARSCHNER, 2012). As folhas localizadas mais próximas da base do ramo de goiabeira, mangueira, gravioleira e pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) foram as que apresentaram maiores teores de Ca, sendo portanto, as folhas mais velhas as que refletem melhor o acúmulo desse elemento (KUMAR; PANDEY, 1979; PATHAK; PANDEY, 1976; LIMA *et al.*, 2007; LIMA *et al.*, 2011).

Tabela 7 – Teores de K em folhas de cajueiro-anão, em função do clone e da posição da folha no ramo¹

Posição	Clone			
	‘CCP 76’	‘BRS 189’	‘BRS 226’	‘BRS 265’
	g kg ⁻¹			
1 ^a (ápice)	8,31 Bb	7,89 Bb	8,26 Ab	8,87 Aa
2 ^a	8,10 Bb	7,94 Bb	8,26 Ab	8,67 Aa
3 ^a	8,35 Ba	7,86 Bb	8,12 Ab	8,69 Aa
4 ^a	8,28 Ba	8,36 Aa	8,27 Aa	8,34 Ba
5 ^a	8,48 Aa	8,56 Aa	8,45 Aa	8,61 Aa
6 ^a (base)	8,58 Aa	8,58 Aa	8,50 Aa	8,41 Ba

Fonte: Dados da pesquisa.

¹ Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5 % de probabilidade.

Tabela 8 – Teores de Ca em folhas de cajueiro-anão, em função do clone e da posição da folha no ramo¹

Posição	Clone			
	‘CCP 76’	‘BRS 189’	‘BRS 226’	‘BRS 265’
	g kg ⁻¹			
1 ^a (ápice)	2,04 Ab	2,37 Aa	2,38 Aa	1,54 Bc
2 ^a	2,00 Ab	2,36 Aa	2,49 Aa	1,58 Bc
3 ^a	1,93 Bb	2,12 Ba	2,35 Aa	1,61 Bc
4 ^a	1,85 Bb	2,13 Ba	2,37 Aa	1,56 Bb
5 ^a	1,88 Bb	2,08 Bb	2,46 Aa	1,67 Ab
6 ^a (base)	1,91 Bb	2,06 Bb	2,45 Aa	1,77 Ab

Fonte: Dados da pesquisa.

¹ Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5 % de probabilidade.

Os clones ‘BRS 189’ e ‘BRS 226’ foram os que apresentaram os maiores teores de magnésio (Mg) nas folhas de cajueiro-anão (TABELA 9). No clone ‘BRS 189’, os maiores teores de Mg foram encontrados nas folhas de posição 1 e 2, apresentando desde a fase de produção de mudas os maiores teores desse elemento (FEITOSA *et al.*, 2013). Diferentemente, no ‘BRS 226’ as folhas com maiores teores de Mg foram as das posições 2, 5 e 6. Já os clones ‘CCP 76’ e ‘BRS 265’ tiveram os menores teores, sendo que para o clone ‘CCP 76’ não houve diferença significativa em relação a posição das folhas, e para o clone ‘BRS 265’ as folhas de posição 3, 5 e 6 foram que apresentaram maiores teores de Mg. De modo geral, não houve tendência clara em relação ao teor de Mg nas posições das folhas nos

ramos dos clones avaliados. Essa mesma ausência de padrão já foi verificada para a cultura da mangueira e da gravioleira, sendo que para esta última, a posição da folha no ramo foi menos importante do que a localização na copa das árvores (PATHAK; PANDEY, 1976; LIMA *et al.*, 2007).

Tabela 9 – Teores de Mg em folhas de cajueiro-anão, em função do clone e da posição da folha no ramo¹

Posição	Clone			
	‘CCP 76’	‘BRS 189’	‘BRS 226’	‘BRS 265’
	----- g kg ⁻¹ -----			
1 ^a (ápice)	1,45 Ab	1,66 Aa	1,51 Bb	1,41 Bb
2 ^a	1,45 Ab	1,67 Aa	1,58 Aa	1,43 Bb
3 ^a	1,45 Ab	1,57 Ba	1,53 Ba	1,45 Ab
4 ^a	1,40 Ab	1,59 Ba	1,55 Ba	1,40 Bb
5 ^a	1,42 Ab	1,59 Ba	1,60 Aa	1,46 Ab
6 ^a (base)	1,44 Ab	1,58 Ba	1,61 Aa	1,47 Ab

Fonte: Dados da pesquisa.

¹ Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5 % de probabilidade.

6.2 Teores de micronutrientes em folhas de cajueiro-anão, em função do clone e da posição da folha no ramo

Ao contrário dos macronutrientes e do sódio, os teores de micronutrientes nas folhas de cajueiro-anão foram pouco influenciados pelo clone, posição da folha no ramo ou interação dos fatores (TABELA 10). Para o micronutriente boro (B) observou-se maiores teores nos clones ‘BRS 189’ e ‘BRS 226; entretanto, a posição das folhas (da 1^a a 6^a) no ramo não afetou os teores foliares de forma significativa (TABELA 10). Esse resultado difere do observado em goiabeira, visto que os autores verificaram aumento e decréscimo nos teores de boro nas 10 posições das folhas analisadas (RODRÍGUEZ, 1967). Apesar disso, para o B, esperava-se um desempenho diferente desses que foram descritos, devido a sua imobilidade no floema, com teores mais altos nas folhas mais próximas da base do ramo. No entanto, o B não é imóvel em todas as espécies e, em alguns casos, é classificado com mobilidade intermediária (MALAVOLTA, 2006; MARSCHNER, 2012). Plantas, tais como a macieira (*Pyrus malus* L.), a ameixeira (*Prunus serrulata*) e a cerejeira (*Prunus ilicifolia*), que produzem polióis como os açúcares álcoois, sorbitol, dulcitol e manitol possuem a capacidade de complexar o B, conferindo a esse elemento alguma mobilidade dentro da planta (BROWN; HU, 1998). O cajueiro é considerado uma planta que não produz polióis (ZIMMERMANN; ZIEGLER, 1975). Entretanto, em estudo com a aplicação de B foliar e a adubação com B no

substrato de mudas de cajueiro, constatou-se que o B via substrato foi absorvido e translocado para as folhas jovens, sugerindo, que podem existir outros mecanismos para a mobilidade do B no floema em espécies que não contêm polióis (CANESIN; BUZETTI; SOUZA, 2015).

Os teores de ferro (Fe) e de cobre (Cu) não foram influenciados nem pela posição da folha no ramo nem pelos clones de cajueiro-anão (Tabela 10). Resultados semelhantes foram obtidos ao analisar os teores desses dois micronutrientes em folhas de pimenta-longa (*Piper hispidinervium*) (WADT; SILVA, 2016). Nas folhas de gravioleira, também não houve efeito da posição das folhas nos teores de Fe (LIMA *et al.*, 2007). Esses resultados sugerem que o Fe e o Cu se distribuem de forma uniforme, podendo ser indicada qualquer das folhas para a avaliação do estado nutricional.

Tabela 10 – Teores de micronutrientes em folhas de cajueiro-anão, em função do clone e da posição da folha no ramo¹

Fatores		B	Cu	Fe	Mn	Zn
		-----mg kg ⁻¹ -----				
Clone (C)	‘CCP 76’	25,4 b	6,6 a	28,0 a	72,6 a	14,9 a
	‘BRS 189’	28,6 a	6,6 a	29,2 a	81,3 a	13,8 a
	‘BRS 226’	26,5 a	7,1 a	27,8 a	84,2 a	14,6 a
	‘BRS 265’	23,4 b	6,4 a	27,2 a	57,1 b	14,3 a
Posição (P)	1 ^a (ápice)	25,5 a	6,9 a	28,4 a	74,9 a	14,4 a
	2 ^a	25,7 a	6,6 a	29,7 a	75,8 a	14,4 a
	3 ^a	25,9 a	6,6 a	27,5 a	72,5 a	14,4 a
	4 ^a	26,0 a	6,7 a	25,9 a	71,6 a	14,3 a
	5 ^a	26,4 a	6,7 a	27,3 a	73,6 a	14,4 a
	6 ^a (base)	26,4 a	6,5 a	29,5 a	74,3 a	14,5 a
		Teste F ²				
C		4,90**	1,82 ^{ns}	0,35 ^{ns}	5,47**	0,79 ^{ns}
P		0,35 ^{ns}	0,71 ^{ns}	1,67 ^{ns}	1,78 ^{ns}	0,02 ^{ns}
C x P		0,61 ^{ns}	0,93 ^{ns}	0,84 ^{ns}	2,59**	1,94*
C.V. % Clone		37,43	31,28	51,04	69,28	33,36
C. V. % Posição		18,59	16,90	31,80	12,60	14,83

Fonte: Dados da pesquisa.

¹ Médias seguidas de mesma letra minúscula, dentro de cada elemento, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5 % de probabilidade.

2 **: * e ^{ns}: Significativo a 1 e 5 % de probabilidade e não significativo, respectivamente.

Os teores de manganês (Mn) nas folhas de cajueiro-anão foram influenciados pela interação entre clones e posições da folha no ramo (TABELA 10). Os clones ‘CCP 76’, ‘BRS 189’ e ‘BRS 226’ foram os que apresentaram os maiores teores desse elemento nas folhas. Na fase de produção de mudas foi verificado que os clones ‘BRS 189’ e ‘BRS 226’ já apresentavam os maiores teores de Mn e, ainda, nessa mesma fase, o ‘CCP 76’ e o ‘BRS 189’ demonstraram os maiores índices de absorção e transporte (FEITOSA *et al.*, 2013; CAVALCANTE JÚNIOR *et al.*, 2019). Para o clone ‘CCP 76’ não houve diferença do teor de Mn entre as posições das folhas no ramo, enquanto que para o ‘BRS 189’ as folhas das posições 1, 2 e 4 foram as que apresentaram os maiores teores de Mn. As folhas das posições

2, 5 e 6 do ramo do clone ‘BRS 226’ e as folhas da posição 3, 5 e 6 do clone ‘BRS 265’ foram as que apresentaram os maiores teores de Mn (TABELA 11). Não houve, portanto, tendência clara de teor de Mn nas folhas dos ramos de cajueiro-anão. Por ser um nutriente considerado de baixa mobilidade (MARSCHNER, 2012), seu teor deveria ser maior nas folhas de posição mais próxima da base do ramo, como aconteceu nas folhas de gravioleira e pinhão-manso (LIMA *et al.*, 2007; LIMA *et al.*, 2011). Em pimenta-longa, os autores também não constataram diferenças nos teores do elemento em relação à posição folhas (WADT; SILVA, 2016), semelhante ao que aconteceu com o clone ‘CCP 76’. Entretanto, no caso do Mn, essas oscilações já eram previstas, tomando por base o fato de que, alguns autores consideram a sua mobilidade, complexa e variável, não permitindo colocá-lo nas categorias de elementos que são móveis, imóveis ou intermediários no floema (LONERAGAN, 1988 *apud* MALAVOLTA, 2006).

Tabela 11 – Teores de Mn em folhas de cajueiro-anão, em função do clone e da posição da folha no ramo¹

Posição	Clone			
	‘CCP 76’	‘BRS 189’	‘BRS 226’	‘BRS 265’
	-----mg kg ⁻¹ -----			
1 ^a (ápice)	77,4 Aa	87,0 Aa	82,3 Ba	52,9 Bb
2 ^a	73,5 Aa	86,5 Aa	87,2 Aa	56,2 Bb
3 ^a	72,9 Aa	77,8 Ba	79,9 Ba	59,4 Ab
4 ^a	69,4 Aa	82,1 Aa	81,7 Ba	53,4 Bb
5 ^a	70,6 Ab	76,6 Ba	87,7 Aa	59,4 Ab
6 ^a (base)	71,8 Ab	77,8 Ba	86,4 Aa	61,1 Ab

Fonte: Dados da pesquisa.

¹ Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5 % de probabilidade.

Interação entre clones e posições da folha no ramo também foi verificada para os teores foliares de zinco (Zn) (TABELA 10). Para o clone ‘CCP 76’ os maiores teores de Zn foram verificados para as folhas da posição 1, 2 e 3, e nos demais clones não houve diferença entre os teores foliares em relação as posições das folhas (TABELA 12). A mobilidade do Zn no floema é considerada intermediária; dessa forma, esperava-se que os teores mais altos ocorressem preferencialmente nas folhas mais velhas (MARSCHNER, 2012). Entretanto, resultados semelhantes ao que foi obtido com o clone ‘CCP 76’ já foram observados nas posições das folhas da goiabeira, gravioleira e pinhão-manso (KUMAR; PANDEY, 1979; LIMA *et al.*, 2007; LIMA *et al.*, 2011). É suposto que o Zn exista na planta em duas frações, uma ativa e outra inativa. Uma alta proporção da fração ativa indicaria possibilidade de redistribuição; já se predominar a fração inativa a redistribuição não ocorreria ou aconteceria

em baixa proporção (MALAVOLTA, 2006). Isso poderia estar relacionado aos diferentes comportamentos desse elemento com relação a sua mobilidade.

Tabela 12 – Teores de Zn em folhas de cajueiro-anão, em função do clone e da posição da folha no ramo¹

Posição	Clone			
	‘CCP 76’	‘BRS 189’	‘BRS 226’	‘BRS 265’
	-----mg kg ⁻¹ -----			
1 ^a (ápice)	15,2 Aa	13,1 Aa	15,2 Aa	14,1 Aa
2 ^a	15,9 Aa	13,4 Aa	14,7 Aa	13,7 Aa
3 ^a	15,6 Aa	13,3 Aa	14,4 Aa	14,3 Aa
4 ^a	14,2 Ba	15,2 Aa	14,0 Aa	14,1 Aa
5 ^a	14,1 Ba	14,3 Aa	14,6 Aa	14,8 Aa
6 ^a (base)	14,4 Ba	13,8 Aa	14,5 Aa	15,2 Aa

Fonte: Dados da pesquisa.

¹ Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5 % de probabilidade.

Os micronutrientes, com exceção do Mn, apresentam mobilidade intermediária (MARSCHNER, 2012) e, em sua maioria, não variaram quanto aos teores foliares em função da posição da folha analisada. A ausência dessa diferença, entre outros fatores, pode estar relacionada com a cessação da importação, ou de um equilíbrio entre a importação e a redistribuição do elemento no floema. Deve-se também levar em conta que uma grande proporção de micronutrientes é incorporada a estruturas celulares e compostos orgânicos de alto peso molecular (por exemplo, enzimas) (MARSCHNER, 2012). Devido a esse fato, apesar da alta a moderada mobilidade do Fe, Zn, Cu, e B no floema, nem sempre os maiores teores são verificados nas folhas mais novas.

6.3 Definição da folha diagnóstica em clones de cajueiro-anão

De maneira geral, para os nutrientes com alta mobilidade no floema como o N, P, K, Mg, S e o elemento Na (MARSCHNER, 2012), não foram verificadas tendências claras de diminuição nos teores em relação as posições das folhas no ramo, ou seja, esperava-se que houvesse a mobilização desses nutrientes das folhas mais velhas para as mais jovens (BARKER; BRYSON, 2007; MALAVOLTA, 2006; RAIJ, 2011). No caso do Ca, nutriente com baixa mobilidade (MARSCHNER, 2012), esperava-se o contrário em relação aos de alta mobilidade; entretanto, também não foi constatado maior teor em folhas mais velhas.

Com base nos resultados obtidos e em outros descritos na literatura, os teores de nutrientes, em função da posição da folha no ramo, parecem estar relacionados a outros fatores, e não exclusivamente devido a mobilidade do nutriente no floema. É sugerido que os

efeitos da idade da folha no teor de um mesmo elemento, pode ser devido a cultivar, as condições climáticas e ao tipo de solo (PATHAK; PANDEY, 1976). A grande variação dos teores de nutrientes nas folhas, independente da mobilidade, pode ser resultante de outros mecanismos, como, por exemplo, a ação de hormônios que podem estimular o metabolismo de uma determinada área dreno, fazendo os nutrientes se deslocarem em direção a ela (TAIZ *et al.*, 2017). Entretanto, os mecanismos precisos de mobilização de nutrientes, ainda não são bem compreendidos, podendo os hormônios vegetais como as citocininas, estarem envolvidos (TAIZ *et al.*, 2017).

Do ponto de vista fisiológico, um órgão da planta é considerado como fonte quando este é capaz de produzir fotossintatos além de suas necessidades, como no caso das folhas maduras. Já os tecidos dreno, como as folhas imaturas, importam substâncias para o seu crescimento; além disso, uma folha mesmo que jovem, deixa de ser dreno e passa a ser fonte quando ela está de 40 % a 50 % expandida (TAIZ *et al.*, 2017).

No presente estudo, foram coletadas as primeiras folhas completamente expandidas do ramo, seguindo as regras gerais para a definição da folha-diagnóstica, na qual devem ser coletadas folhas recém-maduras, cujo crescimento terminou e que ainda não entraram em senescência (MALAVOLTA, 2006). Seguindo esse critério, todas as folhas analisadas desempenhavam o papel de fontes quando foram coletadas, o que pode justificar os resultados divergentes do esperado, tais como a falta de relação entre os teores e a mobilidade do elemento no floema. Além disso, os nutrientes se movem visando atender as necessidades de crescimento (MALAVOLTA, 2006), ou seja, nem sempre os teores na folha estão relacionados a mobilidade do elemento no floema. Essa instabilidade dos nutrientes em relação aos teores e sua mobilidade nas folhas já foi observada na determinação da folha índice em outras culturas, e os autores atribuíram ao contínuo acréscimo e decréscimo no teor dos constituintes inorgânicos que variam amplamente da base para o ápice dos ramos (PATHAK; PANDEY, 1976; LIMA *et al.*, 2011). Dessa forma, para muitas culturas, recomenda-se para a avaliação do estado nutricional as folhas da posição mediana dos ramos (MALAVOLTA, 2006), as quais apresentam valores intermediários de nutrientes na folha.

Nos clones de cajueiro-anão, diferentemente do observado em algumas culturas, as folhas mais próximas da base do ramo, nas posições 5 e 6 foram as que, no geral, apresentaram os maiores teores de macronutrientes e sódio. Com relação aos micronutrientes, não foi verificado efeito da posição da folha no ramo para os teores foliares (TABELA 5 e 10), o que permite a utilização de qualquer uma das folhas como representativa do estado nutricional do cajueiro-anão.

Na determinação da folha-índice foram desconsideradas as interações entre os clones de cajueiro-anão e as posições das folhas no ramo, devido à ausência de uma tendência clara. Para fins práticos, a indicação de folhas de várias posições para cada clone e nutriente se tornaria inviável, sendo, portanto, mais coerente uma padronização.

Além da observação dos maiores teores de nutrientes para as folhas das posições 5 e 6 do ramo verificou-se, também, que essas folhas apresentaram menor coeficiente de variação (TABELA 13) para a maioria dos nutrientes analisados, com exceção do boro, cobre e zinco. Entretanto, conforme descrito anteriormente, não houve efeito da posição da folha no teor desses micronutrientes (TABELA 10). A definição das folhas 5 e 6 baseadas no uso do menor coeficiente de variação, possibilita inferir que a amostragem feita nessas posições proporciona menor aleatoriedade no teor nutricional, podendo assim, refletir melhor o estado nutricional das plantas (WADT; SILVA, 2016).

Tabela 13 – Coeficientes de variação dos nutrientes e do sódio nas folhas de cajueiro, em função da posição da folha no ramo

	1ª e 2ª	2ª e 3ª	3ª e 4ª	4ª e 5ª	5ª e 6ª
	----- % -----				
N	8,97	8,68	7,99	7,89	7,93
P	15,80	15,76	15,71	14,12	12,97
K	9,41	9,62	10,39	8,89	7,23
Ca	21,17	21,58	21,15	19,81	19,29
Mg	10,43	10,41	10,76	10,34	9,67
S	6,91	8,33	9,16	8,04	6,75
Na	18,10	18,15	18,46	17,45	15,83
B	23,78	23,61	20,72	21,53	24,14
Cu	20,21	17,56	19,43	18,91	20,94
Fe	37,46	40,58	35,51	30,15	29,99
Mn	30,97	31,53	31,87	29,28	26,90
Zn	21,93	20,32	17,90	16,62	18,85

Fonte: Dados da pesquisa.

6.4 Faixa crítica de nutrientes e sódio em clones de cajueiro-anão

Com a definição das folhas 5 e 6 como representativas do estado nutricional do cajueiro-anão e, considerando as diferenças entre os clones nos teores da maioria dos elementos (N, K, Ca, Mg, S, B e Mn, Tabelas 5 e 10), foram estabelecidas as faixas críticas de nutrientes para cada genótipo (TABELA 14).

O clone ‘BRS 189’, apresentou para a maioria dos elementos, os valores superiores da faixa crítica de nutrientes mais altos do que os do ‘BRS 265’. Considerando que

os clones foram cultivados no mesmo local e receberam o mesmo manejo de adubação, essa diferença pode ser explicada pelo porte de cada clone. Segundo Melo, Vidal Neto e Barros (2016), o ‘BRS 265’ apresenta maior porte, quando comparado ao ‘BRS 189’, o que resultaria em menores teores devido à diluição dos nutrientes na planta. Outra justificativa para a diferença entre os clones pode estar relacionada à eficiência nutricional, uma vez que o clone ‘BRS 189’ apresenta alta eficiência de transporte de nutrientes (CAVALCANTE JÚNIOR *et al.*, 2019).

Apesar da existência de alguns teores críticos (HAAG *et al.*, 1975a; MELO, 1991; RICHARDS, 1993) e faixas adequadas de nutrientes para o cajueiro (HAAG *et al.*, 1975b; KERNOT, 1999; SARRUGE *et al.*, 1975), esses valores devem ser utilizados com precaução, pois foram obtidos em condições diferentes das de campo, se tratando em sua maioria de trabalhos realizados com omissão de nutrientes em mudas, não sendo possível identificar se foi utilizado cajueiro-comum ou cajueiro-anão. Os resultados encontrados na literatura só servem como referência se a amostra de folhas for obtida nas mesmas condições em que o padrão foi estabelecido (MALAVOLTA, 2006).

De modo geral, os valores das faixas críticas obtidas neste estudo foram, para a maioria dos nutrientes, inferiores aos considerados adequados, porém superiores aos deficientes, conforme estabelecidos por Haag *et al.* (1975b) e Sarruge *et al.* (1975) (Tabela 14). Considerando que plantas com desenvolvimento adequado e com sintomas de deficiência de N foram associadas às faixas de 24,0 g kg⁻¹ a 25,8 g kg⁻¹ e de 9,8 g kg⁻¹ a 13,8 g kg⁻¹, respectivamente, os clones ‘CCP 76’, ‘BRS 226’ e ‘BRS 265’ apresentariam teores mais próximos da faixa de deficiência do elemento. Por outro lado, não foram observados sintomas de deficiência de N nos clones de cajueiro-anão e a produtividade média de castanhas do pomar, no sexto ano de cultivo em sequeiro, variou de 675 kg ha⁻¹ a 1.360 kg ha⁻¹, indicando que as faixas críticas de nutrientes obtidas podem estar próximas da realidade.

Para o ‘CCP 76’, por exemplo, as faixas críticas obtidas de N e de K foram semelhantes aos teores relatados por Crisóstomo *et al.* (2004) em experimento com adubação nitrogenada e potássica utilizando o mesmo clone e plantas com sete anos de idade. No experimento, os autores obtiveram teores de N e de K variando de 14,3 g kg⁻¹ a 16,4 g kg⁻¹ e de 8,6 g kg⁻¹ a 9,7 g kg⁻¹ respectivamente.

As faixas críticas obtidas de P, B, Cu e Fe foram, da mesma forma que para o N, mais próximas das faixas de deficiência do que das adequadas, sugeridas por Haag *et al.* (1975b) e Sarruge *et al.* (1975). Por outro lado, a faixa crítica de P obtida foi semelhante aos teores encontrados por Rupa *et al.* (2014) em 16 variedades de cajueiro na Índia (1,0 g kg⁻¹ a

1,5 g kg⁻¹). Nesse mesmo estudo, os teores de Cu (7,7 mg kg⁻¹ a 15,3 mg kg⁻¹) e de Fe (34,6 mg kg⁻¹ a 72,7 mg kg⁻¹) encontrados nas folhas de cajueiro foram superiores à faixa crítica obtida. Já para o B, as faixas críticas foram superiores ao teor obtido por Konsaeng, Dell e Rerkasem (2005) em folhas maduras da porção média do ramo do cajueiro (8,5 mg kg⁻¹).

As faixas críticas de Ca, Mg e Mn obtidas foram inferiores, enquanto que para o S e Zn, as faixas críticas foram semelhantes às faixas definidas por Haag *et al.* (1975b) e Sarruge *et al.* (1975) como adequadas para o cajueiro. As faixas críticas de Ca variaram 1,4 g kg⁻¹ a 2,0 g kg⁻¹ e de 2,0 g kg⁻¹ a 2,9 g kg⁻¹ para os clones ‘BRS 265’ e ‘BRS 226’ respectivamente. Para o ‘CCP 76’ a faixa crítica de 1,5 g kg⁻¹ a 2,3 g kg⁻¹ corrobora com o teor médio de Ca obtido por Bezerra *et al.* (1999) em folhas desse mesmo clone (2,5 g kg⁻¹). As faixas críticas de Mg e de S nas folhas do ‘CCP 76’, de 1,3 g kg⁻¹ a 1,6 g kg⁻¹ e de 1,0 g kg⁻¹ a 1,2 g kg⁻¹, respectivamente, coincidiram com os teores médios obtidos (1,6 g kg⁻¹ para Mg e de 1,1 g kg⁻¹ para S) por esses mesmos autores.

Os teores de Na nas folhas dos clones de cajueiro-anão variaram de 0,8 g kg⁻¹ a 1,5 g kg⁻¹ (TABELA 14). Ainda é desconhecido se esse elemento pode trazer algum benefício para o desenvolvimento da cultura do cajueiro, entretanto, vale ressaltar que nesse nível encontrado no trabalho, não foi detectado problemas de toxidez. Semelhantemente em estudo verificando a resposta fisiológica de plantas adultas do clone ‘CCP 76’ à salinidade Amorim *et al.* (2010), também não observaram sintomas de toxidez mesmo em folhas com teores de Na mais elevados, variando de 1,97 g kg⁻¹ a 8,49 g kg⁻¹.

Os clones de cajueiro-anão apresentaram variação entre eles nos teores de Mn nas folhas (TABELA 10), resultando em faixas críticas distintas (TABELA 14), de 42 mg kg⁻¹ a 79 mg kg⁻¹ e de 66 mg kg⁻¹ a 109 mg kg⁻¹ para o ‘BRS 265’ e ‘BRS 226’, respectivamente. Entretanto, essas faixas apresentaram menor amplitude do que a faixa adequada (de 91 mg kg⁻¹ a 204 mg kg⁻¹) estabelecida por Sarruge *et al.* (1975). Teores de Mn, de 12,8 mg kg⁻¹ a 34,0 mg kg⁻¹, obtidos em 16 variedades de cajueiro por Rupa *et al.* (2014) confirmam a possibilidade da faixa obtida por Sarruge *et al.* (1975) estar superestimada. Já para o Zn, as faixas obtidas para os quatros clones de cajueiro-anão foram coincidentes à estabelecida por Sarruge *et al.* (1975) e ambas foram inferiores às encontradas por Rupa *et al.* (2014).

Ressalta-se que as faixas obtidas por Haag *et al.* (1975b) e Sarruge *et al.* (1975) foram obtidas em mudas de cajueiro-comum em experimento de omissão de nutrientes, em condições controladas e sem nenhuma limitação de água, nutrientes e restrição climática. Já a faixa crítica sugerida foi obtida em plantas de cajueiro-anão, cultivadas em campo, as quais

estavam sujeitas a algumas limitações, tais como água e nutrientes, mas seguindo as recomendações para a formação e condução do pomar de cajueiro.

Essas diferenças com relação as faixas e os valores encontrados na literatura já eram esperadas, uma vez que os teores foliares de nutrientes em cajueiro são influenciados por fatores inerentes à planta, como a variedade (AIKPOKPODION; OLOKO; EDIBO, 2009; BEZERRA *et al.*, 1999; CORRÊA; NASCIMENTO; NEVES, 1991; FEITOSA *et al.*, 2013; RUPA *et al.*, 2014), o estágio fenológico (ALMEIDA *et al.*, 1992; BEZERRA *et al.*, 1999; CORRÊA; NASCIMENTO; NEVES, 1991) e a posição da folha no ramo (KUMAR *et al.*, 1982; KUMAR *et al.*, 1985), bem como o manejo da adubação (ALMEIDA *et al.*, 1992; CRISÓSTOMO *et al.*, 2004; REDDY *et al.*, 1981). Diante disso, reforça-se a importância da padronização dos procedimentos de amostragem das folhas, a fim de utilizar a análise química de tecido vegetal como ferramenta de avaliação do estado nutricional do cajueiro, auxiliando no manejo da adubação da cultura. Diante das diferenças entre os clones de cajueiro-anão, a definição de faixa crítica de nutrientes para cada genótipo, em uma primeira aproximação, torna a avaliação do estado nutricional da planta mais ajustada.

Tabela 14 - Faixa crítica de nutrientes e sódio na 5ª e 6ª folhas de clones de cajueiro-anão

	CCP 76	BRS 189	BRS 226	BRS 265
N (g kg ⁻¹)	12,7 - 15,7	13,8 - 16,9	11,9 - 15,7	11,3 - 13,9
P (g kg ⁻¹)	0,9 - 1,1	1,0 - 1,2	0,9 - 1,1	0,9 - 1,3
K (g kg ⁻¹)	7,9 - 9,1	7,9 - 9,3	6,9 - 8,2	7,7 - 9,4
Ca (g kg ⁻¹)	1,5 - 2,3	1,7 - 2,5	2,0 - 2,9	1,4 - 2,0
Mg (g kg ⁻¹)	1,3 - 1,6	1,4 - 1,8	1,4 - 1,8	1,4 - 1,6
S (g kg ⁻¹)	1,0 - 1,2	1,1 - 1,3	0,9 - 1,2	0,9 - 1,1
Na (g kg ⁻¹)	1,0 - 1,5	0,9 - 1,3	0,9 - 1,3	0,8 - 1,2
B (mg kg ⁻¹)	21 - 31	22 - 35	20 - 33	16 - 31
Cu (mg kg ⁻¹)	5 - 8	5 - 8	6 - 9	5 - 8
Fe (mg kg ⁻¹)	21 - 35	19 - 36	21 - 37	20 - 37
Mn (mg kg ⁻¹)	50 - 93	55 - 99	66 - 109	42 - 79
Zn (mg kg ⁻¹)	11 - 18	12 - 16	12 - 17	11 - 19

Fonte: Dados de pesquisa.

7 CONCLUSÃO

As folhas maduras das posições 5 e 6 do ramo com inflorescência, coletadas no início do florescimento, devem ser utilizadas como folhas-diagnóstica para a avaliação do estado nutricional do cajueiro-anão.

A diferença nos teores de nutrientes nas folhas de quatro clones de cajueiro-anão permite a obtenção, em uma primeira aproximação, da faixa crítica de nutrientes específica para cada genótipo.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, M. de J. N.; LIMA, J. B. de; CARNEIRO, F. de A.; LIMA, M. W. **Dados climatológicos**: Estação de Pacajus, 2000. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2001. 15 p. (Boletim Agrometeorológico, 24).
- AIKPOKPODION, P. E.; ULOKO, B.; EDIBO, G. Nutrients dynamics in soil and cashew (*Anacardium occidentale* L.) leaf and kernel in Kogi State, Nigeria. **Journal of Applied Biosciences**, [S.l.], v. 25, p. 1573-1578, 2009.
- ALMEIDA, F. A. G.; MENEZES JR, J.; HERNANDEZ, F. F. F.; ALMEIDA, F. C. G. Efeito da adubação com NPK na concentração de nutrientes em folhas de cajueiro ‘anão precoce’ (*Anacardium occidentale* L. var. *nanum*). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 14, p. 67-73, 1992.
- ALVES, F. A. L.; SILVA, S. L. F.; SILVA, E. N.; SILVEIRA, J. A. G. Clones de cajueiro-anão precoce expostos ao estresse salino e ao acúmulo de potássio e sódio. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 39, p. 422-428, 2008.
- AMARAL, J. F. T. do.; BRUCKNER, C. H.; MARTINEZ, H. E. P.; CRUZ, C. D.; GODOY, C. L.; CAIXETA, S. L. Determination of leaf sampling techniques to assess the nutritional status of Barbados cherry (*Malpighia emarginata* D.C.). **Fruits**, [S.l.], v. 57, p. 161-171, 2002.
- AMORIM, A. V.; FILHO, E. G.; BEZERRA, M. A.; PRISCO, J. T.; LACERDA, C. F. Respostas fisiológicas de plantas adultas de cajueiro anão precoce à salinidade. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 41, p. 113-121, 2010.
- BARKER, A. V.; BRYSON, G. M. Nitrogen. *In*: BARKER, A. V.; PILBEAM, D. J. (Ed.) **Handbook of plant nutrition**. London: Taylor & Francis Group, 2007. p. 22-40.
- BARROS, L. M.; PIMENTEL, C. R. M.; CORREA, M. P. F.; MESQUITA, A. M. M. **Recomendações técnicas para a cultura do cajueiro anão-precoce**. Fortaleza: EMBRAPA-CNPAT, 1993. (Circular Técnica, 1).
- BEZERRA, F. C.; FRAGOSO, H. de A.; COSTA, J. T. A.; HERNANDEZ, F. F. F. Avaliação do estado nutricional de cajueiro anão-precoce, clones CCP-76 e CCP-09. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 21, p. 208-211, 1999.
- BROWN, P.H.; HU, H. Phloem boron mobility in diverse plant species. **Botanical Acta**, New York, v. 111, p. 331-335, 1998.
- CANESIN, R. C. S. F.; BUZETTI, S.; SOUZA, J. A. Redistribution of 10B absorbed by leaves and roots of cashew seedlings. **Journal of Plant Nutrition**, [S.l.], v. 38, p. 639-646, 2015.
- CANTARELLA, H.; JORIS, H. A. W. ; SOARES, J. R.; VARGAS, V. P.; MONTEZANO, Z. F. Uso eficiente de fertilizantes na nutrição de plantas. *In*: PRADO, R. de M. (Ed.) **Nutrição**

de plantas: diagnose foliar em frutíferas. Jaboticabal, SP: FCAV/CAPES/FAPESP/CNPq, 2012. p. 95-122.

CAVALCANTE JÚNIOR, L. F.; SOARES, I.; TANIGUCHI, C. A. K.; SERRANO, L. A. L.; MELO, D. S. Nutrient accumulation and nutritional efficiencies of cashew genotypes. **Journal of Plant Nutrition**, [S.l.], v.42, p. 344-350, 2019.

CAVALCANTE, R. A.; CORRÊA, M. C. de M.; PAIVA, J. de R.; MONTENEGRO, A. A. T.; CYSNE, J. R. B.; NUNES, T. A. Estado nutricional em oito genótipos de cajueiro anão precoce. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 20.; ANNUAL MEETING OF THE INTERAMERICAN SOCIETY FOR TROPICAL HORTICULTURE, 54., 2008, Vitória-ES. **Anais [...]**. Vitória: Incaper; Sociedade brasileira de fruticultura, 2008. p. 1-5.

CORRÊA, L. de S.; NASCIMENTO, V. M. do; NEVES, L. H. Variações dos teores foliares de N, P, K, Ca e Mg em três tipos de cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) durante um ano. **Científica**, Jaboticabal, v. 19, n. 2, p. 19-29, 1991.

CORRÊA, M. C. de M.; QUEIROZ, R. F.; RUPPENTHAL, V. Diagnose foliar nas culturas do caju e do caqui. *In*: PRADO, R. de M. (Ed.). **Nutrição de plantas:** diagnose foliar em frutíferas. Jaboticabal, SP: FCAV/CAPES/FAPESP/CNPq, 2012. p. 381-410.

CRISÓSTOMO, L. A. **Avaliação da fertilidade em dez unidades de solo cultivadas com cajueiro nos estados de Piauí, Ceará e Rio Grande do Norte**. 1991. 67 f. Tese (Professor Titular) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1991.

CRISOSTOMO, L. A.; PIMENTEL, C. R. M.; MIRANDA, F. R. de; OLIVEIRA, V. H. de. *In*: CRISÓSTOMO, L. A.; NAUMOV, A. (Org.). **Adubando para alta produtividade e qualidade:** frutíferas tropicais do Brasil. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical; Horgen: International Potash Institute, 2009. p. 50-69.

CRISÓSTOMO, L. A.; ROSSETTI, A. G.; PIMENTEL, C. R. M.; BARRETO, P. D.; LIMA, R. N. Produtividade, atributos industriais e avaliação econômica de castanha em cajueiro-anão precoce adubado com doses crescentes de nitrogênio e potássio, em cultivo sob sequeiro. **Revista Ciência Agronômica**, [Fortaleza], v. 35, p. 87-95, 2004.

DOW, A. I.; ROBERTS, S. Proposal: critical nutrient ranges for crop diagnosis. **Agronomy Journal**, [S.l.] v. 74, p. 401-403, 1982. (Notes).

FAQUIN, V. **Diagnose do estado nutricional das plantas**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2002. 77 p.

FEITOSA, M. M.; TANIGUCHI, C. A. K.; SERRANO, L. A. L.; CAVALCANTE JÚNIOR, L. F.; VIDAL NETO, F. V. das C.; MELO, D. S. Estado nutricional de mudas enxertadas de cajueiro. *In*: REUNIÃO NORDESTINA DE CIÊNCIA DO SOLO, 1., 2013, Areia-PB. **Anais [...]**. Areia-PB: Sociedade brasileira de ciência do solo, 2013. p.1-4.

FRAGOSO, H. A.; BEZERRA, F. C.; MELO, F. I. O.; HERNANDEZ, F. F. F. Exportação de macronutrientes pela castanha e pseudofruto de dois clones de cajueiro anão-precoce. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [Viçosa, MG], v. 23, p. 603-608, 1999.

FROTA, P. C. E.; PARENTE, J. I. G. Clima e fenologia. *In*: ARAÚJO, J. P. de A.; SILVA, V. V. da (Ed.). **Cajucultura: modernas técnicas de produção**. Brasília: Embrapa, 1995. p. 43-54.

FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS. **Calendário das chuvas**. Fortaleza, 2019. Disponível em: <http://www.funceme.br>. Acesso em 07 jan. 2019.

HAAG, H. P.; SARRUGE, J. R.; OLIVEIRA, G. D. de; L.C. SCOTON; DECHEN, A. R. Nutrição mineral do cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) III – absorção de nutrientes. **Anais da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**, Piracicaba, v. 32, p. 197-204, 1975a. (Nota prévia).

HAAG, H. P.; SARRUGE, J. R.; OLIVEIRA, G. D. de; DECHEN, A. R. Nutrição mineral do cajueiro (*Anacardium occidentale* L.). I – deficiência dos macronutrientes. **Anais da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**, Piracicaba, v. 32, p. 185-190, 1975b. (Nota prévia).

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção Agrícola Municipal**. Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br>. Acesso em: 23 març. 2018.

KERNOT, I. (Coord.). **Cashew information kit**. Queensland: Department of Primary Industries, 1999. 26 p. (Series: Agrilink your growing guide to better farming).

KONSAENG, S.; DELL, B.; RERKASEM, B. A survey woody tropical species for boron retranslocation. **Plant Production Science**, [S.l.], v. 8, p. 338-341, 2005.

KUMAR, P.; PANDEY, R. M. Sampling for mineral content in leaves of guava cultivar ‘Lucknow-49’. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 11, p. 163-174, 1979.

KUMAR, P. H.; NAIR, B. P.; RAKHIAPPAN, P.; NAGABHUSHANAM, S.; MOHAN, E. Variation in mineral composition of leaves of cashew (*anacardium occidentale* L.) as affected by season, position and age. **Indian Cashew Journal**, [S.l.], v. 14, p. 7-10, 1982.

KUMAR, P. H.; RAKIAPPAN, P.; NAIR, B. P.; MOHAN, E.; NAGABHUSHANAM, S. Effect of season position and age of leaf on the major nutrient composition of cashew. **Acta Horticulturae**, [S.l.], v. 108, p. 291-293, 1985.

KURIHARA, C. H.; MAEDA, S.; ALVAREZ VENEGAS., V. H. **Interpretação de Resultados de Análise Foliar**. Dourados, MS: Embrapa agropecuária Oeste, 42 p., 2005. (Documentos, 74).

LATIS, T.; CHIBILITI, G. Foliar diagnosis of nutrient deficiencies in cashew: a study conducted in the Western Province of Zambia. **Rivista di Agricoltura Subtropicale e Tropicale**, [S.l.], v. 82, p. 677-689, 1988.

LIMA, A. A. C.; OLIVEIRA, F. N. S.; AQUINO, A. R. L. **Classificação e aptidão agrícola dos solos do Campo Experimental de Pacajus, Ceará, para a fruticultura**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2002. 20 p. (Documentos, 53).

LIMA, R. de L. S. de; FERREIRA, G. B.; WEBER, O. B.; CAZETTA, J. O. Diagnose foliar da gravioleira (*Annona muricata* L.): efeito da posição de ramos e folhas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, p. 1320-1325, 2007.

LIMA, R. de L. S. de; SEVERINO, L. S.; CAZETTA, J. O.; AZEVEDO, C. A. V.; SOFIATTI, V.; ARRIEL, N. H. C. Posição da folha e estágio fenológico do ramo para análise foliar do pinhão manso. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, p. 1068-1072, 2011.

LOPES, P. A. P.; PEGORARO, R. F.; SILVA, D. F.; MAIA, V. M.; MEDEIROS, A. C. Micronutrient concentration and content in passion fruit leaves under sampling methods and N-K fertilization rates. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 39, p. 1-11, 2017.

LUCENA, J. J. Methods of diagnosis of mineral nutrition of plants a critical review. **Acta Horticulturae**, [S.l.], v. 448, p. 179-192, 1997.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas princípios e aplicações**. Piracicaba: Potafos, 1997. 319 p.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. Piracicaba: Ceres, 2006. 638 p.

MARINHO, C. S.; MONNERAT, P. H.; CARVALHO, A. J. C.; MARINS, S. L. D.; VIEIRA, A. Análise química do pecíolo e limbo foliar como indicadora do estado nutricional dos mamoeiros 'Solo' e 'Formosa'. **Scientia Agrícola**, [S.l.], v. 59, p. 373-381, 2002.

MARSCHNER, P. **Marschner's mineral nutrition of higher plants**. 3th ed. London: Academic Press, 2012. 651 p.

MARTINEZ, H. E. P.; CARVALHO, J. G.; SOUZA, R. B. Diagnose foliar. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ VENEGAS., V. H. **Recomendações 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.

MARTINEZ, H. E. P.; MENEZES, J. F. S.; SOUZA, R. B.; ALVAREZ VENEGAS., V. H.; GUIMARÃES, P.T.G. Faixas críticas de concentrações de nutrientes e avaliação do estado nutricional de cafeeiros em quatro regiões de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, p. 703-713, 2003.

MATTOS, D. Jr.; QUAGGIO, J. A.; CANTARELLA, H.; ALVA, A. K.; GRAETZ, D. A. Response of young citrus trees on selected rootstocks to nitrogen, phosphorus and potassium fertilization. **Journal of Plant Nutrition**, [S.l.], v. 29, p. 1371-1385, 2006.

MELO, A. R. B. de. **Concentração e quantidade de macronutrientes em cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) anão precoce**. 1991. 72 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1991.

MELO, D. S.; VIDAL NETO, F. das C.; BARROS, L. de M. Cultivares recomendadas de cajueiro. In: SERRANO, L. A. L. (Ed.). **Sistema de Produção do Caju**. 2. ed. [Fortaleza]:

Embrapa Agroindústria Tropical, 2016. Disponível em: https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p_p_id=conteudoportlet_WAR Acesso em: 14 fev. 2019.

MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A.; MURAOKA, T.; CARMO, C. A. F. S. do; MELO, W. J. Análise química de tecido vegetal. In: SILVA, F. C. (Ed.). **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2. ed. rev. e ampl. Brasília: [s.n.], 2009. p. 191-234.

NATALE, W.; ROZANE, D. E. **Análise de solo, folhas e adubação de frutíferas**. Registro, SP: UNESP, 2018. 124 p.

O'FARRELL, P. J.; ARMOUR, J. D.; REID, D. J. Nitrogen use for high productivity and sustainability in cashew. **Scientia Horticulturae**, [S.l.], v. 124, p. 19-28, 2010.

OLIVEIRA, A. N.; SILVA, A. C.; ROSADO, S. C. da S.; RODRIGUES, E. A. C. Variações genéticas para características do sistema radicular de mudas de baru (*Dipteryx alata* Vog.). **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 30, p. 905-909, 2006.

OLIVEIRA, V. H. de.; TANIGUCHI, C. A. K.; CRISÓSTOMO, L. A. **Nutrição mineral do cajueiro**. Brasília: Embrapa Agroindústria Tropical, 2013. 40 p. (Documentos, 14).

PARENT, L. E. Diagnosis of the nutrient compositional space of fruit crops. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, p. 321-334, 2011.

PATHAK R. A.; PANDEY, R. M. Sampling for mineral content in leaves of mango cultivar 'dashehari'. **Scientia Horticulturae**, [S.l.], v. 5, p. 255-264, 1976.

PEEL, M. C.; FINLAYSON, B. L.; MCMAHON, T. A. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. **Hydrology and Earth System Sciences**, [S.l.], v. 11, p. 1633-1644, 2007.

PEGORARO, R. F.; LOPES, P. A. P.; SILVA, D. F.; MAIA, V. M.; MEDEIROS, A. C. Macronutrient concentration and content in passion fruit leaves under sampling methods and N-K fertilization rates. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 39, p. 1-12, 2017.

PERALTA, A. N.; ROMÁN, A. E. B.; MARTÍNEZ, A. R.; CONTRERAS, D. J. Estado nutricional foliar de tres cultivares de mango fertilizados con abonos orgánicos. **Idesia**, [S.l.] v. 33, p. 65-72, 2015.

PESSOA, P. F. A. P.; LEITE, L. A. S. Desempenho do agronegócio caju brasileiro. In: ARAÚJO, J. P. P. (Ed.). **Agronegócio caju: práticas e inovações**. Brasília, DF: Embrapa, 2013. p. 21-40.

PRADO, R. de M.; NATALE, W. Leaf sampling in carambola trees. **Fruits**, [S.l.], v. 59, p. 281-289, 2004.

PRADO, R. de M. **Nutrição de Plantas**. São Paulo: UNESP, 2008. 407 p.

RAIJ, B. V. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2011. 420 p.

REDDY, A. V.; NARASIMHA RAO, P. V.; ANKAIAH, S.; SUBBA RAO, I. V. Cashew NPK nutrition in relation to growth under graded doses of nitrogen fertilization. **Indian Cashew Journal**, [S.l.], v. 14, p. 15-21, 1981.

RIBEIRO, M. R.; BARROS, M. de F. C.; FREIRE, M. B. G. dos S. Química dos solos salinos e sódicos. In: MELO, V. F.; ALLEONI, L. R. F. (Ed.). **Química e Mineralogia do Solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2016. p. 450-480.

RICHARDS, N. K. Cashew tree yield growth and macronutrient status, as influenced by fertilizers applications. [S.l.]: **Cashew research in the Northern Territory, Australia**. 1993. 16 p. (Technical Bulletin, 202).

RODRIGUES, M. G. V.; PACHECO, D. D.; NATALE, W.; SILVA, J. T. A. da. Amostragem foliar de bananeira 'Prata-Anã'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 32, p. 321-325, 2010. (Comunicação Científica).

RODRÍGUEZ, S. J. Variation in chemical composition of guava leaves (*Psidium guajava* L.) as affected by position in the terminals. **Journal of Agriculture of University of Puerto Rico**, [S.l.], v. 51, p. 252-259, 1967.

ROSSETTO, C. J.; FURLANI, P. R.; BORTOLETTO, N.; QUAGGIO, J. A.; IGUE, T. Differential response of mango varieties to boron. **Acta Horticulturae**, [S.l.], v. 509, p. 259-264, 2000.

ROZANE, D. E.; NATALE, W.; PRADO, R. de M.; BARBOSA, J. C. Amostragem para diagnose do estado nutricional de mangueiras. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 29, p. 371-376, 2007.

ROZANE, D. E.; PARENT, L. E.; NATALE, W. Evolution of the predictive criteria for the tropical fruit tree nutritional status. **Científica**, Jaboticabal, v. 44, p. 102-112, 2016.

RUPA, T. R.; KALAIVANAN, D.; RESHMA; RASHMI, P. Nutrient content in the leaves of cashew (*Anacardium occidentale* L.) in relation to variety. **Journal of Plantation Crops**, [S.l.], v. 42, p. 145-150, 2014.

SARRUGE, J. R.; HAAG, H. P.; OLIVEIRA, G. D. de; DECHEN, A. R. Nutrição mineral do cajueiro (*Anacardium occidentale* L.). II – deficiência dos micronutrientes. **Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"**, Piracicaba, v. 32, p. 191-195, 1975. (Nota prévia).

SERRANO, L. A. L.; OLIVEIRA, V. H. de. Aspectos botânicos, fenologia e manejo da cultura do cajueiro. In: ARAÚJO, J. P. P. de (Ed.). **Agronegócio caju: práticas e inovações**. Brasília: Embrapa, 2013. p. 77-165.

SERRANO, L. A. L.; Fenologia do cajueiro. In: _____. **Sistema de Produção do Caju**. 2. ed. [Fortaleza]: Embrapa Agroindústria Tropical, 2016a. Disponível em: https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p_p_id=conteudoportlet_WAR. Acesso em: 14 fev. 2019.

SERRANO, L. A. L.; Implantação e tratos culturais do pomar de cajueiro. *In: _____*. **Sistema de Produção do Caju**. 2. ed. [Fortaleza]: Embrapa Agroindústria Tropical, 2016b. Disponível em: https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p_p_id=conteudoportlet_WAR. Acesso em: 14 fev. 2019.

SERRANO, L. A. L.; PESSOA, P. F. A. de 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. Disponível em: https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p_p_id=conteudoportlet_WAR. Acesso em: 14 fev. 2019.

SILVA, D. J.; WADT, P. G. S.; MOUCO, M. A. do C. Diagnose foliar da cultura da manga. *In: PRADO, R. de M. (Ed.)*. **Nutrição de plantas: diagnose foliar em frutíferas**. Jaboticabal: FCAV, 2012. p. 311-342.

SILVA, V. de P. R. On climate variability in Northeast of Brazil. **Journal of Arid Environments**, [S.l.], v. 58, p. 575-596, 2004.

SILVA, F. C.; ABREU, M. F.; PÉREZ, D. V.; EIRA, P. A.; ABREU, C. A.; RAIJ, B. van; GIANELLO, C.; COELHO, A. M.; QUAGGIO, J. A.; TEDESCO, M. J.; SILVA, C. A.; CANTARELLA, H.; BARRETO, W. O. *In: SILVA, F. C. (Ed.)*. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2. ed. rev. e ampl. Brasília: [s.n.], 2009. p. 107-189.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858 p.

TANIGUCHI, C. A. K.; SERRANO, L. A. L.; FEITOSA, M. M.; MARTINS, T. S. **Acúmulo de matéria seca e de nutrientes em porta-enxerto e em mudas enxertadas de cajueiro-anão**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2017. 24 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 138).

TEIXEIRA, L. A. J.; SILVA, J. A. A.; Nutrição mineral de populações e híbridos de coqueiro (*cocos nucifera* L.) cultivados em bebedouro (SP). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 25, p 371-374, 2003. (Comunicação Científica).

WADT, P. G. S. **Diagnose foliar e recomendação de adubação para lavouras comerciais**. Rio Branco: Embrapa Acre, 2011. 69 p. (Documentos, 120).

WADT, P. G. S.; SILVA, L. M. Faixa de suficiência e definição da posição da folha na avaliação do estado nutricional de pimenta-longa. **Científica**, Jaboticabal, v. 44, p. 431-438, 2016.

YAACOB, O.; NGAH, W. A. R.; KAMAL, A. J. Effect of rainfall, age and position on the nutrient content of cashew nut leaf on tin tailing in Malaysia. **Acta Horticulturae**, [S.l.], v. 108, p. 85-90, 1985.

ZIMMERMANN, M. H.; ZIEGLER, H. List of sugars and sugar alcohols in sieve-tube exudates. *In: ZIMMERMANN, M. H.; MILBURN, J. A. (Ed.)*. **Encyclopedia of Plant Physiology**. Heidelberg: Springer-Verlag, 1975. p. 480-503.