

JÚLIA GOMES FERREIRA

**RECOMENDAÇÃO DE NUTRIENTES PARA A PRODUÇÃO DE MUDAS
DE CAFEIRO PELO MÉTODO REQUERIMENTO – SUPRIMENTO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2017

Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa

T

F383r
2017

Ferreira, Júlia Gomes, 1980-
Recomendação de nutrientes para a produção de mudas de
cafeeiro pelo método requerimento-suprimento / Júlia Gomes
Ferreira. – Viçosa, MG, 2017.
xiii, 73f : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Inclui anexos.

Orientador: Victor Hugo Alvarez Venegas.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Inclui bibliografia.

1. *Coffea arabica*. 2. Café - Mudas. 3. Plantas - Nutrição.
4. Plantas - Crescimento. I. Universidade Federal de Viçosa.
Departamento de Solos. Programa de Pós-graduação em Solos e
Nutrição de Plantas. II. Título.


CDD 22. ed. 633.73

JÚLIA GOMES FERREIRA


**RECOMENDAÇÃO DE NUTRIENTES PARA A PRODUÇÃO DE MUDAS DE
CAFEIRO PELO MÉTODO REQUERIMENTO - SUPRIMENTO**

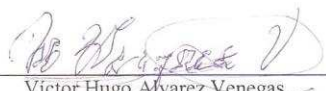
Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 13 de fevereiro de 2017.


Paulo Cezar Rezende Fontes


Jaime Wilson Vargas de Mello


Leonarduz Vergütz


Victor Hugo Alvarez Venegas
(Orientador)

Ao meu Esposo, Vladmiro Pedro de Carvalho.
À minha Filha Rayana de Carvalho.

Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus que sempre conduziu os meus passos me deu força e coragem nos momentos bons e ruins da minha vida.

Ao meu esposo que sempre esteve do meu lado me apoiando e muitas vezes fazendo papel de pai e mãe para a nossa filha durante a minha ausência para a formação. À minha filha que me encheu de orgulho e me deu coragem para prosseguir com a minha formação.

Aos meus pais que não mediram esforços na minha educação e fizeram de mim essa pessoa que hoje sou, batalhadora, persistente na concretização dos meus objetivos.

Aos meus irmãos que sempre me apoiam emocionalmente e faziam os dias tristes se tornarem mais alegres todas as vezes que eu reclamava o quanto sofria de solidão.

À Universidade Federal de Viçosa, ao Departamento de Solos ao Instituto Nacional de café de Angola e ao Instituto Nacional de Bolsas de Angola pela oportunidade de realização do curso.

Ao Dr. António Alves Pereira da EPAMIG, e em seu nome a essa Instituição pelo fornecimento das mudas de cafeeiro utilizadas neste trabalho.

Agradeço ao Professor Víctor Hugo Álvarez V. pelos ensinamentos que foram além dos acadêmicos, pela confiança depositada em mim, que quando da minha chegada no Brasil sem a mínima noção de conhecimento em algumas disciplinas foi cuidadoso em passar para mim conhecimentos de forma humilde, me fazendo acreditar que eu era capaz e estava ali para adquirir experiência, conhecimento técnico e científico na área, a fim de contribuir no enriquecimento e desenvolvimento do país. Agradeço por fazer de mim uma pessoa persistente segura e pelo exemplo de comprometimento e responsabilidade com o ensino e a pesquisa.

Aos professores do Departamento de solos, especialmente os professores Júlio César Lima Neves que foi sempre um conselheiro para mim, Raphael Bragança Alves Fernandes pelo primeiro contacto e experiência na Universidade com as disciplinas, Leonardus Vergütz, aos professores do Departamento de Fitotecnia, Paulo R. Fontes e Hermínia Emília Prieto Martinez pelos ensinamentos transmitidos durante o curso de Mestrado. Também aos demais professores que fizeram parte da minha formação

acadêmica, de modo especial ao Professor Ney Sussumu Sakiyama e professor Raymundo Vento Tielve da Universidade Pinar del Rio Cuba.

A todos os funcionários do Departamento de Solos, especial a Luciana Freitas pela dedicação, apoio e carinho pelos estudantes, Carlos Antonio da Fonseca pela paciência e todo cuidado nos ensinamentos das práticas de análises de solo e planta no laboratório de fertilidade, a todos que, direta ou indiretamente auxiliaram na condução deste trabalho e pelo agradável convívio.

A todos os amigos e colegas que estiveram ao meu lado ao longo dessa caminhada, principalmente aos amigos de curso Wedisson Santos, Aridiano, Odirley, Mônica Pontes, Sabrina Aparecida, Welldy, Arlindo Faria, Willian, Vanessa, Valéria, Antonio João, Jailson Silva, pelas boas conversas e momentos de descontração. Ao Josimar Reis pela grande ajuda na condução do experimento e análises. A Silvane Campos pelo carinho e apoio nas horas difíceis. Aos amigos e padrinhos, Náuzica Faial Rodrigues e Hemenegildo Gomes Correia que sempre me apoiaram em todos os momentos.

A todos que não foram citados, mas que, de alguma forma, contribuíram para que eu alcançasse esse objetivo.

BIOGRAFIA

Júlia Gomes Ferreira de Carvalho filha de Manuel João Ferreira da Costa e Ângela Gomes Pereira, nasceu em Angola, Província de Benguela, Município de Benguela em 17 de Julho de 1980.

Cursou o Ensino Médio de Agro-Pecuária no Instituto Médio Agrário do Tchivinguiro Angola, Província da Húlia, concluindo-o em Novembro de 2001.

Em Março de 2005 iniciou o curso de Agronomia na Faculdade de Ciências Agrária em Angola, Província do Huambo, concluindo-o em Julho de 2009.

Em Outubro de 2012, iniciou o curso de Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas na Universidade Federal de Viçosa, concluindo-o em Janeiro de 2017.

SUMÁRIO

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	viii
RESUMO	x
ABSTRACT	xii
1.INTRODUÇÃO	1
2.REVISÃO DE LITERATURA	2
2.1 Café.....	2
2.2 Taxonomia e exigências climáticas do cafeeiro	2
2.3 Exigências Nutricionais do Cafeeiro	3
3.MATERIAL E MÉTODOS	5
3.1 Determinação da dose e composição do fertilizante multinutriente para a produção de mudas de cafeeiro (Fase 1).....	5
3.1.2 Formação das amostras das mudas	5
3.1.3 Separação e preparo do material vegetal e substrato para análises.....	6
3.1.4 Análise do material vegetal e do substrato	6
3.1.5 Determinação da dose e composição do Fertilizante Multinutriente.....	7
3.2. Descrição dos tratamentos (Fase 2)	10
3.2.1. Preparo e aplicação dos tratamentos	11
3.2.2. Condução do experimento	14
3.2.3. Colheita do material vegetal dos tratamentos	14
3.2.4. Níveis críticos dos teores totais dos nutrientes na folha em função das doses do fertilizante multinutriente	15
3.2.5. Contéudo e demanda dos nutrientes em função dos tratamentos	15
3.2.6. Taxas de recuperação dos nutrientes pelas plantas.....	16
3.3. Níveis críticos dos teores dos nutrientes disponíveis no solo.....	17
3.3.1. Taxas de recuperação dos nutrientes pelos extratores após teste do fertilizante	17
3.3.2. Suprimento de nutrientes pelo solo.....	Erro! Indicador não definido.
4.RESULTADOS E DISCUSSÃO	19

4.1 Determinação da dose e composição do fertilizante multinutriente a ser testado (Fase 1)	19
4.1.1. Demanda e requerimento	20
4.1.2 Balanço requerimento-suprimento e obtenção do fertilizante multinutriente	22
4.2 Teste do fertilizante multinutriente (Fase 2).....	23
4.2.1. Produção de matéria seca em função das doses do fertilizante (Fase 2) multinutriente completo e com elementos faltantes	24
4.2.2. Teores totais de macro e micronutrientes por compartimento da planta em função das doses do fertilizante multinutriente completo (FMNC) e com elementos faltantes.....	27
4.2.3. Níveis críticos dos teores dos nutrientes na folha em função das doses do fertilizante multinutriente	30
4.2.4. Conteúdo dos nutrientes na folha e no caule das mudas de cafeeiro em função dos tratamentos	36
4.2.5. Demanda de nutrientes pela planta em função dos tratamentos	39
4.2.6. Taxas de recuperação dos nutrientes pelas plantas	43
4.2.7. Requerimentos dos nutrientes pela planta	44
4.3 Disponibilidade de nutrientes no solo após teste do fertilizante.....	45
4.3.1.Níveis críticos dos teores disponíveis no solo e taxas de recuperação dos nutrientes pelos extratores	49
4.3.2. Suprimento de nutrientes pelo solo.....	51
4.3.3 Balanço requerimento-suprimento e obtenção da dose do fertilizante multinutriente.....	52
5. ... Recomendação de correção e fertilização de solo da República de Angola para a produção de mudas de cafeeiro.....	53
Quadro 31- Fornecimento de N P K para a produção de mudas de cafeeiro.....	54
6. CONCLUSÃO.....	55
7.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	56
8.ANEXOS.....	58

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

FMN: Fertilizante Multinutriente

FMNC: Fertilizante Multinutriente Completo

FMNsN: Fertilizante Multinutriente sem Nitrogênio

FMNsPsS: Fertilizante Multinutriente sem Fósforo e sem Enxofre

FMNsK: Fertilizante Multinutriente sem Potássio

FMNsCasMg: Fertilizante Multinutriente sem Cálcio e sem Magnésio

FMNsBsMo: Fertilizante Multinutriente sem Boro e sem Molibdênio

FMNsFesMn: Fertilizante Multinutriente sem Ferro e sem Manganês

FMNsZnsCu: Fertilizante Multinutriente sem Zinco e sem Cobre

ttNui: Teor total do Nutriente *i*

ttNui_Pla: Teor total do Nutriente *i* na planta

ttNuij: Teor total do Nutriente *i* por compartimento vegetal *j*

ttNui_Flh: Teor total do Nutriente *i* na folha

ttNui_Cau: Teor total do Nutriente *i* no caule

ttNuij_Pla: Teor total do Nutriente *i* por compartimento vegetal da planta

tdNui_Sol: Teor disponível do Nutriente *i* no solo

mMS_Flh: Massa de matéria seca da folha

mMS_Cau: Massa de matéria seca do caule

mMS_PA: Massa de matéria seca da parte aérea

mMS_Pla: Massa de matéria seca da planta

cNuij: Conteúdo de Nutriente por compartimento vegetal

cNui_Flh: Conteúdo de Nutriente *i* na folha

cNui_Cau: Conteúdo de Nutriente *i* no caule

dNui: Demanda do Nutriente *i*

dNui_Pla: Demanda do Nutriente *i* na planta

trNui_Pla: Taxa de recuperação do Nutriente *i* pela planta

rNui_Pla: Requerimento do Nutriente *i* pela planta

suNui_Sol: Suprimento do Nutriente *i* pelo solo

suNui_Afc : Suprimento do nutriente *i* do solo corrigido

suN_Afc: Suprimento do N do solo corrigido

trNui_Ex: Taxa de recuperação dos Nutrientes pelos extratores

drNui: Dose recomendável do Nutriente *i*

drFMN: Dose recomendável do fertilizante multinutriente

tNui_FMN: Teor do Nutriente *i* no fertilizante multinutriente

drN: Dose recomendável de Nitrogênio

drFMNC: Dose recomendável do fertilizante multinutriente de correção

tN_FMN: Teor de Nitrogênio no fertilizante multinutriente

dsNui_FMN: Dose do Nutriente i no fertilizante multinutriente

dsNui_FMNmax: Dose do Nutriente i no fertilizante multinutriente de maior produtividade de massa de matéria seca parte aérea

dNui_FMNmax: Demanda do Nutriente i no fertilizante multinutriente de maior produtividade de massa de matéria seca da parte aérea

ncNui_Flh: Nível crítico do teor do Nutriente i na folha

ncNui_Sol: Nível crítico do teor do Nutriente i disponível no solo

qdNui_Sol: Quantidade disponível do Nutriente i pelo solo

rstNui_Sol: Reserva do teor do Nutriente i pelo solo

suNui_AFc: Fertilização de correção aplicado ao solo

suNui_Solc: Suprimento do Nutriente i pelo solo corrigido

tNui_FMNC : Teor do Nutriente i no fertilizante multinutriente completo

suN_AFc: Suprimento do Nitrogênio de correção

tN_FMNC: Teor do Nitrogênio no fertilizante multinutriente completo

ppcNui_PA/Pla : Proporção de conteúdo do nutriente i da parte aérea por planta

NC: Necessidade de calagem

RESUMO

FERREIRA, Júlia Gomes, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2017. **Recomendação de Nutrientes para a Produção de Mudas de Cafeeiro pelo Método Requerimento Suprimento.** Orientador: Víctor Hugo de Álvarez Venegas. Coorientadores: Leonardus Vergütz e Edson Marcio Mattiello.

A dose de um fertilizante a ser recomendado para uma cultura pode ser determinada com base no balanço de perdas e ganhos dos nutrientes no sistema agrícola. Essas idéias constituíram a base conceitual que nortearam os trabalhos de modelagem do grupo de professores do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa para recomendação de corretivos e fertilizantes para eucalipto, NUTRICALC (Barros et al., 1995) e outras culturas como FERTICALC (Novais & Smyth, 1999); abacaxizeiro, algodoeiro, arroz, bananeira, cafeeiro arábica, cana de açúcar, coqueiro, milho, pastagens, soja, tomate, meloeiro; laranjeira e teca FERTI-UFV Teca. Na modelagem dos FERTICALC são considerados os módulos planta (Módulo Requerimento), que permite obter a demanda e o Requerimento dos nutrientes para definida produtividade e o módulo solo (Módulo Suprimento), que permite obter o suprimento de nutrientes do solo a ser cultivado. Assim, objetivou-se nesse trabalho, gerar curva de crescimento de mudas de cafeeiro em resposta as doses do fertilizante multinutriente (FMN), determinado na primeira fase do experimento, definir as taxas de recuperação dos nutrientes pelas plantas e pelos extratores, determinar a dose recomendada e a composição do fertilizante multinutriente na segunda fase do experimento, a fim de chegar a uma recomendação de adubação que representará uma primeira aproximação de adubação para a produção de mudas de cafeeiro arábica em países com características edafoclimáticas semelhantes ao Brasil, como Angola. Os tratamentos consistiram em dois conjuntos distintos, sendo oito doses crescentes do fertilizante multinutriente (FMN) e oito tratamentos do fertilizante multinutriente completo e com elementos faltantes, assim foi constituído um fatorial 8 + 8. A unidade experimental foi formada por sete saquinhos, com 500 cm³ de substrato e uma muda de cafeeiro. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com cinco repetições. Os tratamentos foram aplicados em forma de adubo fluido a cada 15 d após germinação totalizando 15 aplicações durante o tempo determinado para formação de mudas do cafeeiro. A irrigação foi feita nos saquinhos das mudas, de acordo com a necessidade da planta, ou seja, quando a parte superior do substrato estivesse seca, de modo a não permitir excesso de umidade. Uma vez por semana era feita a lavagem das folhas a fim

de prevenir ataque algumas pragas. Após a formação das mudas sob efeito dos tratamentos foram determinados a produção de matéria seca de caule (mMS_Cau), da folha (mMS_Flh), da parte aérea (mMS_PA), os teores totais dos nutrientes na folha ($ttNui_Flh$), no caule ($ttNui_Cau$) e conteúdo dos nutrientes na folha ($cNui_Flh$), no caule ($cNui_Cau$), a fim de obter a demanda de nutrientes da planta ($dNui_Pla$) que corrigida pelas taxas de recuperação dos nutrientes pela planta ($trNui_Pla$) foi determinado o requerimento dos nutrientes pela planta ($rNui_Pla$). Os teores totais de N tanto na folha como no caule foram determinados pelo método semi-micro Kjeldahl, os demais macronutrientes e micronutrientes foram determinados por digestão nítrico-perclórica e dosados por espectrometria de emissão ótica em plasma induzido (ICP-OES). Foram retiradas as amostras dos substratos de todas as unidades experimentais sob efeito dos tratamentos, para determinação dos teores de macro e micronutrientes disponíveis no solo ($tdNui_Sol$) para calcular os níveis críticos dos teores dos nutrientes disponíveis no solo e as taxas de recuperação dos nutrientes pelos extratores. Os teores de N disponível no solo foram determinados pelo método semi-micro Kjeldahl, o P, K, Cu, Zn, Mn, e Fe, foram determinados pelo extrator Mehlich-1, o Ca e o Mg, foram determinados pelo extrator KCl 1 mol/L, o B foi determinado por água quente. Com os teores disponíveis de um solo representativo da República de Angola, que foram determinados pelos mesmos extratores, corrigido pelas taxas de recuperação dos nutrientes pelos extratores, foi determinado o suprimento do solo ($suNui_Sol$). Determinado o requerimento dos nutrientes pela planta ($rNui_Pla$) e o suprimento dos nutrientes pelo solo ($suNui_Sol$) foi feito o balanço Requerimento – Suprimento para determinar a dose recomendável do fertilizante multinutriente ($drFMN = 1FMN$) e os teores dos nutrientes no FMN ($tNui_FMN$, %). Com a dose recomendável do fertilizante multinutriente e os teores dos nutrientes foi gerado uma recomendação de adubação para a produção de mudas de cafeeiro para a República de Angola. A dose 1,4 do FMN foi a que proporcionou maior acúmulo de matéria seca das mudas de cafeeiro, a maior limitação nutricional a produção de mudas de cafeeiro é a deficiência de N, as maiores taxas de recuperação de nutrientes pelas plantas e pelos extratores foram as de N e K. A dose recomendável do FMN para a produção de mudas de cafeeiro pelo Método Requerimento - Suprimento para a República de Angola, foi de 1 321,037 mg/Pla, com os teores de N 10 %; P_2O_5 2,83 %; S 1,19 %; K_2O 23,7 %, Ca 9,92 %; Mg 0,90 %; B 0,20 %; Fe 1,33 %; Mn 0,00 %; Zn 0,07 % e Cu 0,02 %.

ABSTRACT

FERREIRA, Júlia de Oliveira, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, February, 2017. **Recommendation of nutrients for the production of Coffee seedlings by the Application Supplies.** Advisor: Víctor Hugo de Álvarez Venegas. Co-advisors: Leonardus Vergütz and Edson Marcio Mattiello.

The dose of a fertilizer to be recommended for a crop can be determined based on the balance of losses and gains of the nutrients in the agricultural system. These ideas formed the conceptual basis for the modeling of the teachers' group of the Department of Soils of the Federal University of Viçosa to recommend corrective and fertilizer for eucalyptus, NUTRICALC (Barros et al., 1995) and other crops such as FERTICALC & Smyth, 1999); Pineapple, cotton, rice, banana, arabic coffee, sugar cane, coconut, corn, pasture, soybean, tomato, melon; Orange and teak FERTI-UFV Teak. In the modeling of the FERTICALC, the plant modules (Application Module) are considered, which allows to obtain the demand and the nutrients requirement for defined productivity and the soil module (Supply Module), which allows to obtain the nutrient supply of the soil to be cultivated. The objective of this work was to generate a growth curve of coffee seedlings in response to the doses of the multinutrient fertilizer (FMN), determined in the first phase of the experiment, to determine the recovery rates of nutrients by plants and extractors, to determine the dose and the composition of the multinutrient fertilizer in the second phase of the experiment, in order to arrive at a fertilization recommendation that will represent a first approximation of fertilization for the production of arabica coffee seedlings in countries with soil-climatic characteristics similar to Brazil, such as Angola. The treatments consisted of two distinct sets, eight growing doses of the multinutrient fertilizer (FMN) and eight treatments of the complete multinutrient fertilizer and with missing elements, thus a factorial 8 + 8 was constituted. The experimental unit was formed by seven sachets, with 500 cm³ of substrate and a seedling of coffee. The experimental design was a randomized block with five replicates. The treatments were applied in the form of fluid fertilizer every 15 d after germination totaling 15 applications during the time determined for seedling formation of the coffee tree. Irrigation was done in the seedling bags, according to the need of the plant, ie when the top of the substrate was dry, so as not to allow excess moisture. Once a week the leaves were washed to prevent some pests and diseases. After the formation of the seedlings under the effect of the treatments were determined the dry matter of stem (*mMS_Cau*), leaf (*mMS_Flh*), aerial part (*mMS_PA*), total nutrient contents in the leaf (*ttNui_Flh*), in the stem (*ttNui_Cau*) and nutrient content in

the leaf ($cNui_Flh$), in the stem ($cNui_Cau$), in order to obtain the nutrient demand of the plant ($dNui_Pla$) that corrected for the nutrient recovery rates by the plant ($trNui_Pla$) determined the nutrient requirement by plant ($rNui_Pla$). The total N contents in both leaf and stem were determined by the Kjeldahl semi-micro method, the other macronutrients and micronutrients were determined by nitric-perchloric digestion and dosed by induced plasma optical emission spectrometry (ICP-OES). Samples of the substrates of all the experimental units under the effect of the treatments were determined to determine the levels of macro and micronutrients available in the soil ($tdNui_Sol$) to calculate the critical levels of nutrient contents available in the soil and the nutrient recovery rates Extractors. The values of N available in the soil were determined by the Kjeldahl semi-micro method, the P, K, Cu, Zn, Mn and Fe were determined by the Mehlich-1 extractor, Ca and Mg were determined by the KCl extractor, B was determined by hot water. With the available levels of a representative soil of the Republic of Angola, which were determined by the same extractors, corrected for the nutrient recovery rates by the extractors, the soil supply was determined ($suNui_Sol$). The nutrient requirement of the plant ($rNui_Pla$) and nutrient supply by the soil ($suNui_Sol$) was determined by the requirement - supply to determine the recommended dose of the multinutrient fertilizer ($drFMN=1$ FMN) and the nutrient contents in the FMN ($tNui_FMN, \%$) . With the recommended dose of the multinutrient fertilizer and the nutrient contents, a fertilization recommendation for the production of coffee seedlings for the Republic of Angola was generated. The FMN dose was the one that provided the greatest accumulation of dry matter of the coffee plants, the greatest nutritional limitation was the N deficiency, the highest rates of nutrient recovery by the plants and the extractors were the recommended dose of FMN for the production of coffee seedlings by the supply - demand method for the Republic of Angola was 1 321.037 mg/Pla, with the contents of N 10 %; P_2O_5 2.83 %; S 1.19 %; K_2O 23.7 %, Ca 9.92 %; Mg 0.90 %; B 0.20 %; Fe 1.33 %; Mn 0.00 %; Zn 0.07 % and Cu 0.02 %.

1. INTRODUÇÃO

A obtenção de altas produtividades, com máxima eficiência de recursos naturais e econômicos é conseguida, dentre outros fatores, por meio de uma boa recomendação de fertilizantes. Para que os nutrientes se encontrem em formas disponíveis às plantas, em quantidades e proporções adequadas durante o ciclo da cultura, é necessário definir qual fertilizante aplicar, dose e época de aplicação. Para tanto, deve-se conhecer o requerimento da cultura nos diferentes estádios fonológicos, os teores disponíveis dos nutrientes no solo, seus coeficientes de utilização pela planta e sua velocidade de transporte (Merle, 1959). Com o uso das informações acima descritas e pela aplicação da Lei da Restituição, é possível determinar a dose de fertilizante a ser recomendada para uma cultura, com base no balanço de perdas e ganhos dos nutrientes no sistema agrícola.

Essas idéias constituíram a base conceitual que nortearam os trabalhos de modelagem do grupo de professores do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa para recomendação de corretivos e fertilizantes para eucalipto, NUTRICALC (Barros et al., 1995) e várias outras culturas como FERTICALC (Novais & Smyth, 1999); abacaxizeiro, algodoeiro, arroz, bananeira, cafeeiro arábica, cana de açúcar, coqueiro, milho, pastagens, soja, tomate, meloeiro; laranjeira e teca FERTI-UFV Teca. Na modelagem dos FERTICALC são considerados os módulos planta (Módulo Requerimento), que permite obter a demanda e o requerimento dos nutrientes para definida produtividade e o módulo solo (Módulo Suprimento), que permite obter o suprimento de nutrientes do solo a ser cultivado.

Assim, objetivou-se nesse trabalho, gerar curva de crescimento de mudas de cafeeiro em resposta as doses do fertilizante multinutriente (FMN) estabelecido na primeira fase do experimento pelo Método Requerimento - Suprimento; definir as taxas de recuperação dos nutrientes pelas plantas e pelos extratores; determinar a dose recomendada e a composição do fertilizante multinutriente a fim de chegar a uma recomendação de adubação para a produção de mudas de cafeeiro de boa qualidade. Essa recomendação representará uma primeira aproximação para adubação de mudas de cafeeiro arábica em países com características edafoclimáticas semelhantes ao Brasil, como Angola.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Café

O café é uma das commodities com maior importância no comércio internacional, sendo o segundo produto mais comercializado no mundo, depois do petróleo (Talbot, 2004). É uma das bebidas mais saborosas e mais consumida no mundo depois da água.

No Brasil a cultura do café se configura como uma das principais geradoras de divisas para o País, sendo responsável, atualmente, por cerca de 15 % da receita com as exportações, gerando anualmente cerca de 2,5 G\$. O Brasil ocupa a liderança mundial na produção e na exportação de café, sendo também o 2º maior consumidor do produto. Em 2010 as exportações brasileiras de café equivaleram a 36 % das exportações globais, nesse mesmo ano, foram produzidas 47 milhões de sacas de café beneficiado no País e o consumo interno foi recorde, com 19,3 milhões de sacas (Conab, 2010). Por sua expressiva relevância econômica, o cafeeiro está entre as culturas perenes mais estudadas no País, com importância particular para o Estado de Minas Gerais, onde 50 % do café brasileiro é produzido, sendo a quase totalidade da produção obtida com a espécie *Coffea arabica*.

A produção de café em Angola segundo António (2008), devido às condições climáticas do país, sempre foi dominada pela espécie *Coffea canephora* Pierre, variedade robusta que representa cerca de 96 % do café produzido, cabendo ao *Coffea arabica* L. (café arábica) os demais 4 % da produção. De acordo com Neto et al (2009), as plantações de cafeeiro em Angola nos últimos anos são caracterizados pela idade avançada das plantas e por algumas variedades menos resistentes às pragas e doenças, o que contribui para as baixas produtividades alcançadas no território angolano.

2.2 Taxonomia e exigências climáticas do cafeeiro

O cafeeiro pertence à família Rubiaceae que abrange mais de 10 000 espécies agrupadas em 630 gêneros. De acordo com classificação recente de Bridson e Verdcourt (1988) e Bridson (1994), os cafeeiros foram reunidos em dois gêneros: o *Psilanthus* Hook e *Coffea* L., os quais diferem, basicamente, por particularidades apresentadas nas estruturas florais. O gênero *Coffea* é subdividido nos subgêneros

Coffea, representado por mais de 80 espécies e Baracoffea, constituído por sete espécies. A maioria das espécies do subgênero *Coffea* é oriunda da Ilha de Madagascar e Ilhas vizinhas, enquanto uma quantidade menor de espécies é nativa da África Continental, com destaque para as duas principais espécies de cafeeiro: *Coffea arabica* L. e *Coffea canephora* Pierre.

A espécie *C. canephora* Pierre está distribuída por uma ampla área geográfica, na faixa ocidental, centro tropical e subtropical do Continente africano, especificamente da Guiné até a República Democrática do Congo. Nessa região, o ambiente é quente, com alta umidade relativa e baixa altitude, embora sejam encontrados cafeeiros até 1 300 m de altitude.

Entretanto a espécie *C. arábica* L. desenvolvem-se no ambiente de origem (Sudoeste da Etiópia), em sub-bosque, com temperaturas amenas, média anual entre 18,5 e 21,5 °C ; a precipitação anual varia entre 1 200 a 2 000 mm, com período seco de três a quatro meses; presença de orvalho, devido a elevada umidade relativa (Narasimhaswamy, 1968). Os cafeeiros desta espécie, quando cultivados a pleno sol e sob elevado déficit de pressão de vapor, têm dificuldade para atender a demanda de água pela transpiração, possivelmente em razão da baixa condutividade hidráulica, que pode ser uma característica de plantas de sub-bosque. Como consequência, as plantas dessa espécie se adaptaram ao cultivo a pleno sol pelo auto-sombreamento, pela densidade de plantas utilizadas, por meio de um mecanismo eficiente de regulação estomática, com a finalidade de diminuir a perda de água durante o período mais quente do dia.

2.3 Exigências Nutricionais do Cafeeiro

O cafeeiro possui elevada exigência nutricional, uma vez que se trata de uma planta perene e de porte arbustivo, sendo o período reprodutivo o de maior Requerimento pelas plantas (Malavolta et al., 2002; Laviola, 2004).

Dentre os nutrientes requeridos pelo cafeeiro, o N e o K são de longe os mais exigidos, tanto na fase de formação, garantindo o crescimento vegetativo da planta, quanto nas fases de florescimento e enchimento de grãos. Na seqüência de ordem de exigência, tem-se o Ca e o Mg. Já o P e o S, são os macronutrientes menos exigidos pelo cafeeiro, tendo o P maior importância na fase de formação do cafezal, fase esta em que o sistema radicular ainda é pouco desenvolvido, o que restringe a absorção

desse elemento cujo transporte se dá por difusão (NOVAIS et al., 2007; Martinez; Neves, 2015). A exigência de N, P, K, Ca e Mg aumentam intensamente à medida que a planta se desenvolve,

Os micronutrientes, apesar de serem exigidos em menores quantidades pelas plantas, são tão importantes quanto os macronutrientes para a nutrição equilibrada do cafeeiro. Os mais requeridos pela cultura são B, Cu, Fe, Mn e Zn, sendo fundamentais para o crescimento, desenvolvimento e produção do cafeeiro. O B e o Zn são os micronutrientes que mais podem limitar a produção, pelo fato dos solos em que se cultiva o cafeeiro, na grande maioria, serem de elevado grau de intemperismo em que a deficiência destes elementos são marcantes (Malavolta, 1993).

De acordo com Andrade (2001), a deficiência nutricional do cafeeiro pode ocorrer pela falta do elemento no solo, pela falta do nutriente na adubação, de fatores químicos (adubação desequilibrada), fatores físicos do solo (encharcamento por exemplo), fatores biológicos (pragas e doenças), climáticos (frio excessivo, calor excessivo) e culturais (afogamento, raiz bifurcada)

Conhecer o acúmulo de nutrientes ao longo do ciclo de crescimento da planta é fundamental para nortear a adubação, tanto no que diz respeito às doses quanto às épocas de aplicação de fertilizantes, permitindo obter produtividades de máxima eficiência econômica e também sem riscos ambientais.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Para a recomendação de nutrientes para a produção de mudas de cafeeiro pelo Método Suprimento – Requerimento foram estabelecidas duas fases. A primeira fase foi a fase de determinação da dose e composição do fertilizante multinutriente a partir de mudas adquiridas de qualidade superior. A segunda fase foi a fase do teste do fertilizante multinutriente obtido na primeira fase, utilizando uma variedade de café arábica com 16 tratamentos.

Com base nos dados adquiridos das mudas em função dos tratamentos e nos teores de nutrientes disponíveis em um solo representativo da República de Angola, chegou-se a uma recomendação de adubação para a produção de mudas de cafeeiro de boa qualidade para a República de Angola.

3.1 Determinação da dose e composição do fertilizante multinutriente para a produção de mudas de cafeeiro (Fase 1)

Foram utilizadas 110 mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) da variedade Catuaí Amarelo, de qualidade comercial, cultivadas em saquinhos plásticos com 600 cm³ de substrato, fornecidas pela EPAMIG, mudas oriundas de Patrocínio (MG).

Segundo António Alves Pereira, responsável pelo fornecimento das mudas da EPAMIG, as sementes foram colocadas diretamente nos saquinhos, preenchidos com substrato obtido pela mistura de 700 kg de solo seco e peneirado (malha de 4 mm), 300 kg de esterco bovino seco e peneirado, 6 kg de Superfosfato Simples, 1 kg de Cloreto de Potássio e 1 kg de Calcário Dolomítico. Quando as mudas alcançaram o primeiro par de folhas definitivas foram feitas duas pulverizações com micro Ubyfol num intervalo de 40 d.

3.1.2 Formação das amostras das mudas

As 110 mudas foram separadas para formar cinco amostras de 20 plantas, de acordo com o seguinte procedimento: o primeiro grupo foi formado pelas maiores mudas, repetição um, depois o segundo grupo das menores mudas, repetição cinco, dentre as mudas restantes (70) foram separadas as 20 maiores mudas, repetição dois, a seguir foram separadas as 20 menores, repetição quatro e por fim das 30 mudas restantes, intermediárias, foram selecionadas as 20 maiores, repetição três (Figura 1).



Figura 1 - Mudanças de café arábica (cv. Catuaí amarelo), separadas em repetições compostas por 20 mudas, na sequência das maiores para as menores: A1, A2, A3, A4 e A5.

3.1.3 Separação e preparo do material vegetal e substrato para análises

Em cada repetição as mudas foram separadas dos substratos e divididas em folhas, caule e raízes. Estes materiais foram lavados com água de torneira, em seguida com água deionizada e secos em estufa de circulação forçada a 65 °C até massa constante, período aproximado de 72 h. Para a obtenção da matéria seca foi utilizada uma balança com duas casas decimais. As amostras dos substratos foram misturadas, secas e peneiradas a fim de obter a TFSA.

3.1.4 Análise do material vegetal e do substrato

No material vegetal foram determinados os teores totais de N pelo método semi-micro-Kjeldahl, os outros macronutrientes e os micronutrientes B, Fe, Mn, Zn e Cu foram determinados por digestão nítrico-perclórica e dosagem no IPC-OES. As amostras dos substratos foram analisadas, conforme métodos de rotina utilizados pelo laboratório de análises de fertilidade do solo do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa.

3.1.5 Determinação da dose e composição do Fertilizante Multinutriente

Para obter a dose e a composição do fertilizante multinutriente (FMN) foram estimados o requerimento de macro e micronutrientes (r_{Nui}) das mudas, e o suprimento pelo substrato (su_{Nui_Sol}). Para determinar o requerimento dos nutrientes pelas plantas, foi decidido utilizar unicamente as amostras A1, A2 e A3 por serem maiores e melhores em razão de que as amostras A4 e A5 apresentarem teores de P disponível no substrato muito baixos e as mudas foram menores.

Para estimar o requerimento é necessário obter a demanda do nutriente i pelas plantas em base ao conteúdo do nutriente i por compartimento j (c_{Nuij}). O conteúdo do N_{uij} é dado pela seguinte fórmula:

$$c_{Nuij} = mMSj \times tt_{Nuij} \quad \text{Eq.1}$$

Em que: c_{Nuij} = Conteúdo do nutriente i por compartimento j ; $mMSj$ = Massa de matéria seca por compartimento j ; tt_{Nuij} = Teor total do nutriente i por compartimento j .

A soma dos conteúdos dos três compartimentos determina a demanda do nutriente i pela planta:

$$d_{Nui_Pla} = \sum c_{Nuij} \quad \text{Eq.2}$$

Em que: d_{Nui_Pla} = Demanda do nutriente i pela planta; c_{Nuij} = Conteúdo do nutriente i do compartimento j (folha, caules e raízes).

A demanda do nutriente i (d_{Nui_Pla}), corrigida pela taxa de recuperação do nutriente i pela planta (tr_{Nui_Pla}), é o requerimento do nutriente que é dado pela seguinte fórmula:

$$r_{Nui_Pla} = d_{Nui_Pla} / tr_{Nui_Pla} \quad \text{Eq.3}$$

Em que: r_{Nui_Pla} = Requerimento do nutriente i ; d_{Nui_Pla} = Demanda do nutriente i ; tr_{Nui_Pla} = Taxa de recuperação do nutriente i pela planta. Os valores de taxas de recuperação dos nutrientes pela planta apresentam-se no quadro 1.

Quadro 1- Taxas de recuperação pela planta para macro e micronutrientes

Macronutrientes						
Taxas	N	P	S	K	Ca	Mg
	-----g/dm ³ /g/dm ³ -----					
	1,00	0,30	0,45	0,85	0,63	0,63

Micronutrientes					
Taxas	B	Fe	Mn	Zn	Cu
	-----mg/dm ³ /mg/dm ³ -----				
	0,45	0,35	0,40	0,39	0,40

Determinado o requerimento, foi calculado o suprimento do substrato a ser utilizado na produção de mudas de café. O substrato foi formado pelo, LVAd (FUNARBE) da UFV (Quadro 2), em que foram determinados os teores disponíveis de macro (N P, S, K, Ca e Mg) e micronutrientes (B, Fe, Mn, Zn e Cu) que ao corrigir-se pelas taxas de recuperação dos extratores (Quadro 3) foram obtidas as quantidades disponíveis dos nutrientes no solo.

Quadro 2 - Caracterização química e física do Solo FUNARBE LVAd muito argiloso

N	P	S	K	B	Zn	Fe	Mn	Cu
g/kg -----mg/dm ³ -----								
1,4	1,30	1,20	16,00	0,20	0,72	275,00	39,50	1,58

pH (H ₂ O)	P rem	MO	Ca	Mg	SB	t	T
	mg/L	g/kg	----- cmol _c /dm ³ -----				
4,45	10,10	34,90	0,42	0,08	0,54	1,94	9,64

Ar. Gros.	Ar. Fin.	Silte	Arg.	EU	Ds	Dp
		%	g/kg		-- kg/dm ³ ----	
17,00	11,00	3,00	69,00	310,00	1,08	2,50

MO- Matéria orgânica- Walkley- Black; P rem = Fósforo remanescente. Extratores utilizados : P, K, Fe, Zn, Mn e Cu – Mehlich 1; Ca e Mg – KCl 1mol/L; B- água quente; S- Fosfato monocálcico em ácido acético, de acordo com o laboratório de análise de solo da UFV.

Quadro 3 - Taxas de recuperação pelos extratores para macro e micronutrientes

		Macronutriente					
		N	P	S	K	Ca	Mg
Taxa		-----g/dm ³ /g/dm ³ -----					
		1,00	0,30	0,45	0,85	0,63	0,63
		Miconutriente					
		B	Fe	Mn	Zn	Cu	
Taxa		-----mg/dm ³ /mg/dm ³ -----					
		0,45	0,35	0,40	0,39	0,40	

As doses recomendáveis de nutrientes do fertilizante multinutriente a ser testado foi resultado do balanço Requerimento - Suprimento dado pela seguinte Fórmula:

Eq.4

$$drNui = rNui_Pla - suNui_Sol$$

Em que: $drNui$ = Dose recomendavel do nutriente i ; $rNui_Pla$ = Requerimento do nutriente i pela planta; $suNui_Sol$ = suprimento do nutriente i pelo solo.

A composição do FMN em % foi obtida por meio da formula:

$$tNui_FMN = 10 drNui / drN$$

Eq.5

Em que: $tNui_FMN$ = Teor do nutriente i no fertilizante multinutriente; $drNui$ = Dose recomendável do nutriente i ; drN = Dose recomendável de N.

A dose recomendável deste fertilizante multinutriente se calculou com base na dose recomendável de N e ao teor de N do FMN dada pela seguinte fórmula:

$$drFMN = 100 drN / tN_FMN$$

Eq.6

Em que: $drFMN$ = Dose recomendável do fertilizante multinutriente; drN = Dose recomendavel de nitrogênio; tN_FMN = Teor de N no FMN. Determinada a dose recomendável do FMN foi determinada a composição do FMN com uso dos reagentes que constam no quadro 4

Quadro 4 - Reagentes utilizados para a formulação do fertilizante multinutriente (FMN)

Reagente	Fórmula molecular	
Monoamônio fosfato	$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$	Fontes de macronutrientes
Cloreto de potássio	KCl	
Sulfato de potássio	K_2SO_4	
Sulfato de magnésio	MgSO_4	
Nitrato de cálcio	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	
Uréia	$(\text{NH}_2)_2\text{CO}$	
Carbonato de cálcio	CaCO_3	
Carbonato de magnésio	MgCO_3	Fontes de micronutrientes
Molibdato de amônio	$(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	
Cloreto de cobre(II)	$\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	
Ácido bórico	H_3BO_3	
Cloreto de manganês	$\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	
Cloreto de zinco		
Ácido etilenodiamino tetra-acético disódico	$\text{Na}_2\text{C}_{10}\text{H}_{16}\text{N}_2\text{O}_8$	
Sulfato de ferro(II)	$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	

Por L de suspensão stok do FMN foi adicionado 42,1634 g do total destes reagentes

3.2. Descrição dos tratamentos (Fase 2)

Os tratamentos consistiram em dois conjuntos distintos, sendo oito doses crescentes do fertilizante multinutriente (FMN) e oito tratamentos do fertilizante multinutriente completo e com elementos faltantes (Quadro 5). Dessa maneira foi utilizado um fatorial 8 + 8. Os tratamentos foram aplicados quinzenalmente com (140 mL/UE) totalizando 15 aplicações, durante a condução do experimento.

Quadro 5 - Tratamentos utilizados para o teste do FMN

Doses do FMN		FMN com elemento faltante
	Sigla	Descrição dos tratamentos
FMN-0,0	FMNsN	Fertilizante multinutriente sem Nitrogênio
FMN-0,10	FMNsPsS	Fertilizante multinutriente sem Fósforo e sem Enxofre
FMN-0,25	FMNsK	Fertilizante multinutriente sem Potássio
FMN-0,45	FMNsCasMg	Fertilizante multinutriente sem Cálcio e sem Magnésio;
FMN-0,70	FMNsBsMo	Fertilizante multinutriente sem Boro e sem Molibdênio;
FMN-1,00	FMNsFesMn	Fertilizante multinutriente sem Ferro e sem Manganês
FMN-1,35	FMNsZnsCu	Fertilizante multinutriente sem Zinco e sem Cobre
FMN-1,75	FMNC	Fertilizante multinutriente completo

3.2.1. Preparo e aplicação dos tratamentos

Com base nas quantidades dos reagentes para a formulação do fertilizante multinutriente preparou-se 168,6535 g / 4 L de suspensão stok. Depois, por uma diluição constante (D_1) e uma variável (D_2) foram obtidos os tratamentos com doses crescentes do fertilizante multinutriente.

Dos 4 L de suspensão, tomou-se por aplicação, uma alíquota de 260 mL que foram diluídos para 2,34 L (D_1), destes tomou-se, por repetição uma alíquota de 450 mL figura 2, para medir as alíquotas correspondentes as doses de cada ponto da curva (D_2).

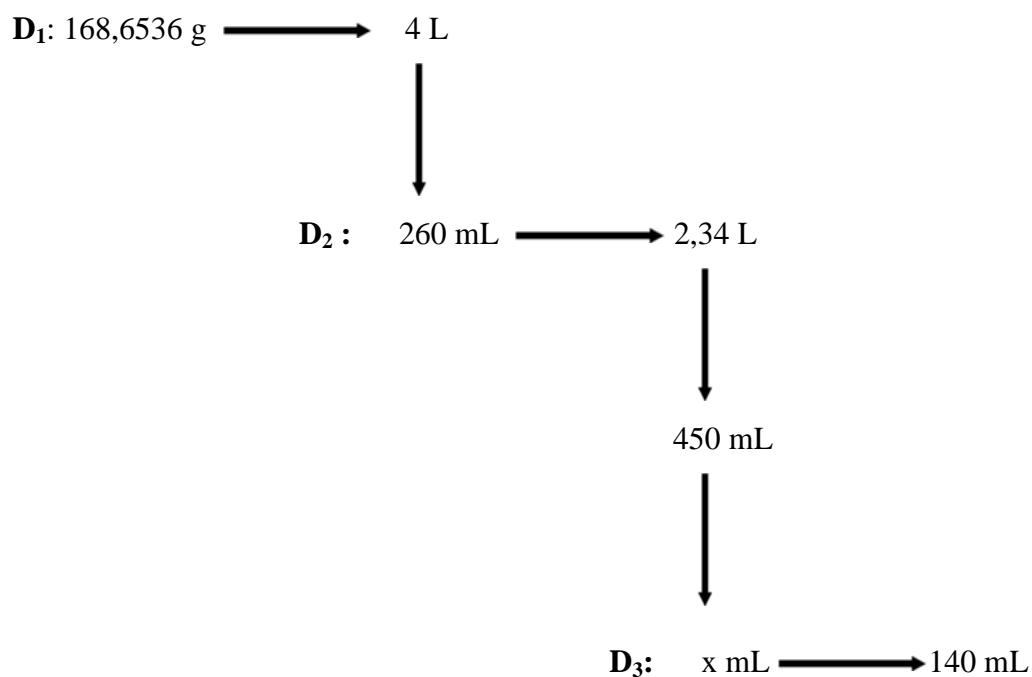


Figura 2- Diluições feitas para aplicação dos tratamentos com as doses crescentes do FMN

Da D_2 os volumes medidos ($x \text{ mL}$) para os tratamentos foram completados para 140 mL de suspensão a serem aplicados por repetição, nos solos dos sete saquinhos distribuídos o mais uniformemente possível. Para isto foram tomadas as seguintes aliquotas por dose de FMN da D_2 .

- FMN-0,00 mediu-se $0,00 \text{ mL}$ completando o volume para 140 mL ;
- FMN-0,10 mediu-se $7,00 \text{ mL}$ completando o volume para 140 mL ;
- FMN-0,25 mediu-se $17,5 \text{ mL}$ completando o volume para 140 mL ;
- FMN-0,45 mediu-se $31,5 \text{ mL}$ completando o volume para 140 mL ;
- FMN-0,70 mediu-se $49,0 \text{ mL}$ completando o volume para 140 mL ;
- FMN-1,00 mediu-se $70,0 \text{ mL}$ completando o volume para 140 mL ;
- FMN-1,35 mediu-se $94,4 \text{ mL}$ completando o volume para 140 mL ;
- FMN-1,75 mediu-se $122,5 \text{ mL}$ completando o volume para 140 mL .

Para aplicação dos tratamentos do fertilizante multinutriente (FMN) completo ou com elemento faltante, foram preparadas oito suspensões. Sendo a primeira, o FMNC, a seguir o FMNsN, depois o FMNsPsS, seguidamente FMNsK, continuando o FMNsCasMg, seguindo FMNsBsMo, a seguir FMNsFesMn e por ultimo FMNsZnsCu. Para cada tratamento, foram preparadas 250 mL de suspensão. Para o tratamento FMNC, foram diluídos e dissolvidos 29,280 g de fertilizantes, fontes dos nutrientes (Quadro 4). Para os outros tratamentos a quantidade de fertilizantes foi menor, de acordo com o nutriente faltante e das fontes.

Da suspensão preparada de cada tratamento, foram feitas duas diluições, por repetição, para medir os volumes das suspensões dos tratamentos por UE por aplicação como se pode observar na figura 3. Assim sendo: 250 mL de suspensão foi diluído para 1,25 L (D₁), deste tomou-se uma alíquota de 80 mL e foi diluído para 800 mL (D₂), desta foi retirada alíquota de 140 mL correspondente á aplicação dos tratamentos do fertilizante multinutriente completo ou com elemento faltante.

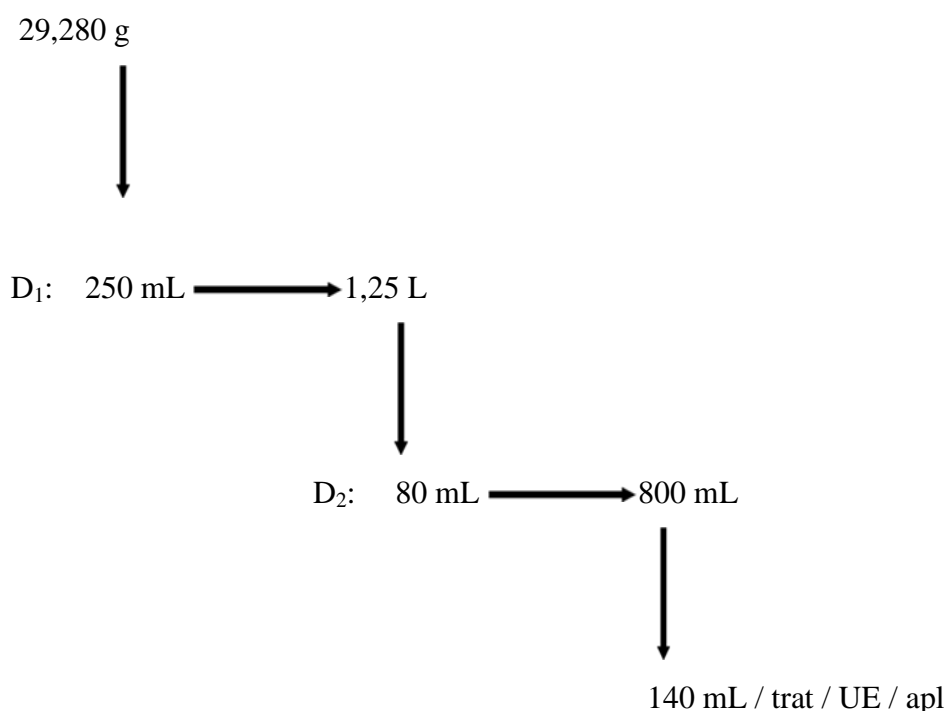


Figura 3 - Diluições feitas para aplicação dos tratamentos do fertilizante multinutriente completo ou com elemento faltante

3.2.2. Condução do experimento

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, com uma variedade de Cofeea arábica, Catuaí Amarelo, com 16 tratamentos e quatro repetições. A unidade experimental foi formada por sete saquinhos com 500 cm³ de solo, onde foi feita a semeadura de tres sementes nos solos dos saquinhos plásticos, numa profundidade de 3 cm. Os sete saquinhos foram postos em pratos, que facilitou as fertilizações e as regas realizadas por UE. Após emergência das plântulas foram feitos dois desbastes, deixando duas plantas em cada saquinho no primeiro desbaste e por fim, uma planta em cada saquinho, totalizando sete plantas por UE.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com cinco repetições. Após a casualização dos tratamentos no bloco e feito o desbaste nas plântulas, foi iniciada a aplicação do fertilizante, que se repetiu 15 vezes a cada 15 d. As aplicações do fertilizante foram feitas com frasquinhos onde foram medidos os volumes que correspondia 140 mL do adubo fluido por UE. A irrigação foi feita nos saquinhos das mudas, de acordo com a necessidade da planta ou seja quando a parte superior do substrato estivesse seca, de modo a não permitir excesso de umidade. Uma vez por semana era feita a lavagem das folhas a fim de prevenir algumas pragas e doenças.

3.2.3. Colheita do material vegetal dos tratamentos

Ao fim da condução do experimento foram escolhidas quatro plantas / UE, as quais foram separadas em folhas e caule. O material vegetal foi seco em estufa de circulação forçada a 65 °C, por aproximadamente 72 h.

Foram determinadas as produções de matéria seca da planta (mMS_{Pla}), os tores totais dos nutrientes por compartimento vegetal ($ttNuij_{Pla}$), o conteúdo de nutrientes na folha ($cNui_{Flh}$), o conteúdo dos nutrientes no caule ($cNui_{Cau}$) e a demanda dos nutrientes pela planta ($dNui_{Pla}$).

Para todas as variáveis de resposta, foram ajustadas equações de regressão em função das doses do FMN. O efeito dos nutrientes faltantes no fertilizante para as variáveis de resposta foi avaliado por meio de contraste.

3.2.4. Níveis críticos dos teores totais dos nutrientes na folha em função das doses do fertilizante multinutriente

Para a determinação dos níveis críticos foram obtidas as equações de regressão dos teores dos nutrientes na folha em função das doses do fertilizante multinutriente. Foi substituído nestas equações, o valor da dose do fertilizante que proporcionou maior produção de matéria seca.

$$tNui_Flh = f(dsFMN) \quad \text{Eq.7}$$

3.2.5. Conteúdo e demanda dos nutrientes em função dos tratamentos

Para obter a $dNui_Pla$, o $cNui_Pla$ foi corrigido pela proporção de $cNui_PA$ em relação a $dNui_Pla$ da primeira fase.

$$dNui_Pla = (cNui_PA / ppcNui_PA) / Pla \quad \text{Eq.8}$$

Em que: $dNui_Pla$ é a demanda do nutriente i por planta, em mg / Pla; $cNui_PA$ é o conteúdo de nutriente i por planta em mg / Pla.

Foram obtidas as equações de regressão da demanda dos nutrientes das mudas de cafeeiro, em função das doses do nutriente i no fertilizante ($dsNui_FMN$).

A dose do nutriente i no fertilizante ($dsNui_FMN$), foi calculada a partir da dose do fertilizante multinutriente ($dsFMN$), dividido pelo teor do nutriente no fertilizante.

$$dsNui_FMN = (dsFMN \times drFMN) \times tNui_FMN / 100 \quad \text{Eq.9}$$

Em que: $dsNui_FMN$ é a dose do nutriente i no FMN em mg / Pla; $dsFMN$ é a dose de FMN que vai de 0,00 a 1,75 ; $drFMN$ é a dose recomendada do FMN em mg / Pla.

Foi substituído nas equações da demanda dos nutrientes pela planta ($dNui_Pla$) o valor da dose do nutriente i no fertilizante que corresponde a máxima produtividade de matéria seca da parte aérea ($dsNui_FMNmax$).

Este valor, foi calculado pela multiplicação da dose do fertilizante que proporcionou maior produtividade de massa de matéria seca pelo teor do nutriente no fertilizante.

$$dsNui_FMNmax = (dsFMNmax \times tNui_FMN) / 100 \quad \text{Eq.10}$$

Assim, foi determinada a demanda do nutriente *i* no fertilizante correspondente a máxima produtividade (*dNui_FMNmax*).

3.2.6. Taxas de recuperação dos nutrientes pelas plantas

As taxas de recuperação dos nutrientes foram calculadas em duas formas distintas: primeira forma foi utilizado o intercepto da equação, ou seja a demanda do *Nui_Pla* com o tratamento sem o fertilizante.

$$trNui_Pla (I) = dNui_FMNmax - dNui_Pla_d0 / dsNui_FMNmax \quad \text{Eq.11}$$

A segunda forma em lugar do intercepto da equação, foi utilizado o valor do tratamento com todos elementos do fertilizante com excessão do elemento em estudo

$$trNui_Pla (II) = dNui_FMNmax - dNui_FMNsNui / dNui_FMNmax \quad \text{Eq.12}$$

dNui_FMNsNui = demanda do nutriente *i* no fertilizante com elemento faltante em estudo.

Determinadas as taxas de recuperação dos nutrientes pelas plantas foi calculado o Requerimento de nutrientes pelas plantas (*rNui_Pla*).

Para isto, foi decidido calcular com o valor da segunda forma da taxa de recuperação dos nutrientes pelas plantas

$$rNui_Pla = dNui_FMNmax / trNui_Pla (II) \quad \text{Eq.13}$$

3.3. Níveis críticos dos teores dos nutrientes disponíveis no solo

Para a determinação dos níveis críticos dos teores dos nutrientes disponíveis no solo, foram obtidas as equações de regressão dos teores dos nutrientes no solo em função das doses do fertilizante. Foi substituído na equação, o valor da dose máxima do fertilizante que proporcionou maior produção de matéria seca .

3.3.1. Taxas de recuperação dos nutrientes pelos extratores após teste do fertilizante

As taxas de recuperação dos nutrientes pelos extratores foram calculadas, de duas formas distintas:

$$trNui_Ext (I) = NCtd_Sol - tdNui_d0 / dsNui_FMNmax \quad Eq.14$$

$$trNui_Ext (II) = NCtd_Sol - tdNui_FMNsNui / dsNui_FMNmax \quad Eq.15$$

Em que, $trNui_Ext$ = taxa de recuperação do nutriente i pelo extrator, $NCtd_Sol$ = nível crítico do teor disponível no solo, $tdNui_d0$ = teor disponível do nutriente i na dose 0 ou seja sem fertilizante, $dsNui_FMNmax$ = dose do nutriente i correspondente a dose do fertilizante de máxima produtividade, $tdNui_FMNsNui$ = teor disponível do nutriente i no fertilizante com o elemento faltante em estudo.

Calculadas as taxas de recuperação dos nutrientes pelos extratores, foi determinado o suprimento dos nutrientes pelo solo ($suNui_Sol$), com base nos teores disponíveis dos nutrientes de um solo representativo da República de Angola (Quadro 6).

Quadro 6 - Caracterização química do solo da República de Angola (Malange)

N	P	S	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺ +Mg ²⁺	Al ³⁺	Na ⁺	H+Al
-----mg/dm ³ -----			-----cmol _c /dm ³ -----						
21,60	3,00	3,00	0,08	0,3	0,11	0,41	0,30	0,02	1,43

SB	T	t	Prem	V	pH	MO
-----cmol _c /dm ³ -----		mg/L	%	H ₂ O	%	
0,51	1,94	0,81	10,10	43	5,1	6,00

MO- Matéria orgânica- Walkley- Black; P rem = Fósforo remanescente. Extratores utilizados: P, K, Fe, Zn, Mn e Cu – Mehlich-1; Ca e Mg – KCl 1mol/L; B- água quente; S- Fosfato monocálcico em ácido acético.

Para o cálculo do suprimento de nutrientes pelo solo, foi levado em consideração a caracterização química de um solo representativo da República de Angola, (Quadro 6), analisado conforme métodos utilizados para análise de solos do laboratório do Ministério da Agricultura da República de Angola.

Semelhante ao requerimento de nutrientes pelas plantas para o suprimento de nutrientes pelo solo, foi decidido calcular com a segunda forma de taxas de nutrientes pelos extratores.

$$suNui_Sol = tdNui_Sol / trNui_Ext \quad \text{Eq.16}$$

A dose recomendável do fertilizante multinutriente para a produção de mudas de cafeeiro da segunda fase, (*drFMN*) foi resultado do balanço Requerimento – Suprimento.

$$drNui = rNui_Pla - suNui_Sol \quad \text{Eq.17}$$

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Determinação da dose e composição do fertilizante multinutriente a ser testado (Fase 1)

O N foi o nutriente que apresentou, maior concentração no teor das folhas das mudas de cafeeiro utilizadas na amostragem, seguido por K, Ca, Mg, S, P, Fe, Mn, B, Zn e Cu. No caule, a maior concentração de nutrientes foi para o K seguido por N, Ca, P, Mg, S, Fe, Mn, B, Zn e Cu. Na raiz, o N também foi o nutriente de maior concentração seguido por K, Ca, Mg, S, P, Fe, B, Mn, Zn e Cu (Quadro 7).

Quadro 7 - Teores totais e conteúdos de nutrientes das mudas de cafeeiro

Mat.Veg	<i>mMSj</i>	Macronutriente					
		N	P	S	K	Ca	Mg
	<i>g/pla</i>	----- <i>g/kg</i> -----					
<i>ttNui-Flh</i>	1,595	28,24	2,72	1,77	26,31	13,64	3,01
<i>ttNui-Cau</i>	0,373	13,33	1,93	1,1	23,17	4,56	1,85
<i>ttNui-Raz</i>	0,344	15,36	1,78	2,79	14,31	8,94	4,18
		----- <i>mg/pla</i> -----					
<i>cNui-Flh</i>		45,154	4,37	2,839	42,225	21,772	4,771
<i>cNui-Cau</i>		4,978	0,728	0,411	8,587	1,699	0,684
<i>cNui_Raz</i>		5,256	0,62	0,954	4,955	3,018	1,399
Mat.Veg		Micronutriente					
		B	Fe	Mn	Zn	Cu	
		----- <i>mg/kg</i> -----					
<i>ttNui-Flh</i>		67,34	261,98	63,25	31,83	25,18	
<i>ttNui-Cau</i>		32,86	117,3	18,8	26,733	21,583	
<i>ttNui-Raz</i>		34,96	381,28	32,37	25,12	16,27	
<i>cNui-Flh</i>		0,108	0,422	0,101	0,051	0,04	
		----- <i>g/Pla</i> -----					
<i>cNui-Cau</i>		0,012	0,044	0,007	0,01	0,008	
<i>cNui-Raz</i>		0,012	0,132	0,011	0,009	0,006	

Semelhantes aos teores dos nutrientes na folha e na raiz, também se pode observar no quadro 7, que o N foi o nutriente de maior acúmulo, seguido por K. Estes resultados evidenciam que o N e o K são os macronutrientes mais exigidos e o Fe é o micronutriente mais exigido pelas mudas de cafeeiro.

4.1.1. Demanda e Requerimento

Tanto para a demanda de nutrientes pelas plantas (dNu_i_{Pla}) como o requerimento de nutrientes (rNu_i_{Pla}) das mudas de cafeeiro, o K foi o nutriente que mais se destacou, seguido por N (Quadro 8).

Quadro 8 - Demanda ($dNui_{Pla}$) e Requerimento de nutrientes pela planta ($rNui_{Pla}$)

Mat.Veg.	Macronutriente					
	N	P	S	K	Ca	Mg
	-----mg/500 cm ³ -----					
dNu_i_{Pla}	55,388	5,718	4,203	55,767	26,488	6,854
$trNu_i_{Pla}$	0,69	0,24	0,21	0,56	0,33	0,39
rNu_i_{Pla}	80,272	23,825	20,017	99,589	80,261	17,573
Mat.Veg	Micronutriente					
	B	Fe	Mn	Zn	Cu	
	-----mg/500 cm ³ -----					
dNu_i_{Pla}	0,131	0,597	0,119	0,07	0,0554	
$trNu_i_{Pla}$	0,1	0,065	0,045	0,066	0,06	
rNu_i_{Pla}	1,315	9,191	2,64	1,061	0,902	

De acordo com Malavolta (1980), para a produção de cafeeiro o requerimento dos nutrientes segue a ordem para macronutrientes, $N > K > Ca > Mg > P > S$ e para macronutrientes $Fe > Mn > Zn > B > Cu$. Para este caso em que K foi o nutriente mais demandado e mais requerido possivelmente, a dose de K adicionada ao solo poderá ter sido elevada.

O quadro 9 apresenta os teores disponíveis dos nutrientes do solo a ser utilizado para o teste do fertilizante multinutriente ($tdNu_i_{Sol}$), as taxas de recuperação dos nutrientes pelos extratores ($trNu_i_{Ext}$), a quantidade de nutrientes disponibilizado pelo solo ($qdNu_i_{Sol}$) e o fertilizante de correção que foi aplicado ao solo ($suNu_i_{AFc}$), a fim de chegar ao suprimento de nutrientes pelo solo.

Quadro 9 - Teores e quantidade de nutrientes disponível no solo, dose do fertilizante de correção e suprimento de nutrientes pelo solo

Variável	Macronutriente					
	N	P	S	K	Ca	Mg
	-----mg/dm ³ -----					
<i>tdNu_i_Sol</i>	28,000	1,300	1,200	16,000	84,000	9,600
<i>trNu_i_Ex</i> ⁽¹⁾	1,000	0,300	0,450	0,850	0,630	0,630
<i>qdNu_i_Sol</i>	28,000	4,333	2,667	18,824	133,333	15,238
<i>rstNu_i_Sol</i>	21,333	0,667	1,000	6,325	120,835	11,905
<i>suNu_i_Sol</i>	6,667	3,667	1,666	12,499	12,498	3,333
<i>suNu_i_Solc</i>	20,000	10,000	10,000	50,000	40,000	10,000
<i>suNu_i_AFc</i>	13,333	6,333	8,334	37,501	27,502	6,667
<i>tNu_i_FMNC, %</i>	5,000	2,375	3,125	14,063	10,313	2,500
Variável	Micronutriente					
	B	Fe	Mn	Zn	Cu	
	-----mg/dm ³ -----					
<i>tdNu_i_Sol</i>	0,200	275,000	39,500	0,720	1,580	
<i>trNu_i_Sol</i>	0,450	0,350	0,400	0,390	0,400	
<i>qdNu_i_Sol</i>	0,444	785,714	98,750	1,846	3,950	
<i>rstNu_i_Sol</i>	0,346	784,714	98,417	1,747	3,883	
<i>suNu_i_Sol</i>	0,099	1,000	0,333	0,099	0,067	
<i>suNu_i_Solc</i>	0,600	6,000	2,000	0,600	0,400	
<i>suNu_i_AFc</i>	0,501	5,000	1,667	0,501	0,333	
<i>tNu_i_FMNC, %</i>	0,188	1,875	0,625	0,188	0,125	

drFMNC= 266,667 mg/dm³

⁽¹⁾ g/dm³/g/dm³ ou mg/dm³/mg/dm³

Ao definir a quantidade a ser suprida pela disponibilidade de nutrientes do solo ($suNu_i_Sol$) para adubação de correção, considerou-se a necessidade de deixar uma reserva de sustentabilidade dos nutrientes no solo ($rsNu_i_Sol$). Por tanto,

$$suNu_i_Sol = qdNu_i_Sol - rsNu_i_Sol \quad \text{Eq.18}$$

Para fim de obter um substrato adequado para produção das mudas de cafeeiro, que não gere um solo rico em nutrientes e para se ter boa resposta a fertilização durante a produção das mudas, foi decidida a quantidade do suprimento total do solo corrigido ($suNu_i_Slc$), que está formado pelo suprimento do solo mais o suprimento da adição do fertilizante de correção ($suNu_i_Solc = suNu_i_Sol + suNu_i_AFc$). Razão pela qual foi aplicada ao solo uma fertilização de correção.

$$suNu_i_AFc = suNu_i_Solc - suNu_i_Sol \quad \text{Eq.19}$$

As doses recomendáveis de nutrientes para fertilização de correção ($suNu_i_Cr$) (Quadro 9) permitiram o cálculo dos teores dos mesmos na composição do fertilizante multinutriente completo (FMNC), com a fórmula:

$$tNu_i_FMNC = 5 \times suNu_i_AFc / suN_AFc \quad \text{Eq.20}$$

A dose recomendável deste fertilizante multinutriente de correção se calculou em base ao suprimento de N de correção e ao teor de N do FMNC:

$$drFMNCr = 100 \times suN_AFc / tN_FMNC \quad \text{Eq.20}$$

Para a fertilização de correção foi adicionada a dose de 266,667 mg/dm³ do fertilizante multinutrientes de correção (FMNCr) com os seguintes teores de nutrientes, em %: N 5,000, P 2,375, S 3,125, K 14,063, Ca 10,313, Mg 2,500, B 0,188, Zn 0,188, Fe 1,875, Mn 0,625 e Cu 0,125.

4.1.2 Balanço Requerimento-Suprimento e obtenção do fertilizante multinutriente

As dose recomendável de nutrientes do fertilizante multinutriente a ser testado é resultado do balanço requerimento (Quadro 8) – suprimento (Quadro 9) ($drNu_i = rNu_i_Pla - suNu_i_Solc$). A composição do FMN se obteve com a fórmula: $tNu_i_FMN = (10 \times drNu_i) / drN$ e a dose recomendável deste fertilizante multinutrientes se calculou em base a dose recomendável e ao teor de N do FMN: $drFMN = (100 \times drN) / tN_FMN$ (Quadro 10).

Quadro 10 - Balanço Requerimento - Suprimento e fertilizante multinutriente com sua dose (*dr*FMN) e composição (*t*Nui_FMN)

Variável	Macronutriente					
	N	P	S	K	Ca	Mg
	-----mg/500 cm ³ -----					
<i>r</i> Nui_Pla	80,272	23,825	20,017	99,589	80,261	17,573
<i>su</i> Nu _i _Solc	10,000	5,000	5,000	25,000	20,000	5,000
<i>dr</i> Nu _i	70,272	18,825	15,017	74,589	60,261	12,573
<i>t</i> Nu _i _FMN %	10,000	2,679	2,137	10,614	8,575	1,789
	Micronutriente					
	B	Fe	Mn	Zn	Cu	
	-----mg/500 cm ³ -----					
<i>r</i> Nu _i _Pla	1,315	9,191	2,640	1,061	0,902	
<i>su</i> Nu _i _Solc	0,300	3,000	1,000	0,300	0,200	
<i>dr</i> Nu _i	1,015	6,191	1,640	0,761	0,702	
<i>t</i> Nu _i _FMN %	0,144	0,881	0,233	0,108	0,010	

*dr*FMN = 702,723 mg/ Pla = mg/500 cm³

4.2 Teste do fertilizante multinutriente (Fase 2)

A dose recomendada do fertilizante multinutriente a ser testado (*dr*FMN) para a produção de mudas de cafeeiro foi de 702,723 mg/Pla, com os seguintes teores de nutrientes, (em %, m/m): N 10,000; P₂O₅ 6,136; S 2,137, K₂O 12,791; Ca 8,575; Mg 1,789; B 0,144; Fe 0,881; Mn 0,233; Zn 0,108 e Cu 0,0100.

4.2.1. Produção de matéria seca em função das doses do fertilizante multinutriente completo e com elementos faltantes

A produção de matéria seca da folha (*mMS_Flh*), do caule (*mMS_Cau*), e parte aérea (*mMS_PA*) em função dos tratamentos é mostrada no quadro 11.

Houve um incremento na produção de matéria seca da folha, do caule e conseqüentemente da parte aérea das mudas de cafeeiro, a medida em que foram aumentando as doses do FMN (Quadro 12).

Quadro 11 - Produção de matéria seca da folha (*mMS_Flh*), do caule (*mMS_Cau*) e parte aéreas (*mMS_PA*)

Tratamento	<i>mMS_Flh</i>	<i>mMS_Cau</i>	<i>mMS_PA</i>
	-----mg/pla-----		
FMN-0,00	0,283	0,071	0,354
FMN-0,10	0,388	0,092	0,480
FMN-0,25	0,548	0,124	0,672
FMN-0,45	0,749	0,153	0,903
FMN-0,70	0,845	0,173	1,018
FMN-1,00	0,976	0,203	1,179
FMN-1,35	0,977	0,242	1,219
FMN-1,75	1,016	0,209	1,225
FMNsN	0,486	0,118	0,604
FMNsPsS	0,765	0,154	0,920
FMNsK	1,040	0,223	1,263
FMNsCasMg	0,840	0,176	1,016
FMNsBsMo	1,144	0,236	1,380
FMNsFesMn	0,893	0,184	1,077
FMNsZnsCu	0,884	0,179	1,063
FMNC	1,142	0,246	1,388

FMN-1,00=702, 223 mg/Pla

A máxima produção de matéria seca parte aérea (*mMS_PA*) foi obtido com a dose de 1,404 do FMN, que provocou um aumento na produção de 255 % em relação a FMN-0,00, incrementos de produção semelhantes foram obtidos para a produção de *mMS_Flh* (265 %) e *mMS_Cau* (213 %) em relação ao FMN-0,00 (Quadro 12).

Quadro 12 - Equações de regressão da produção de matéria seca (*mMS_Flh*), (*mMS_Cau*) e (*mMS_PA*) em função das doses do FMN

	Equações de regressão	R ²	dsFMN-max	ŷMS_max
Compartimento				mg/pla
Flh	$\hat{y} = 0,301 + 1,0464^{**}x - 0,374081^{**}x^2$	0,987	1,399	1,033
Cau	$\hat{y} = 0,071 + 0,2127^{**}x - 0,074268^{**}x^2$	0,977	1,432	0,222
PA	$\hat{y} = 0,3726 + 1,2591^{**}x - 0,448349^{**}x^2$	0,993	1,404	1,256

** Significativo a 1 % de probabilidade

Ao avaliar o efeito dos nutrientes faltantes pelos contraste estabelecidos (Quadro 13), notou-se que os nutrientes mais limitantes a produção de matéria seca da parte aérea (*mMPA*) das mudas de cafeeiro foram os macronutrientes, com excessão do K.

A maior limitação de produção ocorreu quando se omitiu o N ou P e S no fertilizante. Provavelmente, este resultado deu-se pelo fato do N e o S participarem da constituição de importantes compostos orgânicos (aminoácidos, ácidos nucleicos, coenzimas). O N é um nutriente muito requerido pelo cafeeiro (Malavolta, 1986). O P além de constituir a ácidos nucleicos, coenzimas, fosfolipideos, é fundamental em todas as reações que envolvem ATP (Dechen, Nachtigall, 2007). Para os micronutrientes a omissão do Zn e Cu no fertilizante, provocou a maior redução de produção de matéria seca da parte aérea (*mMS_PA*), seguida pela omissão de Fe e Mn, enquanto que a omissão do B e Mo não afetaram a produção.

Quadro 13 - Contraste médio entre os tratamentos para a produção de matéria seca e produção percentual dos primeiros tratamentos dos contrastes em relação aos segundos.

Contraste	Contraste			Produção percentual		
	<i>mMS_Flh</i>	<i>mMS_Cau</i>	<i>mMS_PA</i>	<i>mMS_Flh</i>	<i>mMS_Cau</i>	<i>mMS_PA</i>
	-----g/pla-----			-----%-----		
Demais vs FMNC	0,278 **	0,065 **	0,342 **	75,692	73,779	75,353
Macros vs Micros	0,191 **	0,032 **	0,223 **	80,403	84,083	81,029
Macroa vs Macrosc	0,314 **	0,063 **	0,377 **	66,560	68,386	66,880
FMNsNvs FMNsPsS	0,279 **	0,036 **	0,315 **	63,534	76,542	65,719
FMNsK vs FMNsCasMg	-0,199 **	-0,047 **	-0,247 **	123,741	127,034	124,311
Microsa vs Microsc	-0,256 **	-0,054 **	-0,310 **	128,771	129,992	128,979
FMNsFesMnvs FMN sZnCu	-0,009	-0,005	-0,014	100,975	102,790	101,281
FMNsNvs FMNC	0,656 **	0,128 **	0,784 **	42,560	48,065	43,536
FMNsPsS vs FMNC	0,377 **	0,023 **	0,469 **	66,990	62,800	66,245
FMNsKvs FMNC	0,103 *	0,006 *	0,125 *	91,025	90,707	90,969
FMNsCasMgvs FMNC	0,302 **	0,018 **	0,372 **	73,561	71,403	73,178
FMNsBsMo vs FMNC	-0,002	0,003	0,008	100,156	95,915	99,404
FMNsFesMn vs FMNC	0,249 **	0,015 **	0,311 **	78,155	74,800	77,561
FMNsZnsCu vs FMNC	0,258 **	0,017 **	0,325 **	77,401	72,770	76,580

*,** Significativo a 5 e 1 % de probabilidade.

Também se pode observar no quadro 13 , que a produção de matéria seca da parte aérea (*mMS_PA*) do tratamento FMNC, foi maior (32,7 %) que a produção dos tratamentos com a omissão dos nutrientes. Quando foram omitidos os macronutrientes houve queda de 19 % na produção de matéria seca da parte aérea (*mMS_PA*) em relação aos tratamentos com omissão de micronutrientes.

4.2.2. Teores totais de macro e micronutrientes por compartimento da planta em função das doses do fertilizante multinutriente completo (FMNC) e com elementos faltantes

Os teores totais de macro e micronutrientes na folha ($ttNu_i_{Flh}$) e no caule ($ttNu_i_{Cau}$) em função dos tratamentos encontram-se apresentados no quadro 14.

Pode-se observar que houve um aumento significativo nas concentrações dos teores totais dos nutrientes na folha (Quadro 15), com exceção do Ca que decresceu com o aumento das doses do FMN. Possivelmente, esse decréscimo do Ca pode estar associado a um antagonismo, por incremento das doses de K, e por efeito de diluição, de acordo (Malavolta, 2006), pois a absorção do Ca é seriamente afetada pelo excesso de K.

Quadro 14 - Teores totais dos nutrientes na folha (*ttNu_i_Flh*) e no caule (*ttNu_i_Cau*) em função das doses do FMN, FMNC e com elementos faltantes

Tratamento	Macronutriente											
	N		P		S		K		Ca		Mg	
	Flh	Cau	Flh	Cau	Flh	Cau	Flh	Cau	Flh	Cau	Flh	Cau
	-----g/kg-----											
FMN-0,00	30,71	14,62	0,91	0,55	1,66	1,85	25,79	15,07	7,56	5,26	2,48	2,57
FMN-0,10	31,06	14,79	1,23	0,73	1,70	1,61	25,87	16,17	7,10	4,81	2,40	2,54
FMN-0,25	32,42	15,41	1,35	0,91	1,81	1,50	26,55	20,04	7,17	4,35	2,62	2,64
FMN-0,45	31,49	14,99	1,52	1,10	1,82	1,45	27,67	21,12	7,03	4,34	2,67	2,62
FMN-0,70	32,77	15,35	1,76	1,46	2,04	1,48	27,83	22,43	6,72	3,98	2,60	2,74
FMN-1,00	33,08	15,79	1,83	1,39	2,02	1,39	27,75	22,50	6,97	3,79	2,86	2,49
FMN-1,35	33,39	16,31	1,84	1,45	2,03	1,40	27,08	22,15	6,99	3,76	2,89	2,53
FMN-1,75	33,97	16,20	1,88	1,44	2,07	1,48	27,60	21,81	6,95	3,79	3,07	2,71
FMNsN	27,22	12,62	1,42	1,40	2,00	1,36	27,30	18,68	7,90	4,44	2,67	2,52
FMNsPsS	32,38	15,41	1,38	1,28	1,87	1,34	26,85	20,60	6,84	4,10	2,78	2,65
FMNsK	33,39	15,84	1,68	1,26	2,04	1,40	19,93	15,64	9,12	3,92	4,09	3,19
FMNsCasMg	38,76	19,29	1,70	1,51	2,20	1,63	26,77	22,19	4,96	3,54	2,22	1,82
FMNsBsMo	31,80	15,12	1,69	1,36	2,17	1,52	26,32	22,49	7,08	3,82	2,92	2,56
FMNsFesMn	35,05	16,15	1,74	1,47	2,01	1,71	23,18	22,56	7,46	5,17	2,82	2,80
FMNsZnsCu	36,27	17,18	1,79	1,51	1,98	1,76	26,17	22,22	7,36	4,32	2,87	2,77
FMNC	34,43	16,18	1,83	1,44	2,03	1,44	28,28	21,24	7,12	3,84	2,85	2,53

Continuação

Tratamento	Micronutriente									
	B		Fe		Mn		Zn		Cu	
	Flh	Cau	Flh	Cau	Flh	Cau	Flh	Cau	Flh	Cau
-----mg/kg-----										
FMN-0,00	63,61	56,15	155,41	214,66	206,51	136,78	8,31	5,44	8,51	8,65
FMN-0,10	55,88	48,60	156,65	277,64	180,51	134,69	8,60	6,09	9,24	9,71
FMN-0,25	53,17	44,25	137,70	156,31	186,31	124,92	8,55	6,54	8,98	11,07
FMN-0,45	56,04	49,17	149,69	116,67	183,94	127,30	8,20	7,65	9,23	13,40
FMN-0,70	56,84	44,78	138,59	149,15	182,34	122,84	8,71	10,40	10,35	15,46
FMN-1,00	65,36	46,15	152,50	108,45	185,36	127,44	10,26	12,37	9,98	15,93
FMN-1,35	76,39	46,59	149,05	128,53	179,51	119,38	10,70	14,65	9,14	15,74
FMN-1,75	93,44	59,64	128,90	136,08	167,45	113,41	10,23	16,94	10,15	18,13
FMNsN	83,35	55,35	168,20	143,73	185,31	113,76	9,26	6,32	8,23	9,99
FMNsPsS	75,17	57,20	116,09	127,88	158,66	110,80	9,53	18,85	11,08	16,43
FMNsK	69,26	53,66	135,53	118,76	225,16	135,66	10,55	18,76	8,90	15,16
FMNsCasMg	66,20	48,27	164,08	119,92	190,39	144,24	12,00	23,54	10,66	15,30
FMNsBsMo	40,62	46,68	147,31	93,75	177,44	110,03	10,08	9,79	9,20	14,80
FMNsFesMn	75,46	46,60	156,34	127,11	88,40	59,13	9,98	12,82	9,36	15,63
FMNsZnsCu	67,50	49,61	123,30	147,86	182,78	119,18	6,76	6,53	8,04	13,85
FMNC	67,35	52,45	164,05	118,23	174,83	113,51	9,46	10,92	8,71	15,50

4.2.3. Níveis críticos dos teores dos nutrientes na folha em função das doses do fertilizante multinutriente

Pelas equações de regressão dos teores totais de macro e micronutrientes na folha, em função das doses do FMN, foram obtidos os níveis críticos dos teores dos nutrientes na folha (Quadro 15), que segundo Alvarez., (1996) definiu, nível crítico como sendo o valor da concentração do teor do nutriente no solo ou na planta, que equivale a disponibilidade necessária para se obter a produção de máxima eficiência econômica.

Os modelos quadráticos e lineares para N, Mg, Fe, Mn, Zn e Cu), foram os que melhor se ajustaram aos dados.

Foram substituídas nestas equações o valor da dose de 1,404 do FMN correspondente a máxima produtividade de massa de matéria seca parte aérea.

Quadro 15 - Equações de regressão dos teores totais de macro e micronutrientes em folhas em função das doses do FMN e Níveis Críticos atingidos pela dose (1,4 no FMN) para produção máxima de matéria seca parte aérea.

Macro	Equações de regressão	R ²	(ncNui_Flh)/g/kg
N	$\hat{y} = 31,1537 + 1,7211^{**} x$	0,851	33,56
P	$\hat{y} = 1,0148 + 1,3442^{**} x - 0,500874^{**} x^2$	0,966	1,91
S	$\hat{y} = 1,6588 + 0,5634^{**} x - 0,192251^{*} x^2$	0,940	2,07
K	$\hat{y} = 25,8184 + 3,6123^{*} x - 1,602530^{*} x^2$	0,780	27,74
Ca	$\hat{y} = 7,3441 - 0,9791^{*} x + 0,448910^{\circ} x^2$	0,656	6,88
Mg	$\hat{y} = 2,4563 + 0,3450^{**} x$	0,913	2,94
Micro	Equações de Regressão	R ²	(ncNui_Flh)/mg/kg
B	$\hat{y} = 59,5017 - 17,5946^{*} x + 21,539747^{**} x^2$	0,969	77,09
Fe	$\hat{y} = 152,2630 - 8,8601^{\circ} x$	0,313	139,85
Mn	$\hat{y} = 192,8580 - 12,6655^{\circ} x$	0,532	175,12
Zn	$\hat{y} = 8,1969 + 1,4262^{xx} x$	0,767	10,19
Cu	$\hat{y} = 8,9983 + 0,6385^{\circ} x$	0,497	9,89

[°], ^{*}, ^{**} Significativo a 10, 5 e 1 % de probabilidade

Os níveis críticos obtidos, ficaram próximo de valores citados em literaturas, como (Pozza et al, 2002), trabalhando com substrato comercial para a produção de mudas de cafeeiro em tubetes, obteve 35, 2 e 2,4 g/kg para N e P.

Gonçalves et al (2009) trabalhando com diferentes doses de osmocote para a produção de mudas de cafeeiro encontrou, 2,4, 25,9, e 6,9 g/kg para S, K e Ca.

Campos (2002), trabalhando com substrato comercial para produção de mudas em tubetes encontrou 2,4 g/kg para Mg.

Gonçalves (2005) encontrou 115, 33 e 12, 08 mg/kg níveis críticos para Fe e Zn.

Gotinjo et al (2007) encontrou 9,29 mg/ kg de nível crítico para Cu.

Malavolta et al (1997), Renter & Robson (1998), encontraram 100 e 210 mg de nível crítico para Mn e B, valores acima do atual trabalho (Quadro 15) com níveis críticos de 77,09 e 175,12 mg/ kg.

Ao avaliar a omissão de nutrientes no FMN, para os teores totais dos nutrientes na folha das mudas de cafeeiro pelos contrastes estabelecidos, pode-se perceber que houve diferença significativa em quase todos os cátion nos teores dos nutrientes na folha (Quadro 16) .

O contraste entre a omissão de Mn e Fe no fertilizante multinutriente e o fertilizante multinutriente completo (FMNsFesMn vs FMNC), foram significativos para os teores de K, Ca, B, Mn e Cu na folha das mudas de cafeeiro. Este resultado possivelmente esta relacionado com a competição por sítios de absorção para o caso do teor de K, Ca, Mn e Cu.

O contraste entre a omissão de macronutrientes e a omissão de micronutrientes (Macro vs Micro) não se observou diferença significativa para os teores de K, S e Ca na folha das mudas. Provavelmente pode ter sido pela adubação de correção que foi aplicada ao solo, que gerou um aumento na disponibilidade dos teores de K, S e Ca para as plantas.

Quadro 16 – Contraste médio dos teores totais dos nutrientes na folha em função dos tratamentos

Contraste	Macronutriente					
	N	P	S	K	Ca	Mg
	-----g/kg-----					
Demais vs FMNC	0,878	0,206 **	-0,003	3,059 **	-0,130	-0,0636 °
Macros vs Micros	1,437 **	0,196 **	0,028	0,012	0,093	-0,0719 **
Macroa vs Macrosc	6,270 **	0,291 **	0,186 **	-3,725 **	-0,330 **	0,43625 **
FMNsN vs FMNsPsS	5,158 **	-0,043	-0,130 *	-0,452	-1,065 **	0,1125 *
FMNsK vs FMNsCasMg	5,373 **	0,015	0,158 **	6,843 **	-4,155 **	-1,87 **
Microsa vs Microsc	3,856 **	0,080	-0,171 *	-1,645 **	0,335 *	-0,0713 °
FMNsFesMn vs FMNsZnsCu	1,223	0,050	-0,023	2,985 **	-0,105	0,0525
FMNsN vs FMNC	7,208 **	0,415 **	0,037	0,975	-0,788 **	0,18 **
FMNsPsS vs FMN1C	2,050 *	0,458 **	0,168 *	1,428 *	0,278 °	0,0675
FMNsK vs FMNC	1,045	0,153 **	-0,005	8,348 **	-2,003 **	-1,2475 **
FMNsCasMg vs FMNC	-4,328 **	0,138 **	-0,163 *	1,505 *	2,153 **	0,6225 **
FMNsBsMo vs FMNC	2,628 **	0,148 **	-0,133 *	1,955 **	0,040	-0,07
FMNsFesMn vs FMNC	-0,617	0,093	0,027	5,093 **	-0,348 *	0,0275
FMNsZnsCu vs FMNC	-1,840 *	0,043 °	0,050	2,108 **	-0,243	-0,025

Contraste	Micronutriente				
	B	Fe	Mn	Zn	Cu
	-----mg/kg-----				
Demais vs FMNC	-0,873 **	19,645 **	2,234	-0,272	-0,639 *
Macros vs Micros	-12,303 **	-3,655 **	-40,344 **	-1,399 **	-0,849 **
Macroa vs Macrosc	-11,537 **	7,656 **	35,788 **	1,881 **	0,131
FMNsN vs FMNsPsS	-8,178 **	-52,113 **	-26,650 **	0,263	2,850 **
FMNsK vs FMNsCasMg	-3,057 **	28,550 **	-34,775 **	1,450 *	1,763 **
Microsa vs Microsc	30,863 **	-7,494 **	-41,850 **	-1,710 **	-0,500 °
FMNsFesMn vs FMNsZnsCu	-7,966	-33,038	94,375 **	-3,220 **	-1,325 **
FMNsN vs FMNC	-16,003 **	-4,150	-10,488 *	0,200	0,488
FMNsPsS vs FMNC	-7,825 **	47,963 **	16,163 **	-0,063	-2,363 **
FMNsK vs FMNC	-1,906	28,525 **	-50,338 **	-1,088 *	-0,187
FMNsCasMg vs FMNC	1,151	-0,025	-15,563 **	-2,538 **	-1,950 **
FMNsBsMo vs FMNC	26,733 **	16,738 °	-2,613	-0,612	-0,487
FMNsFesMn vs FMNC	-8,113 *	7,713	86,425 **	-0,512	-0,650 °
FMNsZnsCu vs FMNC	-0,147	40,750 **	-7,950	2,708 **	0,675 °

°, *, ** Significativo a 10 , 5 e 1 % de probabilidade

Ainda, nos teores das folhas (Quadro16) se pode perceber que tanto para o contraste com a omissão de macronutriente ânion e a omissão de macronutriente cátion (Macro a vs Macro c), houve diferenças significativas nos teores dos nutrientes. De acordo, (Sengik, 2003) os solos em geral possuem balanço de cargas negativas, beneficiando a adsorção de íons de cargas positivas, por isso os cátions, de uma maneira geral, possuem menos problemas de lixiviação, os ânions são ligados a matéria orgânica e adsorvidos aos colóides do solo, como o balanço líquido de cargas do solo é negativa, os ânions tendem a ser facilmente lixiviados.

No caule, também foram ajustadas as equações de regressão para os teores totais dos nutrientes em função das doses do FMN. O modelo que se ajustou aos dados foi o modelo quadrático para todos os nutrientes, com exceção do N e o Mn que se ajustaram ao modelo linear e o Mg que não se ajustou aos modelos.

Pode-se observar que houve um incremento nas concentrações dos nutrientes no caule na medida em que foram aumentadas as doses do FMN (Quadro 17).

Quadro 17 - Equações de regressão dos teores totais dos nutrientes no caule em função das doses do FMN

Macro	Equações de Regressão	R ²
N	$\hat{y} = 14,7724 + 0,9397^{**} x$	0,882
P	$\hat{y} = 0,5783 + 1,4461^{**} x - 0,557843^{**} x^2$	0,964
S	$\hat{y} = 1,7308 - 0,6584^* x + 0,299308^* x^2$	0,796
K	$\hat{y} = 15,6839 + 13,2730^{**} x - 5,791637^{**} x^2$	0,780
Ca	$\hat{y} = 5,0754 - 2,1445^{**} x + 0,823412^{**} x^2$	0,947
Mg	$\hat{y} = \bar{y} = 2,605$	0,041
Micro	Equações de Regressão	
B	$\hat{y} = 53,2178 - 23,5061^* x + 15,221530^* x^2$	0,759
Fe	$\hat{y} = 263,0360 - 224,4204^* x + 98,639421^* x^2$	0,670
Mn	$\hat{y} = 133,4579 - 10,8752 x^{**}$	0,792
Zn	$\hat{y} = 5,1497 + 7,1656^{**} x - 0,187905 x^2$	0,796
Cu	$\hat{y} = 8,8720 + 10,2955^{**} x - 3,091701^* x^2$	0,955

• , * , ** Significativo a 10 , 5 e 1 % de probabilidade

Ao avaliar o efeito de elementos faltantes no fertilizante, nos teores totais de macro e micronutrientes no caule das mudas de cafeeiro (Quadro 18), pode-se perceber que os macronutrientes foram os mais limitantes. As maiores limitações ocorreram com a omissão do N seguido pelo Ca e Mg.

Diferente o que ocorreu na folha, nos teores totais dos nutrientes no caule, o contraste entre a omissão dos macronutrientes e a omissão dos micronutrientes (Macro vs Micro) houve diferença significativa para todos os nutrientes com excessão do teor no Cu, possivelmente a quantidade de Cu disponível no solo era suficiente para atender a demanda da planta.

O contraste entre a omissão de macronutrientes ânion e a omissão de macronutriente cátion (Macro a vs Macro c), se observou diferença significativa nos teores de todos os nutrientes com excessão do teor de P. Este resultado deu-se porque possivelmente no solo já havia uma quantidade disponível de P, suficiente para atender a necessidade da planta, pois, o P é um macronutriente de menor exigência pelas plantas de cafeeiro.

O contraste entre a omissão de micronutrientes ânion e a omissão de micronutriente cátion (Micro a vs Micro c), não se observou diferença significativa nos teores de B, Zn e Cu no caule das mudas de cafeeiro, mas houve diferença significativa no teor de Fe.

Para o caso dos teores de B, Zn e Cu, esse comportamento deve-se provavelmente, porque no solo já havia uma quantidade de B, Zn e Cu suficiente para suprir as necessidades das plantas, além de, plantas jovens apresentam necessidades menores em micronutrientes.

No teor de Fe esta diferença significativa pode ser, pelo fato deste elemento ser absorvido pela planta em forma de cátion divalente ou trivalente, age como catalizador na formação da clorofila e no transporte de oxigênio. No solo o Fe é absorvido aos colóides também como cátion divalente ou trivalente. Grande parte dos solos contém teores de Fe, mas devido a fixação muito pouco esta disponível para as plantas.

Quadro 18 – Contrastes médios dos teores totais dos nutrientes no caule em função dos tratamentos

Contraste	Macronutriente					
	N	P	S	K	Ca	Mg
	-----g/kg-----					
Demais vs FMNC	0,232	0,044	-0,088 °	0,620	-0,350 **	-0,083
Macros vs Micros	0,356 *	0,084 °	0,228 **	3,143 **	0,435 **	0,165 **
Macroa vs Macrosc	3,551 **	0,045	0,163 **	-0,724 °	-0,541 **	-0,075
FMNsN vs FMN sPsS	2,795 **	-0,115	-0,023	1,915 **	-0,333 *	0,125
FMNsK vs FMNsCasMg	3,450 **	0,245 **	0,233 **	6,553 **	-0,385 **	-1,370 **
Microsa vs Microsc	1,547 **	0,126 °	0,208 **	-0,100	0,928 **	0,229 **
FMNsFesMn vs FMNsZnsCu	1,031 **	0,037	0,050	-0,340	-0,855 **	-0,028
FMNsN vs FMNC	3,557 **	0,045 **	0,080	2,563 **	-0,600 **	0,012
FMNsPsS vs FMNC	0,762 *	0,160 **	0,103	0,648	-0,267 °	-0,113
FMNsK vs FMNC	0,335	0,180 **	0,045	5,605 **	-0,085	-0,660 **
FMNsCasMg vs FMNC	-3,116 **	-0,065 **	-0,188 **	-0,948	0,300 *	0,710 **
FMNsBsMo vs FMNC	1,060 **	0,080 **	-0,080	-1,243 *	0,020	-0,025
FMNsFesMn vs FMNC	0,029	-0,028	-0,263 **	-1,313 *	-1,335 **	-0,268 **
FMNsZnsCu vs FMNC	-1,002 **	-0,065 °	-0,313 **	-0,973 °	-0,480 **	-0,240 **
Contraste	Micronutriente					
	B	Fe	Mn	Zn	Cu	
	-----mg/kg-----					
Demais vs FMNC	1,400	-7,349	0,250	-2,880 **	1,044 *	
Macros vs Micros	-5,990 **	-4,666	-30,003 **	-7,157 **	0,539	
Macroa vs Macrosc	-5,310 **	-16,463	27,675 **	8,568 **	2,024 **	
FMN-N vs FMNsPsS	1,849	-15,852	-2,960	12,540 **	6,436 **	
FMN-K vs FMNsCasMg	-5,392 **	1,161	8,582 **	4,781 **	0,140	
Microsa vs Microsc	1,423	43,737 **	-20,867 **	-0,113	-0,061	
FMNsFesMn vs FMNsZnsCu	3,007 *	20,750	60,052 **	-6,298 **	-1,778 **	
FMNsN vs FMNC	-2,898 *	-25,507	-0,251	4,607 **	5,505 **	
FMNsPsS vs FMNC	-4,747 **	-9,654	2,709	-7,933 **	-0,931	
FMNC vs FMNsK	-1,208	-0,537	-22,155 **	-7,841 **	0,333	
FMNsCasMg vs FMNC	4,184 **	-1,698	-30,737 **	-12,621 **	0,192	
FMNsBsMo vs FMNC	5,772 **	24,476	3,483	1,135	0,695	
FMNsFesMn vs FMNC	5,852 **	-8,887	54,376 **	-1,901 *	-0,132	
FMNsZnsCu vs FMNC	2,845 *	-29,637 *	-5,676 *	4,397 **	1,645 **	

•, *, ** Significativo a 10, 5 e 1 % de probabilidade

4.2.4. Conteúdo dos nutrientes na folha e no caule das mudas de cafeeiro em função dos tratamentos

Em relação ao conteúdo de nutrientes na folha (cNu_i _Flh), das mudas cafeeiro em função dos tratamentos (Quadro 19), o N foi o nutriente de maior acúmulo, evidenciando o grande requerimento deste nutriente pelo cafeeiro, seguido por K, Ca e Mg. Resultados semelhantes ao presente trabalho, se observou em trabalhos de Prezzoti (2001) e Andrade (2001).

Quadro 19 - Conteúdo de macro e micronutriente na folha ($cNui$ _Flh) em função dos tratamentos

Tratamento	Macronutriente					
	N	P	S	K	Ca	Mg
	-----mg/Pla-----					
FMN 0,00	8,630	0,260	0,469	7,272	2,109	0,689
FMN 0,10	12,152	0,495	0,668	10,040	2,763	0,918
FMN 0,25	17,820	0,750	1,006	14,481	3,960	1,424
FS10,45	23,110	1,100	1,339	20,560	5,216	1,942
FMN 0,70	27,562	1,428	1,699	23,333	5,708	2,184
FMN 1,00	32,082	1,799	1,990	27,267	6,791	2,793
FMN 1,35	31,599	1,748	1,967	26,621	6,869	2,781
FMN 1,75	34,181	1,896	2,104	28,050	7,160	3,076
FMNsN	13,190	0,705	0,995	13,255	3,857	1,282
FMNsPsS	24,399	1,064	1,432	20,699	5,247	2,085
FMNsK	34,935	1,753	2,127	20,976	9,474	4,226
FMNsCasMg	30,941	1,464	1,859	23,245	4,416	1,739
FMNsBsMo	36,476	1,912	2,463	30,156	8,174	3,325
FMNsFesMn	31,369	1,561	1,810	22,110	6,873	2,463
FMNsZnsCu	31,640	1,613	1,757	23,264	6,619	2,543
FMNC	38,896	2,069	2,334	32,206	8,258	3,259

Continuação

Tratamento	Micronutriente				
	B	Fe	Mn	Zn	Cu
	-----mg/Pla-----				
FMN 0,00	17,538	43,865	59,064	2,347	2,435
FMN 0,10	20,416	60,710	70,934	3,334	3,745
FMN 0,25	28,967	76,421	103,637	4,716	5,076
FS10,45	41,879	110,455	143,384	6,024	6,893
FMN 0,70	49,020	124,867	159,990	7,508	8,427
FMN 1,00	63,374	153,968	184,751	10,206	9,929
FMN 1,35	72,070	151,791	185,351	10,550	8,461
FMN 1,75	94,620	135,081	175,121	10,545	10,159
FMNsN	40,596	81,915	91,908	4,455	4,062
FMNsPsS	56,122	91,791	124,613	7,411	8,397
FMNsK	70,033	142,433	237,015	11,168	9,417
FMNsCasMg	55,503	160,824	179,088	11,493	9,380
FMNsBsMo	46,363	166,874	207,426	11,316	10,489
FMNsFesMn	67,634	148,376	81,142	9,147	8,480
FMNsZnsCu	57,329	111,484	168,758	6,155	7,397
FMNC	75,201	191,039	206,387	11,031	9,771

Levando em consideração a função em que cada nutriente exerce sobre a planta do cafeeiro, verificou-se na folha, que com a omissão do N no fertilizante, o conteúdo de N foi de 13,19 mg/Pla, o que representa 34 % dos 38,89 mg/Pla encontrado na folha do tratamento em que foi aplicado o FMNC. O conteúdo de Mg na folha quando se omitiu a presença do elemento foi de 1,739 mg/Pla, o que representa 53 % dos 3,259 mg/Pla encontrado na folha do tratamento em que foi aplicado o FMNC.

O conteúdo de nutrientes no caule (cNu_i _Cau), (Quadro 20), apresentou comportamento diferente do conteúdo da folha (Quadro 19). O K foi o nutriente de maior acúmulo, seguido por N, Ca, Mg, P, S, Mn, Fe, B, Cu e Zn.

Quadro 20 - Conteúdo de macro e micronutriente no Caule (cNui_Cau) em função dos tratamentos

Tratamento	Macronutriente					
	N	P	S	K	Ca	Mg
	-----mg/Pla-----					
FMN 0,00	1,029	0,040	0,125	1,071	0,369	0,181
FMN 0,10	1,378	0,073	0,143	1,510	0,433	0,232
FMN 0,25	1,909	0,117	0,177	2,446	0,528	0,326
FS10,45	2,246	0,174	0,204	3,247	0,641	0,390
FMN 0,70	2,617	0,239	0,244	3,869	0,666	0,454
FMN 1,00	3,195	0,282	0,280	4,600	0,756	0,489
FMN 1,35	3,901	0,329	0,320	5,260	0,882	0,584
FMN 1,75	3,356	0,299	0,302	4,523	0,785	0,560
FMNsN	1,481	0,156	0,158	2,226	0,522	0,299
FMNsPsS	2,347	0,181	0,204	3,227	0,631	0,406
FMNsK	3,555	0,280	0,314	3,488	0,871	0,714
FMNsCasMg	3,424	0,247	0,266	3,949	0,602	0,294
FMNsBsMo	3,580	0,317	0,347	5,281	0,897	0,600
FMNsFesMn	2,939	0,275	0,297	4,176	0,919	0,512
FMNsZnsCu	3,040	0,273	0,291	3,988	0,756	0,483
FMNC	3,915	0,346	0,344	5,153	0,939	0,616
Tratamento	Micronutriente					
	B	Fe	Mn	Zn	Cu	
	-----µg/Pla-----					
FMN 0,00	3,947	15,066	9,657	0,388	0,615	
FMN 0,10	4,437	22,835	12,000	0,549	0,893	
FMN 0,25	5,403	19,234	15,302	0,786	1,385	
FS10,45	7,379	16,142	19,278	1,059	1,995	
FMN 0,70	7,808	23,382	20,687	1,692	2,552	
FMN 1,00	9,198	22,254	25,996	2,444	3,273	
FMN 1,35	11,133	27,400	28,008	3,075	3,607	
FMN 1,75	11,960	26,016	22,690	3,444	3,725	
FMNsN	6,482	16,454	13,591	0,727	1,180	
FMNsPsS	8,509	18,421	16,791	2,966	2,599	
FMNsK	11,798	25,908	29,997	4,231	3,452	
FMNsCasMg	8,077	19,383	25,690	4,457	2,819	
FMNsBsMo	10,844	21,274	25,764	2,164	3,438	
FMNsFesMn	8,207	21,833	10,646	2,326	2,934	
FMNsZnsCu	8,637	23,739	21,641	1,190	2,572	
FMNC	12,241	27,051	27,142	2,638	3,767	

No caule, o conteúdo de N quando se omitiu a presença do elemento no fertilizante foi de 1,481 mg/Pla, o que representa 37 % dos 3,915 mg/Pla encontrado no caule do tratamento em que foi aplicado o FMNC. O conteúdo de Mg no caule, quando se omitiu a presença do elemento no fertilizante foi de 0,294 mg/Pa, o que rerepresenta

47 % dos 0,616 mg/Pla encontrado no caule do tratamento em que foi aplicado o FMNC.

4.2.5. Demanda de nutrientes pela planta em função dos tratamentos

O N, foi o elemento mais demandado pelas mudas de cafeeiro, seguido por K, Ca, e Mg para macronutrientes (Quadro 21), concordando com Sakiyama et al. (2015), em que os nutrientes mais exigidos pelo cafeeiro segue a ordem $N > K > Ca > Mg > S > P$, para macronutrientes. Nos micronutrientes, os teores de Fe e Mn estão super estimados, devido a contaminação da raiz pelo solo ao corrigir a demanda de nutrientes pelo conteúdo da raiz, pois torna-se difícil fazer uma limpeza eficiente para retirar todo resíduo de solo na raiz.

Quadro 21- Demanda dos nutrientes pela planta (*dNui_Pla*) em função dos tratamentos

Tratamento	Macronutriente					
	N	P	S	K	Ca	Mg
	-----µg/Pla-----					
FMN 0,00	10,671	0,348	0,768	9,157	2,797	1,094
FMN 0,10	14,949	0,659	1,049	12,678	3,607	1,445
FMN 0,25	21,798	1,007	1,530	18,579	5,065	2,200
FS10,45	28,015	1,478	1,996	26,130	6,611	2,931
FMN 0,70	33,343	1,935	2,513	29,855	7,194	3,314
FMN 1,00	38,975	2,415	2,936	34,976	8,516	4,124
FMN 1,35	39,223	2,410	2,959	34,991	8,747	4,228
FMN 1,75	41,473	2,548	3,112	35,751	8,967	4,568
FMNsN	16,209	0,999	1,492	16,991	4,942	1,986
FMNsPsS	29,550	1,445	2,116	26,260	6,634	3,130
FMNsK	42,525	2,360	3,157	26,851	11,675	6,207
FMNsCasMg	37,968	1,985	2,749	29,847	5,664	2,554
FMNsBsMo	44,256	2,587	3,636	38,895	10,237	4,932
FMNsFesMn	37,905	2,130	2,726	28,851	8,794	3,737
FMNsZnsCu	38,317	2,190	2,650	29,911	8,323	3,802
FMNC	47,300	2,802	3,464	41,004	10,379	4,869
Tratamento	Micronutriente					
	B	Fe	Mn	Zn	Cu	
	-----µg/Pla-----					
FMN 0,00	23,651	75,659	75,717	3,139	3,420	
FMN 0,10	27,359	107,261	91,377	4,456	5,202	
FMN 0,25	37,835	122,808	131,048	6,314	7,246	
FS10,45	54,224	162,535	179,222	8,128	9,968	
FMN 0,70	62,559	190,332	199,071	10,557	12,313	
FMN 1,00	79,890	226,247	232,202	14,517	14,806	
FMN 1,35	91,593	230,058	235,081	15,635	13,534	
FMN 1,75	117,327	206,827	217,950	16,054	15,570	
FMNsN	51,824	126,293	116,239	5,947	5,878	
FMNsPsS	71,148	141,498	155,800	11,908	12,332	
FMNsK	90,083	216,129	294,196	17,670	14,432	
FMNsCasMg	69,992	231,363	225,626	18,303	13,681	
FMNsBsMo	62,976	241,558	256,931	15,469	15,619	
FMNsFesMn	83,488	218,527	101,133	13,165	12,800	
FMNsZnsCu	72,618	173,608	209,783	8,428	11,180	
FMNC	96,258	279,999	257,303	15,686	15,183	

Pode-se perceber pelo quadro 22, que à medida que foram aumentadas as doses do nutriente no FMN houve diferença significativa na demanda de nutriente.

Quadro 22 - Equação de regressão da demanda de nutrientes pelas mudas em função das doses do nutriente *i* no fertilizante (*dsNui_FMN*)

Macro	Equações de regressão	R ²
N	$\hat{y} = 11,441 + 0,5849^{**} x - 0,002840^{**} x^2$	0,991
P	$\hat{y} = 0,3582 + 0,1557^{**} x - 0,002750^{**} x^2$	0,994
S	$\hat{y} = 0,7774 + 0,211277^{**} x - 0,004750^{**} x^2$	0,994
K	$\hat{y} = 9,4990 + 0,529360^{**} x - 0,002567^{**} x^2$	0,990
Ca	$\hat{y} = 2,9478 + 0,1403^{**} x - 0,000804^{**} x^2$	0,989
Mg	$\hat{y} = 1,1359 + 0,3339^{**} x - 0,008274^{**} x^2$	0,990
Micro	Equações de regressão	R ²
B	$\hat{y} = 0,02370 + 0,0058^{**} x - 0,003883 x^2$	0,996
Fe	$\hat{y} = 0,076 + 0,0377^{**} x - 0,002355^{**} x^2$	0,992
Mn	$\hat{y} = 0,073175 + 0,1649^{**} x - 0,041125^{**} x^2$	0,993
Zn	$\hat{y} = 0,0028 + 0,019416^{**} x - 0,006996^{**} x^2$	0,990
Cu	$\hat{y} = 0,0037 + 0,2231^{**} x - 1,074210^{**} x^2$	0,973

*, ** Significativo a 5 e 1 % de probabilidade

Também foram estabelecidos contrastes, para avaliar o efeito de elementos faltantes no FMN na demanda de nutrientes pela planta (Quadro 23).

Para todos os contrastes estabelecidos, observou-se que houve diferença significativa em todos os nutrientes, com exceção do contraste entre a omissão do B e Mo no FMN e o FMNC (FMNsBsMo vs FMNC) e que não houve diferença significativa para os teores de N, K e B. Também não se observou diferença significativa para os macronutrientes no contraste entre a omissão de Fe e Mn e a omissão de Zn e Cu no FMN (FMNsFesMn vs FMNsZnsCu). De uma forma geral pode-se dizer que a necessidade da planta em micronutrientes é menor quando comparadas com os macronutrientes.

Quadro 23- Contrastes médios da demanda de nutrientes em mudas de cafeeiro em função dos tratamentos

Contraste	Macronutriente					
	N	P	S	K	Ca	Mg
	-----µg/Pla-----					
Demais vs FMNC	10,909 **	0,729 **	0,632 **	11,639 **	2,074 **	0,879 **
Macros vs Micros	7,780 **	0,521 **	0,483 **	6,892 **	1,674 **	0,547 **
Macroa vs Macrosc	15,719 **	0,819 **	0,889 **	6,126 **	2,553 **	1,451 **
FMNsN vs FMNsPsS	12,075 **	0,384 **	0,482 **	8,445 **	1,499 **	0,910 **
FMNsK vs FMNsCasMg	-4,125 *	-0,323 **	-0,316 **	2,730	-5,326 **	-2,907 **
Microsa vs Microsc	-5,562 **	-0,368 **	-0,733 **	-8,668 **	-1,487 **	-0,925 **
FMNsFesMn vs FMNsZnsCu	0,372	0,051	-0,059	0,966	-0,417	0,052
FMNsN vs FMNC	28,140 **	1,554 **	1,525 **	21,878 **	4,818 **	2,294 **
FMNsPsS vs FMNC	16,065 **	1,170 **	1,043 **	13,433 **	3,319 **	1,384 **
FMNsK vs FMNC	4,322 **	0,381 **	0,237 *	12,895 **	-1,148 **	-1,065 **
FMNsCasMg vs FMNC	8,446 **	0,704 **	0,553 **	10,165 **	4,178 **	1,842 **
FMNsBsMo vs FMNC	2,755 ns	0,185 °	-0,133	1,922	0,126	-0,050
FMNsFesMn vs FMNC	8,503 **	0,579 **	0,571 **	11,073 **	1,405 **	0,901 **
FMNsZnsCu vs FMNC	8,131 **	0,528 **	0,630 **	10,107 **	1,822 **	0,849 **
	-----µg/Pla-----					
Contraste	Micronutriente					
	B	Fe	Mn	Zn	Cu	
	-----µg/Pla-----					
Demais vs FMNC	22,279 **	67,988 **	57,232 **	2,354 **	2,594 **	
Macros vs Micros	2,058	25,245 **	-7,881	-0,961 °	1,444 **	
Macroa vs Macrosc	16,852 **	69,984 **	112,444 **	7,894 **	4,415 **	
FMNsN vs FMNsPsS	17,554 **	11,843	35,905 **	5,194 **	5,755 **	
FMNsK vs FMNsCasMg	-18,250 **	11,866	-62,234 **	0,552	-0,670 ns	
Microsa vs Microsc	13,696 **	-35,432 **	-92,097 **	-4,071 **	-3,236 **	
FMNsFesMn vs FMNsZnsCu	-9,875 *	-34,987 *	98,611 **	-4,128 **	-1,444 *	
FMNsN vs FMNC	40,364 **	119,721 **	128,030 **	8,487 **	8,297 **	
FMNsPsS vs FMNIC	22,810 **	107,878 **	92,124 **	3,292 **	2,543 **	
FMNsK vs FMNC	5,610	49,748 **	-33,484 *	-1,729	0,670	
FMNsCasMg vs FMNC	23,860 **	37,883 **	28,750 *	-2,281 °	1,340 °	
FMNsBsMo vs FMNC	30,234 **	29,942 °	0,338	0,189	-0,388	
FMNsFesMn vs FMNC	11,600 **	47,880 **	141,740 **	2,197 °	2,125 **	
FMNsZnsCu vs FMNC	21,475 **	82,867 **	43,129 **	6,325 **	3,569 **	

°, *, ** Significativo a 10, 5, e 1 % de probabilidade

4.2.6. Taxas de recuperação dos nutrientes pelas plantas

A taxa de recuperação dos nutrientes pela planta ($trNu_i_Pla$) é definida como sendo, a quantidade de nutrientes absorvida pela planta, por unidade de nutriente aplicado no solo (Craswell & Godwin, 1984).

No presente trabalho as taxas de recuperação dos nutrientes foram calculadas em duas formas descritas em materiais e métodos. Observa-se que os valores das taxas de recuperação dos nutrientes pela planta (Quadro 24), encontram-se muito a baixo dos valores encontrados em trabalho de Prezotti (2001) em Sistema de recomendação de corretivos e de fertilizantes para cultura de café, que avaliou uma população, de 1 000 pla/ha encontrou taxas de N 50 % , P 22 % , S 17 % , K 53 % , Ca 17 % , Mg 26 % B 14 % , Zn 0,9 % e para Cu 11 % .

Quadro 24- Taxas de recuperação dos nutrientes pela planta ($trNu_i_Pla$) em função dos tratamentos

Variável	Macronutriente					
	N	P	S	K	Ca	Mg
	-----mg/Pla-----					
$dsNu_i_FMNmax^{(1)}$	98,38	26,36	21,02	104,42	84,36	17,60
$dNu_i_FMNmax^{(2)}$	41,502	2,552	3,120	36,785	9,059	4,451
$dNu_i_Pla_ds0^{(3)}$	11,441	0,358	0,777	9,499	2,948	1,136
$dNu_i_sNu_i^{(4)}$	16,209	1,445	2,116	26,851	5,664	2,554
$trNu_i_Pla (I)^{(5)}$	0,306	0,083	0,111	0,261	0,072	0,072
$trNu_i_Pla (II)^{(6)}$	0,257	0,042	0,048	0,095	0,040	0,040
Variável	Micronutriente					
	B	Fe	Mn	Zn	Cu	
	-----mg/Pla-----					
$dsNu_i_FMNmax$	1,41	8,66	2,29	1,06	0,10	
dNu_i_FMNmax	0,099	0,227	0,237	0,016	0,015	
dNu_i_Plads0	0,024	0,076	0,073	0,003	0,036	
$dNu_i_sNu_i$	0,063	0,218	0,101	0,008	0,011	
$trNu_i_Pla (I)$	0,053	0,017	0,075	0,012	0,117	
$trNu_i_Pla (II)$	0,025	0,001	0,063	0,007	0,041	

⁽¹⁾dose do nutriente i no fertilizante correspondente a máxima produtividade, ⁽²⁾demanda do nutriente i no fertilizante correspondente a máxima produtividade, ⁽³⁾demanda do nutriente i na dose zero, ⁽⁴⁾demanda do nutriente i no fertilizante multinutriente sem o nutriente em estudo, ⁽⁵⁾Taxa de recuperação do nutriente i pela planta, calculada pela primeira forma em mg/Pla/mg/Pla, ⁽⁶⁾Taxa de recuperação do nutriente i pela planta, calculada pela segunda forma em mg/Pla/mg/Pla

Este resultado deve-se ao fato de se tratar de mudas de plantas, pois o sistema radicular é menos desenvolvido quando comparadas com plantas adultas, por isso a baixa eficiência na absorção dos nutrientes.

Em adicional, solos argilosos contribuem para reduzir a eficiência de recuperação de nutrientes pela planta, principalmente para P, S e Zn os quais, são adsorvidos com maior energia pelo solo, reduzindo sua disponibilidade para as plantas (Novais & Smyth, 1999).

4.2.7. Requerimentos dos nutrientes pela planta

Calculadas as taxas de recuperação dos nutrientes pelas plantas (Quadro 24) Chegou-se ao requerimento dos nutrientes pela planta (rNu_i_Pla).

Como a taxa de recuperação pela planta ($trNu_i_Pla$), indica a eficiência da planta na absorção do nutriente proveniente do adubo, então para o cálculo do requerimento dos nutrientes pela planta (rNu_i_Pla), foi decidido utilizar a segunda forma de taxa de recuperação dos nutrientes pela planta (Quadro25).

Quadro 25- Requerimento de nutrientes pela planta

Variável	Macronutriente					
	N	P	S	K	Ca	Mg
	-----mg/Pla-----					
$dNu_i_FMNmax^{(1)}$	41,502	3,120	3,12	36,785	9,059	4,451
$trNu_i_Pla^{(2)} (II)$	0,257	0,042	0,048	0,095	0,040	0,108
$rNu_i_Pla^{(3)}$	161,428	60,754	65,345	386,657	225,114	41,301
Variável	Micronutriente					
	B	Fe	Mn	Zn	Cu	
	-----mg/Pla-----					
dNu_i_FMNmax	0,099	0,227	0,237	0,016	0,015	
$trNu_i_Pla (II)$	0,025	0,017	0,063	0,007	0,041	
rNu_i_Pla	3,915	234,272	3,793	2,308	0,369	

⁽¹⁾demanda do nutriente i no fertilizante que corresponde a máxima produtividade, ⁽²⁾Taxa de recuperação dos nutrientes pela planta em mg/Pla/mg/Pla, ⁽³⁾Requerimento de nutrientes pelas plantas

Percebe-se pelos resultados que os valores mais altos em requerimento de nutrientes para as mudas de cafeeiro foram os de K seguido por Ca e N. Os valores do requerimento para o Fe está super estimado devido a contaminação do conteúdo das raízes ao corrigir a demanda pela planta. O requerimento, indica a quantidade de nutrientes a ser aplicada ao solo durante o ciclo de produção das mudas caso, o suprimento do substrato seja zero. Como o substrato supre parte dos nutrientes requeridos deverá somente ser aplicada a diferença entre o que a planta requer e o que o substrato disponibiliza.

4.3 Disponibilidade de nutrientes no solo após teste do fertilizante

Os teores de nutrientes disponíveis no solo após teste do fertilizante encontram-se no quadro 26. Pode-se observar que houve um aumento na disponibilidade de nutrientes a medida que foram aumentadas as doses do FMN (Quadro 27). Os modelos quadráticos e lineares foram os que melhor se ajustaram aos dados, com exceção do teor de Fe que não houve ajuste.

Quadro 26 - Teores de macro e micronutrientes disponíveis no solo em função das doses do FMNC e com elementos faltantes

Tratamento	Macronutriente					
	N	P	S	K	Ca	Mg
	g/kg	-----mg/dm ³ -----				
FMN 0,00	34,614	2,375	29,650	48,500	95,686	16,406
FMN 0,10	38,232	2,550	30,875	55,000	99,694	17,925
FMN 0,25	47,466	2,925	29,650	72,500	125,745	22,786
FS10,45	46,656	3,500	29,325	83,500	137,267	24,609
FMN 0,70	47,466	4,000	31,400	105,750	149,792	27,647
FMN 1,00	45,468	5,050	35,250	142,750	175,341	32,812
FMN 1,35	38,016	6,050	37,600	174,500	198,887	39,192
FMN 1,75	41,580	9,300	39,350	212,000	251,990	50,737
FMN-N	37,100	7,200	35,775	182,750	219,427	36,458
FMN-P-S	45,198	2,125	30,075	161,250	221,431	37,369
FMN-K	50,166	8,150	34,525	32,750	241,470	41,319
FMN-Ca-Mg	40,446	9,850	38,925	173,000	99,694	17,925
FMN-B-Mo	41,742	9,500	39,575	127,000	215,920	38,280
FMN-Fe-Mn	37,476	7,275	42,950	171,750	231,951	37,065
FMN-Zn-Cu	48,330	8,700	41,800	159,500	207,404	39,496
FMNC	52,380	8,500	39,150	155,250	217,924	41,015
Tratamento	Micronutriente					
	B	Fe	Mn	Zn	Cu	
	-----µg/dm ³ -----					
FMN 0,00	0,273	130,150	3,375	0,698	0,353	
FMN 0,10	0,423	170,625	4,100	0,943	0,435	
FMN 0,25	0,590	136,900	4,425	0,983	0,455	
FS10,45	0,900	161,725	4,425	1,183	0,560	
FMN 0,70	1,000	147,900	4,850	1,345	0,610	
FMN 1,00	1,373	134,600	5,675	1,648	0,738	
FMN 1,35	1,875	176,075	7,725	2,248	1,025	
FMN 1,75	1,915	148,400	7,200	2,268	1,023	
FMN-N	1,630	127,600	5,975	1,663	0,803	
FMN-P-S	1,558	125,750	6,325	1,533	0,825	
FMN-K	1,555	153,725	6,300	1,695	0,875	
FMN-Ca-Mg	1,640	106,200	5,700	1,703	0,980	
FMN-B-Mo	0,555	142,100	5,350	1,855	0,883	
FMN-Fe-Mn	1,653	133,750	4,125	1,545	0,720	
FMN-Zn-Cu	1,688	127,825	4,950	0,630	0,293	
FMNC	1,643	161,575	6,950	1,925	0,885	

A dose zero do FMN, apresentou valores inferiores nos teores dos nutrientes disponíveis no solo. Fato que evidencia, que existe a necessidade de complementação nutricional. Vale salientar que, a adubação tem como objetivo primordial, manter ou aumentar no solo a disponibilidade dos nutrientes e o teor de matéria orgânica, pois a

incorporação de elementos restitui aqueles perdidos pelo solo em processos de lixiviação, volatilização e de absorção pelas plantas (Russell. 1973). Por isso, o crescimento das plantas depende entre outros, da quantidade de nutrientes adicionada ao solo.

Quadro 27 - Equações de regressão dos teores disponíveis no solo ($tdNu_i_{Sol}$) em função das doses do fertilizante multinutriente (FMN)

Macro	Equações de regressão	R ²
N	$\hat{y} = 38,1322 + 19,093803^\circ x - 10,900007^\circ x^2$	0,446
P	$\hat{y} = 2,5406 + 0,7582^\circ x + 1,681016^{**} x^2$	0,985
S	$\hat{y} = 4,4298 + 2,437779^* x + 2,106730^\circ x^2$	0,924
K	$\hat{y} = 45,5560 + 94,652015 x^{**}$	0,996
Ca	$\hat{y} = 99,2548 + 66,4534^{**} x + 10,259416^\circ x^2$	0,986
Mg	$\hat{y} = 17,4810 + 12,1813^{**} x + 3,616464^* x^2$	0,989
Micro	Equações de regressão	R ²
B	$\hat{y} = 0,3494 + 0,991392^{**} x$	0,969
Fe	$\hat{y} = \bar{y} = 150,797$	0,047
Mn	$\hat{y} = 3,5901 + 2,331044^{**} x$	0,901
Zn	$\hat{y} = 0,7616 + 0,932051^{**} x$	0,964
Cu	$\hat{y} = 0,3654 + 0,406090^{**} x$	0,958

^{*,**} Significativo a 10 e 5 % de probabilidade

Também foram estabelecidos contrastes nos teores disponíveis no solo para avaliar o efeito de elemento faltante no fertilizante (Quadro 28).

Houve diferença significativa em todos os contrastes estabelecidos para a maioria dos nutrientes. As maiores limitações na disponibilidade de nutrientes pelo solo ocorreram com a omissão do N, do P, S, dos macronutrientes cátions e micronutrientes cátions.

Quadro 28 – Contraste médio dos teores dos nutrientes disponíveis no solo em função dos tratamentos

Contraste	Macronutriente					
	N	P	S	K	Ca	Mg
	-----mg/pla-----					
Demais vs FMNC	9,457 **	0,957 **	1,489	11,250 *	12,596 *	5,599 **
Macros vs Micros	-0,711 **	1,660 **	6,617 **	15,313 **	22,920 **	5,013 **
Macroa vs Macrosc	4,157 **	4,338 **	3,800 **	-69,125 **	-49,847 **	-7,292 **
FMNsN vs FMN sPsS	8,098 **	-5,075 **	-5,700 **	-21,500 **	2,004	0,911
FMNsK vs FMNsCasMg	-9,720 **	1,700 **	4,400 **	140,250 **	-141,776 **	-23,394 **
Microsa vs Microsc	1,161 **	-1,513 **	2,800 **	38,625 **	3,757	0,000 **
FMNsFesMn vs FMN sZnsCu	10,854 **	1,425 **	-1,150	-12,250 *	-24,548 **	2,431
FMNsN vs FMNC	15,280 **	1,300 **	3,375 **	-27,500 **	-1,503	4,557 **
FMNsPsS vs FMNC	7,182 **	6,375 **	9,075 **	-6,000	-3,507	3,646 *
FMNsK vs FMNC	2,214 **	0,350	4,625 **	122,500 **	-23,546 **	-0,304
FMNsCasMg vs FMNC	11,934 **	-1,350 **	0,225	-17,750 **	118,230 **	-23,090 **
FMNsBsMo vs FMNC	10,638 **	-1,000 **	-0,425	28,250 **	2,004	2,734
FMNsFesMn vs FMNC	14,904 **	1,225 **	-3,800 **	-16,500 **	-14,027 °	3,950 *
FMNsZnsCu vs FMNC	4,050 **	-0,200	-2,650 *	-4,250	10,520	1,519
	-----µg/pla-----					
Contraste	B	Fe	Mn	Zn	Cu	
Demais vs FMNC	0,174 °	30,582 **	1,418 **	0,408 **	0,117 **	
Macros vs Micros	-0,297 **	6,240	-1,267 **	-0,305 **	-0,239 **	
Macroa vs Macrosc ⁽¹⁾	0,004	3,288	-0,150	0,101	0,114 **	
FMNsN vs FMN sPsS	-0,072	-1,850	0,350	-0,130	0,022	
FMNsK vs FMNsCasMg	0,085	-47,525 **	-0,600 °	0,008	0,105 *	
Microsa vs Microsc	1,115 **	-11,313	-0,813 **	-0,768 **	-0,376 **	
FMNsFesMn vs FMNsZnsCu	0,035	-5,925	0,825 **	-0,915 **	-0,428	
vs FMNsN vs FMNC	0,013	33,975 **	0,975 **	0,263 **	0,082	
FMNsPsS vs FMNC	0,085	35,825 **	0,625 °	0,393 **	0,060	
FMNsK vs FMNC	0,087	7,850	0,650 *	0,230 **	0,010	
FMNsCasMg vs FMNC	0,003	55,375 **	1,250 **	0,223 **	-0,095 °	
FMNsBsMo vs FMNC	1,088 **	19,475	1,600 **	0,070	0,002	
FMNsFesMn vs FMNC	-0,010	27,825 *	2,825 **	0,380 **	0,165 **	
FMNsZnsCu vs FMNC	-0,045	33,750 **	2,000 **	1,295 **	0,593 **	

°, *, ** Significativo a 10, 5 e 1 % de probabilidade

⁽¹⁾a-aniónico; c-catiônico

As maiores limitações na disponibilidade de nutrientes pelo solo ocorreram com a omissão do N, do P, S, dos macronutrientes cátions e micronutrientes cátions.

4.3.1. Níveis críticos dos teores disponíveis no solo e taxas de recuperação dos nutrientes pelos extratores

Foi substituído nas equações de regressão dos teores de nutrientes disponível no solo, a dose máxima do FMN que proporcionou incremento na produção de matéria seca parte aérea que corresponde 1,4 do FMN.

Desta, foram calculados os níveis críticos dos teores de nutrientes disponível no solo (Quadro 27). Os valores de níveis críticos de alguns nutrientes ficaram fora da faixa encontrados em trabalhos de literatura citadas como Prezotti (2001), que calculou os níveis críticos dos teores disponíveis no solo de uma lavoura de cafeeiro em função da população de plantas, produtividade e o Prem, encontrou 11,73 mg/dm³, 213 mg/dm³, 0,67 mg/dm³, 81,40 mg/dm³, 4,6 mg/dm³, 2,59 mg/dm³, 0,40 mg/dm³, e 0,85 mg/dm³, para P, K, Ca, Mg, S, Zn, B e Cu.

Semelhante ao presente trabalho foi encontrado em trabalho de Reisenhaver et al (1973) encontrou 12 mg/dm³ para S.

Após cálculo dos níveis críticos foram calculadas as taxas de recuperação dos nutrientes pelos extratores ($trNu_i_{Ex}$) pelas duas formas descritas em material e métodos (Quadro 29).

Quadro 29- Níveis críticos dos teores de nutrientes disponíveis no solo e taxas de recuperação dos nutrientes pelos extratores ($trNu_i_Ex$)

	Macronutriente					
	N	P	S	K	Ca	Mg
	-----mg/dm ³ -----					
$dsNu_i_FMNmax^1$	196,762	52,713	42,048	208,844	168,724	35,201
$ncNu_i_Sol^2$	43,500	6,897	11,970	177,783	212,400	41,623
$tdNu_i_ds0^3$	38,132	2,540	4,429	45,556	99,254	17,481
$tdNu_i_FMNsNui^4$	37,100	2,125	30,075	32,750	99,694	17,925
$trNu_i_Ex$ (I)	0,027	0,083	0,179	0,635	0,671	0,686
$trNu_i_Ex$ (II)	0,033	0,091	0,164	0,696	0,668	0,673
	Micronutriente					
	B	Fe	Mn	Zn	Cu	
	-----mg/dm ³ -----					
$dsNu_i_FMNmax$	2,833	133,750	4,3878	2,125	0,196	
nc_Sol	1,737	150,797	6,854	2,067	0,934	
$tdNu_i_ds0$	0,349	145,347	3,590	0,762	0,365	
$tdNu_i_FMNsNui$	0,555	133,750	4,125	0,630	0,293	
$trNu_i_Ex$ (I)	0,490	0,000	0,744	0,614	2,889	
$trNu_i_Ex$ (II)	0,416	0,983	0,621	0,676	3,272	

¹dose do nutriente i no fertilizante correspondente a máxima produtividade, ²nível crítico no solo, ³teor do nutriente i na dose zero, ⁴teor do nutriente i no fertilizante sem o nutriente em estudo

As taxas de recuperação dos nutrientes pelos extratores para alguns nutrientes, ficaram próximo dos valores encontrados em literaturas citadas como Da Matta (2012) estudando recomendação de adubação para violeta africana, encontrou (em %) para P 11, 89, K 80,44, S 40,04, Ca 72, 04, Mg 34,67, Zn 54,92, Fe 85,17 Mn 49, 28 e Cu 24. Stahringer (2013) em Ferticalc (Laranja), encontrou para Ca 0,76, Mg 0,80, B 0,71, Cu 0,39, Fe 0,35 e Mn 0,84.

4.3.2. Suprimento de nutrientes pelo solo

Apartir das taxas de recuperação dos nutrientes pelos extratores ($trNu_i_{Ex}$), foi possível chegar ao suprimento de nutrientes pelo solo da República de Angola ($suNu_i_{Sol}$), conforme foi indicado em material e métodos. O Ca foi o nutriente mais suprido pelo solo seguido por K e N (Quadro 30). Para o cálculo do suprimento de N foi preciso ajustar a taxa de recuperação pelo extrator, pois, o suprimento de N estava muito elevado o que é difícil acontecer levando em consideração as características do solo.

Quadro 30- Suprimento de nutrientes pelo solo da República de Angola

Variável	Macronutriente					
	N	P	S	K	Ca	Mg
	-----mg/dm ³ -----					
$tdNu_i_{Sol}^1$	21,600	3,00	3,00	31,20	60,00	13,40
$trNu_i_{Ext} (II)^2$	1,000	0,091	0,164	0,696	0,668	0,673
$suNu_i_{Sol}^3$	21,600	32,967	18,293	44,828	89,820	19,911

Variável	Micronutriente				
	B	Fe	Mn	Zn	Cu
	-----mg/dm ³ -----				
$tdNu_i_{Sol}$	0,28	15	4,2	0,75	0,54
$trNu_i_{Ext} (II)$	0,416	0,983	0,621	0,676	3,272
$suNu_i_{Sol}$	0,67	15,26	6,76	1,11	0,17

¹ teor disponível de nutriente no solo, ² taxa de recuperação dos nutrientes pelos extratores calculada na segunda forma em mg/dm³/mg/dm³, ³ Suprimento de nutrientes pelo solo

Os valores do suprimento dos nutrientes pelo solo da República de Angola apresentaram a mesma sequência dos valores encontrados no substrato LVAd (FUNARBE) da UFV, utilizado no experimento seguindo a ordem,

Ca > K > N > P > Mg > S para macronutrientes e Fe > Mn > Zn > B > Cu para micronutrientes por razão da semelhança das características edafo- climáticas dos dois países.

A dose recomendável de nutrientes do fertilizante multinutriente para a produção de mudas de cafeeiro na República de Angola é resultado do balanço Requerimento (Quadro 25) – suprimento (Quadro 30). ($drNu_i = rNu_i_{Pla} - suNu_i_{Slc}$).

A composição do FMN se obteve com a fórmula: $tNu_i_{FMN} = 10 \times drNu_i / drN$ e a dose recomendável deste fertilizante multinutrientes se calculou em base a dose recomendável e ao teor de N do FMN: $drFMN = 100 \times drN / tN_{FMN}$ (Quadro 31).

Quadro 31- Balanço Requerimento - Suprimento e dose recomendável do FMN

	Macronutriente					
	N	P	S	K	Ca	Mg
	-----mg/Pla-----					
<i>rNu_i_Pla</i>	153,70	49,40	44,57	306,50	181,20	31,79
<i>suNu_i_Sol</i>	21,60	32,97	18,29	44,83	89,82	19,91
<i>drNu_i</i>	132,10	16,43	26,28	261,67	91,38	11,87
<i>tNu_i_FMN%</i>	10,00	1,24	1,99	19,81	6,92	0,90
<i>drFMN</i>	1 321,04	1 321,04	1 321,04	1 321,04	1 321,04	1 321,04
	Micronutriente					
	B	Fe	Mn	Zn	Cu	
	-----mg/Pla-----					
<i>rNu_i_Pla</i>	3,33	32,86	3,43	2,00	0,40	
<i>suNu_i_Sol</i>	0,67	15,26	6,76	1,11	0,17	
<i>drNu_i</i>	2,66	17,60	-3,33	0,89	0,23	
<i>tNu_i_FMN%</i>	0,20	1,33	-0,25	0,07	0,02	
<i>drFMN2</i>	1 321,04	1 321,04	1 321,04	1 321,04	1 321,04	
<i>drFMN</i> 1 321,04 mg/Pla = mg/500 cm ³						

4.3.3 Balanço Requerimento - Suprimento e obtenção da dose do fertilizante multinutriente

O suprimento de nutriente pelo Mn foi superior em relação ao Requerimento, indicando que não há necessidade de complementação nutricional para o teor de Mn.

A dose recomendada do FMN para a produção de mudas de cafeeiro na qual representará a primeira aproximação de recomendação de adubação para a produção de mudas de boa qualidade na República de Angola é de 1 321,03 mg/Pla com os seguintes teores de nutrientes, (em %, m/m): N 10,00; P₂O₅ 2,83; S 1,99; K₂O 23,77; Ca 6,92; Mg 0,90; B 0,20; Fe 1,33; Mn 0,00; Zn 0,07 e Cu 0,02. As doses recomendáveis de Ca e Mg apresenta uma relação de 4,7:1 mols.

5. Recomendação de correção e fertilização de solo da República de Angola para a produção de mudas de cafeeiro

Para a produção de mudas de cafeeiro pelo Método Requerimento - Suprimento recomenda-se aplicar 1 321,037 mg/500 cm³ do fertilizante (FMN).

Para cumprir esta recomendação, para 1 m³ de substrato recomendaria aplicar 2,642 kg do fertilizante FMN. Porém, como não é possível aplicar o fertilizante FMN e não seria prático, a recomendação se realizaria utilizando o calcário e fonte de N, P e K fornecidos da seguinte forma:

Para o fornecimento de Ca e Mg recomenda-se usar o critério que melhor satisfaça a disponibilidade no solo para os dois nutrientes, para a produção de mudas de cafeeiro. Os mais conhecidos critérios em MG são os da neutralização do Al³⁺ e elevação dos teores de Ca²⁺ e de Mg²⁺, com a seguinte fórmula:

$NC = Y [Al^{3+} - (m_t \cdot t / 100)] + [X - (Ca^{2+} + Mg^{2+})] = 1,9 \text{ t/ha}$ em que $Y = 2,8$, $X = 2$ em lugar de 3,5 por se tratar de produção de mudas, $mt = 25 \%$ e o critério da Saturação por base com a seguinte fórmula:

$NC = T (Ve - Va) / 100 = 0,7 \text{ t/ha}$, em que $Ve =$ saturação por bases esperada para a cultura no caso do café é 60 %. Também foi adotado o critério do pH e da acidez potencial do solo⁽¹⁾. É um critério baseado em pesquisas recentes em que:

$$NC\text{-pH } 5,7 = 0,3039 ((5,7 - \text{pH}) H + Al)^{0,9028} = 0,265 \text{ t/ha}, \quad R^2 = 0,863$$

$$NC\text{-pH } 5,8 = 0,3750 ((5,8 - \text{pH}) H + Al)^{0,9127} = 0,6 \text{ t/ha}, \quad R^2 = 0,758$$

$$NC\text{-pH } 6 = 0,5163 ((6 - \text{pH}) H + Al)^{0,8591} = 1,2 \text{ t/ha}, \quad R^2 = 0,886$$

Considerando que para a produção de mudas de cafeeiro o Requerimento de Ca e Mg seria suficiente com $X = 2 \text{ cmol}_c / \text{dm}^3$ e não $3,5 \text{ cmol}_c / \text{dm}^3$, a NC pelo método de MG seria excessivo 3,4 t/ha. Como a NC obtidas com os outros critérios são insuficientes e tendo em conta que a NC para a produção de mudas deve estar limitada entre $2 \leq NC \leq H + Al$, recomenda-se a $NC = 2 \text{ t/ha}$ pelo que deve aplicar 1 kg/m³ de calcário na relação 4:1 mols de Ca:Mg (PRNT 100 %).

⁽¹⁾ Comunicação pessoal Welldy Teixeira., em Janeiro de 2017. Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, Brasil.

O fornecimento de N, P e K recomenda-se fornecer da seguinte forma (Quadro 31

Quadro 31- Fornecimento de N P K para a produção de mudas de cafeeiro

Nutriente	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
	-----g/m ³ -----		
Dose	264,207	74,770	628,020
Fertilizante	Ureia	SS	KCl
	-----g/m ³ -----		
Dose	574,36	415,388	1082,758

O P, recomenda-se aplicar 74,770 g/m³ de P₂O₅, apenas uma so vez na preparação do substrato.

O N, recomenda-se aplicar no solo 264,207 g/m³ de N do fertilizante, parcelado em três vezes, um terço durante a preparação do substrato, outro terço em cobertura seis mese depois da germinação das sementes e por ultimo outro terço para finalizar o tempo determinado para produção de mudas de cafeeiro.

O K, recomenda-se aplicar 628,020 g/m³ de K₂O, parcelado em três vezes semelhante ao N.

6. CONCLUSÕES

- A dose 1,404 no FMN foi que proporcionou maior acúmulo de matéria seca na parte aérea das mudas de cafeeiro.
- A maior limitação nutricional para a produção de mudas de cafeeiro é a deficiência de N.
- As taxas de recuperação de nutrientes pelas plantas, apresentaram valores baixos, devido ao sistema radicular das mudas de cafeeiro serem pouco desenvolvidas dificultando a absorção de nutrientes.
- As maiores taxas de recuperação de nutrientes tanto para extratores como para planta foram as de N e K.
- A dose de FMN recomendável para a produção de mudas de cafeeiro pelo Método Suprimento - Requerimento foi de 1 321,037 mg/Pla. Com os teores de N 10 %; P₂O₅ 2,83 %; S 1,99 %; K₂O 23,77 %; Ca 0,92 %; Mg 0,90 %; B 0,20 %; Fe 1,33%; Mn 0,00 %; Zn 0,07 % e Cu 0,002 %.
- O Ca e Mg recomenda-se aplicar em forma de calcário, usando o critério que melhor satisfaça a necessidade dos dois nutrientes no solo.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andrade, E. C. Calagem e adubação do café. Editora Aprenda fácil, Viçosa, MG, 2001.
- Antônio, J. O microcrédito como ferramenta para o relançamento da cultura de café na região agrícola do Libolo e Amboim (Angola). 2008. 111p. Dissertação mestrado universidade técnica de Lisboa, Lisboa, 2008
- Alvarez V., V. H. & Ferreira, J.G. Método Requerimento-Suprimento na produção de mudas de cafeeiro. In: Anais do XX Congresso Latinoamericano y XVI Congreso Peruano de la Ciencia del Suelo. Lima, Peru: SLCS/SPCS, 2014.
- Alvarez V., V.H.; Santos, A.F.; Santos, G.L.A.A. & Matta, P.M. Fertilização de plantas ornamentais pelo Método Requerimento-Suprimento: Proposição de técnica experimental. R. Bras. Ci. Solo, 38: 532-540, 2014.
- Alvarez V., V.H.; Barros, N.F.; Fontes, R.L.F.; Cantarutti, R.B. & Neves, J.C.L. Fertilidade do solo. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciências do Solo. p.91-132, 2007.
- Barros, N.F.; Novais, R.F.; Carmo, D.N. & Neves, J.C.L. Classificação nutricional de sítios florestais – Descrição de uma metodologia. R. Árvore, 10:106-112, 1986.
- Barros, N.F.; Novais, R.F. Teixeira, J.L. & Fernandes Filho, E.I. NUTRICALC 2.0 - Sistema para cálculo del balance nutricional y recomendación de fertilizantes para el cultivo de eucalipto. Bosque, 16: 129-131, 1995.
- Clemente, T.V. F.; Guimarães, J. R.; Carvalho, G. J. Faixas críticas de teores foliares de macronutrientes no cafeeiro em pós- plantio primeiro ano, p. 53-55, 2008.
- Da Matta, M. P. Recomendação de fertilizantes para a violeta africana de acordo com o Requerimento e Suprimento nutricional . 2013. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2013.
- Guimarães, P. T. G.; Garcia, A. W. R.; Alvarez V., V. H.; Prezotti, L. C.; Viana, A. S.; Miguel, A. E.; Malavolta, E.; Corrêa, J. B.; Lopes, A. S.; Nogueira, F. D.; Monteiro, A. V. C. Cafeeiro. In: Ribeiro, A. C.; Guimarães, P. T. G.; Alvarez V., V. H. (Ed.). Cafeeiro. 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. 260-270.
- Guimarães, P. T. G. Respostas do cafeeiro (*Coffea arabica* L. cv. Catuaí) à adubação mineral e orgânica em solos de baixa fertilidade do Sul de Minas Gerais. 1986. 140 p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1986.
- Gonsalvés, M.S. Guimarães, J. R. Carvalho, G.J. Brotel, P.E. Faixas críticas de teores foliares de macronutrientes de mudas de cafeeiro. 2008. 749 pg.
- Gotinjo, A. R.; Guimarães, J. R.; Carvalho, G.J. Crescimento e teor foliar de nutrientes em cafeeiro decorrente da omissão isolada e simultânea de Ca, B, Cu, e Zn, p.138-140, 2007
- Laviola, B. G. Dinâmica de macronutrientes em folhas, flores e frutos de cafeeiro arábico em três níveis de adubação. 2004. 111 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2004.

- Laviola, B. G.; Martinez, H. E. P.; Souza, R. B.; Alvarez V., V. H. Dinâmica de cálcio e magnésio em folhas e frutos de *Coffea arabica*. Revista Brasileira de Ciência do solo, v.31, n.1, p.319-329, 2007.
- Malavolta, E.; Rocha, M.; Yamada, T. (Ed.). Cultura do cafeeiro: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: Potafos, 1986. p. 136-274.
- Malavolta, E. Nutrição mineral e adubação do cafeeiro: colheitas econômicas máximas. São Paulo, Editora Agronômica Ceres, 1993. 210 p.
- Martinez, H. E. P.; Menezes, J. F. S.; Souza, R. B.; Alvarez V., 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, v.38, n.6, p.703-713, 2003.
- Martinez, H. E. P.; Neves, J. C. L. Nutrição Mineral, Calagem, Gessagem e Adubação. In: Sakiyama, N. S.; Martinez, H. E. P.; Tomaz, M. A.; Borém, A. (Eds.). Café Arábica do Plantio a Colheita, Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2015. p.64-103.
- Menezes, J. F. S. Avaliação do estado nutricional de cafeeiros de Minas Gerais. 2001. 198 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. 2001.
- Merle, M. La fertilisation en cultures fruitières exotiques. : Colloque tenu à Abidjan du 16 au 22 Février, Nutrition Minérale et Engrais. IFAC, IFCC, IRTC, IRC, IRHO et orstom. Abidjan, 43p. 1959.
- Neto, J. C.; Silva, M. C.; Mahinga, J. C.; Varzea, V. M. P (2008). Cooperação técnico científica entre o Instituto Nacional de café (INCA) e o centro de investigação das ferrugens do cafeeiro (CIFC/ IICT). 2008. 1º encontro Luso-Angolano em Economia, Sociologia e desenvolvimento rural. Universidade de Évora (16-18 Outubro 2008). (em impressão). Este trabalho foi apresentado sob forma de comunicação oral.
- Novais, R.F. & Smyth, T.J. Fósforo em solo e planta em condições tropicais. Viçosa, MG: UFV, DPS,1999. 399 p.
- .Prezotti, L. C. Sistema para recomendação de corretivos e de fertilizantes para a cultura do café arábica. 2001. 93 p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição Mineral de Plantas). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2001.
- Silva, E. B.; Nogueira, F. D.; Guimarães, P. T. G.; Furtuni Neto, A. E. Adubação potássica do cafeeiro: produção, faixas Críticas de nutrientes no solo e nas folhas. Ciência e Agrotecnologia, v.25, n.4, p.801-811, 2001.
- Stahinger, N. I. Sistema de recomendação de corretivos e fertilizantes para a cultura da laranjeira com base no balanço nutricional (FERTICALC - Laranja). 2013. 120 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2013.

8. ANEXOS

Tabela 1 - Análise de variância da produção de matéria seca

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio		
		mMS_Flh	mMS_Cau	mMS_PA
Bloco	3	1,067	0,053	1,594
Curva vs Ele. falta	1	0,498	0,016	0,689
Curva	7	0,324	0,014	0,47
Ele. Falta	7	0,189	0,007	0,271
Residuo	45	0,029	0,001	0,04
CV (%)		21,07	21,7	20,42

Tabela 2 - Análise de variância dos teores totais de macro e micronutrientes na folha em função dos tratamentos

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio					
		Macronutriente					
		N	P	S	K	Ca	Mg
Blocos	3	9,660	0,044	0,101	8,959	0,482	0,326
Curva vs El Fal	1	27,183	0,203	0,319	32,135	0,446	0,658
Curva	7	5,428	0,497	0,109	2,861	0,230	0,204
El Fal	7	46,812	0,111	0,044	29,619	5,382	1,121
Residuo	45	6,271	0,035	0,044	5,562	0,228	0,025
CV (%)		7,586	11,734	10,675	8,964	6,677	5,626
		Micronutriente					
		B	Fe	Mn	Zn	Cu	
Blocos	3	288,037	1940,798	9245,440	6,988	3,964	
Curva vs El Fal	1	146,213	10,240	1979,138	4,085	0,481	
Curva	7	748,972	390,505	470,278	4,136	1,642	
El Fal	7	627,488	1581,588	6089,149	8,674	4,725	
Residuo	45	83,243	963,243	263,972	2,779	1,435	
CV (%)		13,699	21,191	9,106	17,643	12,801	

Tabela 3 Análise de variância dos teores totais de macro e micronutrientes no caule em função dos tratamentos

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio					
		Macronutriente					
		N	P	S	K	Ca	Mg
Blocos	3	1,138	0,047	1,083	31,342	1,168	0,295
Curva vs El Fal	1	1,207	0,203	0,000	4,655	0,222	0,000
Curva	7	1,586	0,530	0,088	34,359	1,200	0,031
El Fal	7	14,203	0,036	0,103	23,518	1,025	0,594
Residuo	45	1,186	0,076	0,056	3,487	0,246	0,079
CV (%)		6,936	21,765	15,614	9,140	11,798	10,772
		Micronutriente					
		B	Fe	Mn	Zn	Cu	
Blocos	3	519,469	17033,562	1925,488	8,067	11,236	
Curva vs El Fal	1	52,472	21059,488	2522,613	188,479	18,415	
Curva	7	124,300	13170,447	233,560	73,733	45,728	
El Fal	7	64,877	1127,153	2539,263	159,068	15,916	
Residuo	45	19,510	2919,127	90,701	10,035	3,934	
CV (%)		8,777	37,836	7,965	27,017	14,123	

Tabela 4 Análise de variância do conteúdo de nutrientes da parte aérea da planta em função dos tratamentos

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio					
		Macronutriente					
		N	P	S	K	Ca	Mg
Blocos	3	1292,04	3,74	5,57	1177,43	77,19	8,93
Curva vs El Fal	1	880,89	2,54	3,93	276,37	45,01	8,47
Curva	7	450,83	2,18	2,00	371,55	17,86	4,35
El Fal	7	318,33	1,04	1,18	187,11	18,26	4,86
Residuo	45	32,02	0,11	0,15	31,97	2,20	0,30
CV (%)		19,14	21,33	20,37	22,53	22,65	19,94
		Micronutriente					
		B	Fe	Mn	Zn	Cu	
Blocos	3	4935,64	43221,48	83087,39	214,70	183,51	
Curva vs El Fal	1	2229,18	14317,70	13426,94	146,49	72,11	
Curva	7	3570,40	8138,65	13142,99	79,77	66,03	
El Fal	7	697,13	6642,51	16407,93	58,27	30,72	
Residuo	45	228,90	2678,27	2228,46	14,79	5,21	
CV (%)		24,38	36,03	27,94	38,09	22,36	

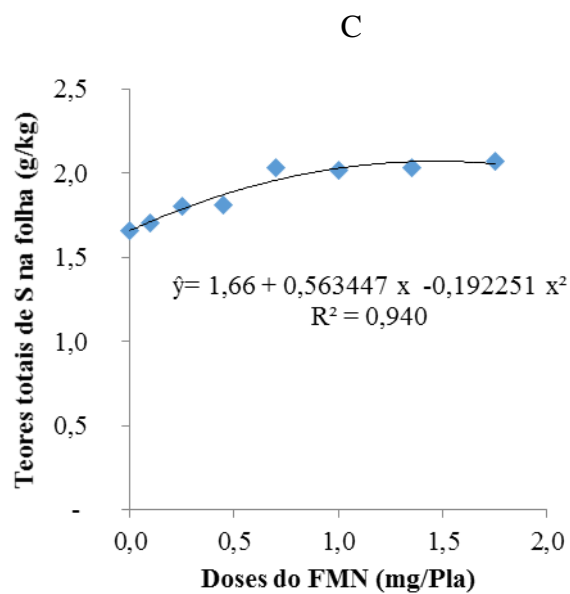
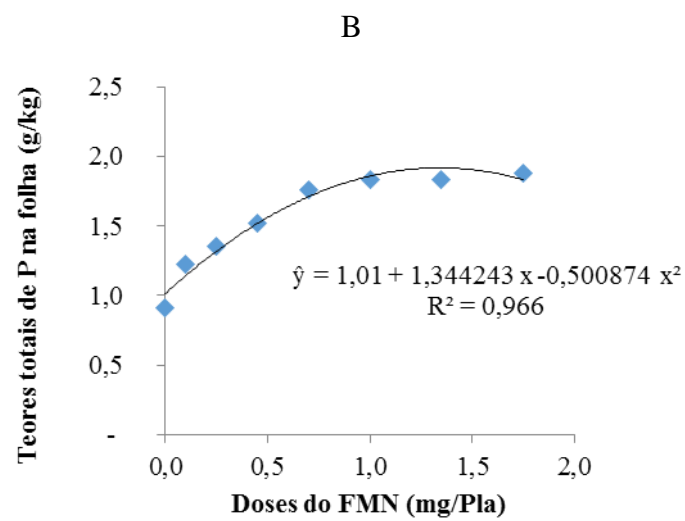
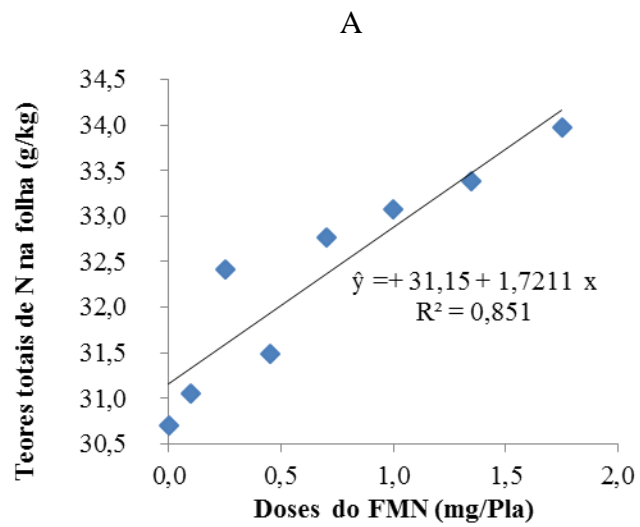


Figura 1: Equação de regressão dos teores totais de (A)N ; (B) P e (C) S na folha em função das doses do FMNs

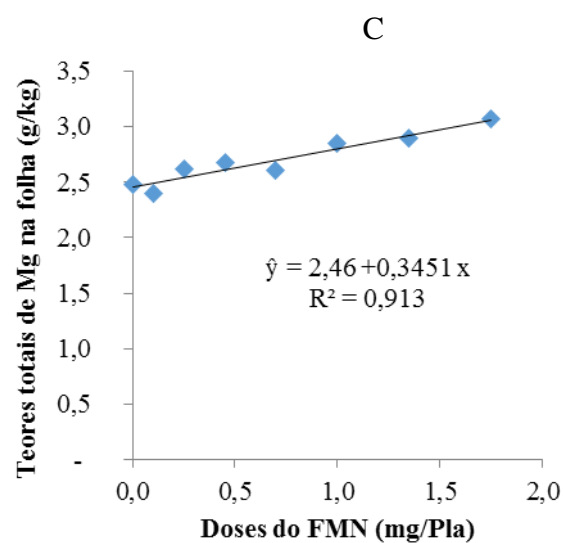
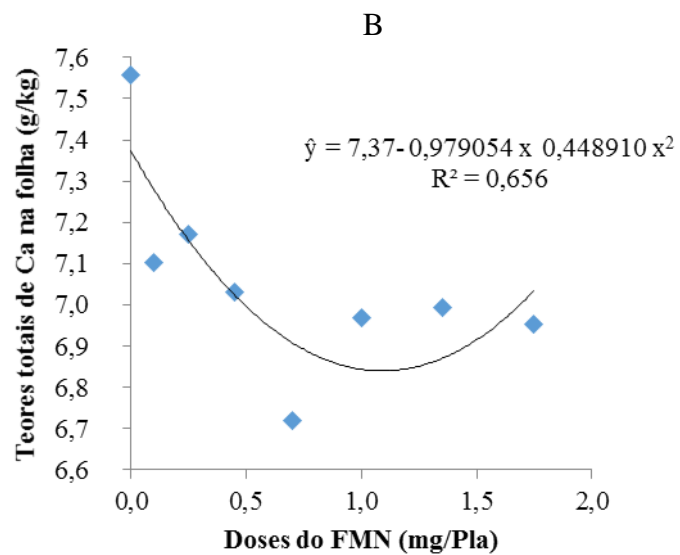
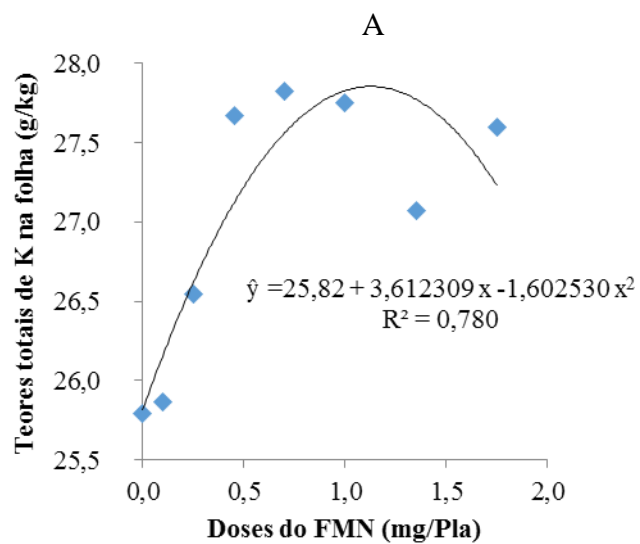


Figura 2: Equação de regressão dos teores totais de (A) K ; (B) Ca e (C) Mg na folha em função das doses do FMNs

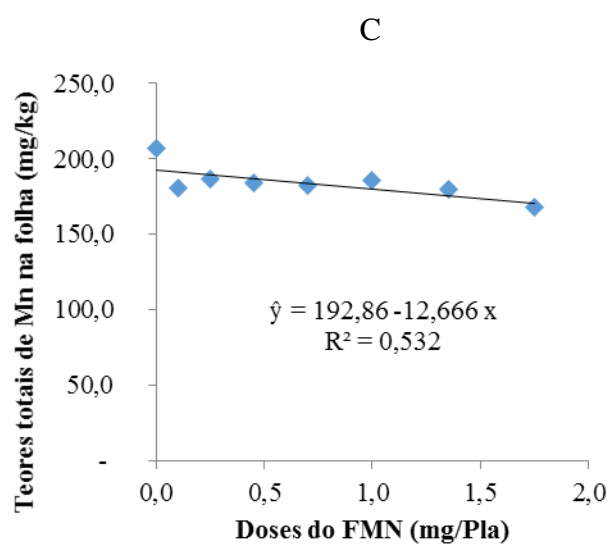
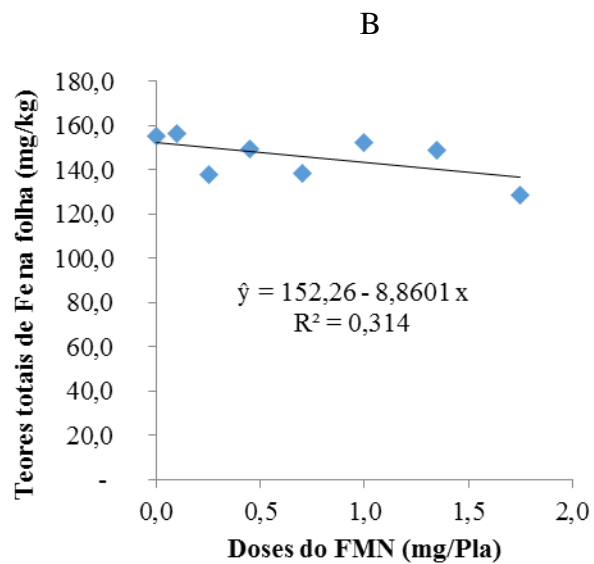
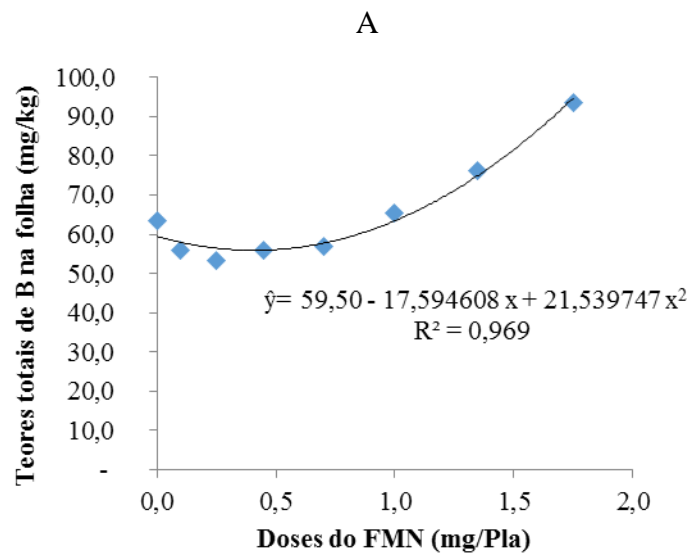


Figura 3: Equação de regressão dos teores totais de (A) B ; (B) Fe e (C) Mn na folha em função das doses do FMNs

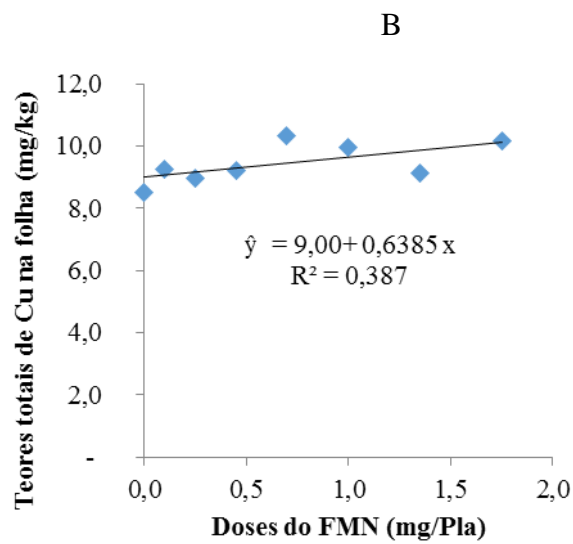
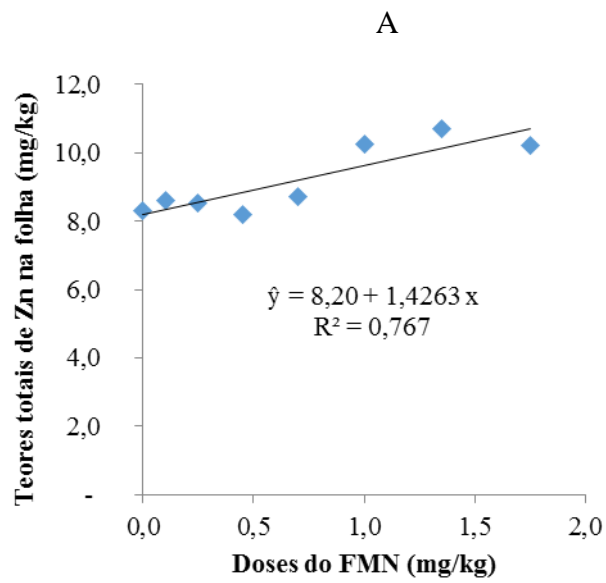


Figura 4: Equação de regressão de teores totais de (A) Zn e (B) Cu na folha em função das doses do FMN

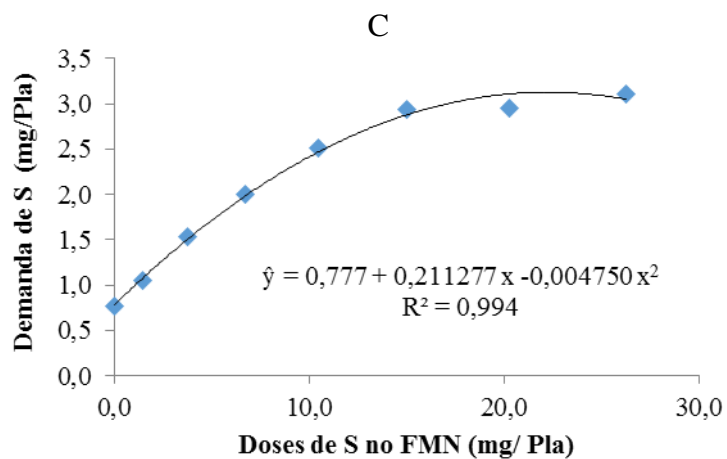
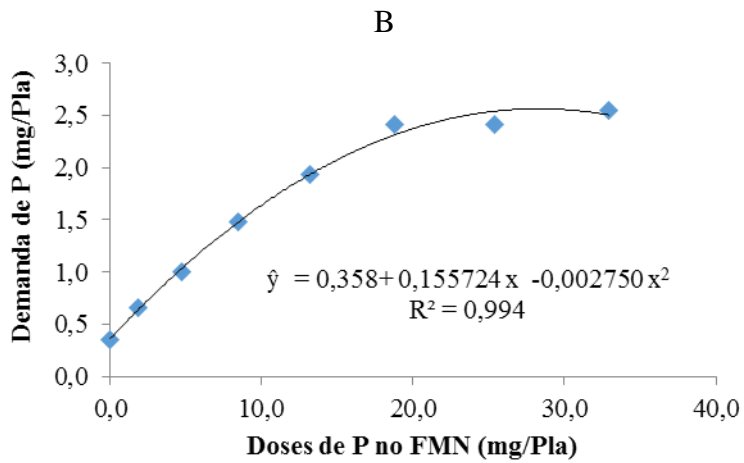
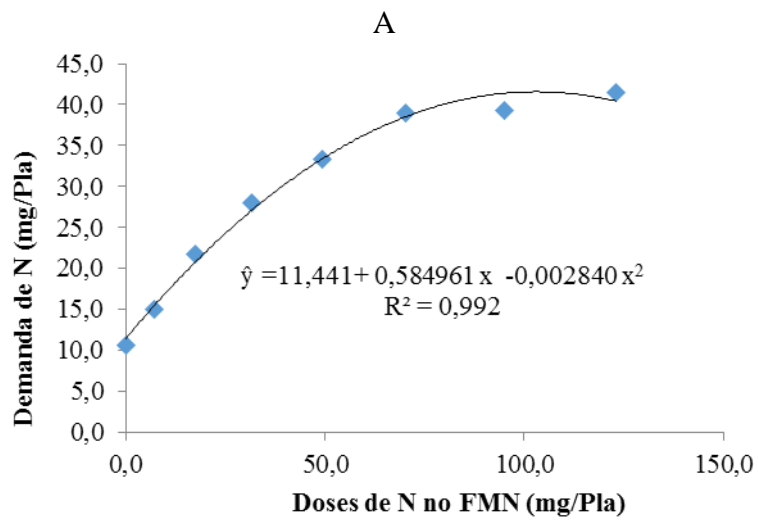


Figura 5: Equação de regressão da demanda de (A) N; (B) P e (C) S pela planta em função dos nutrientes respectivamente no FMN

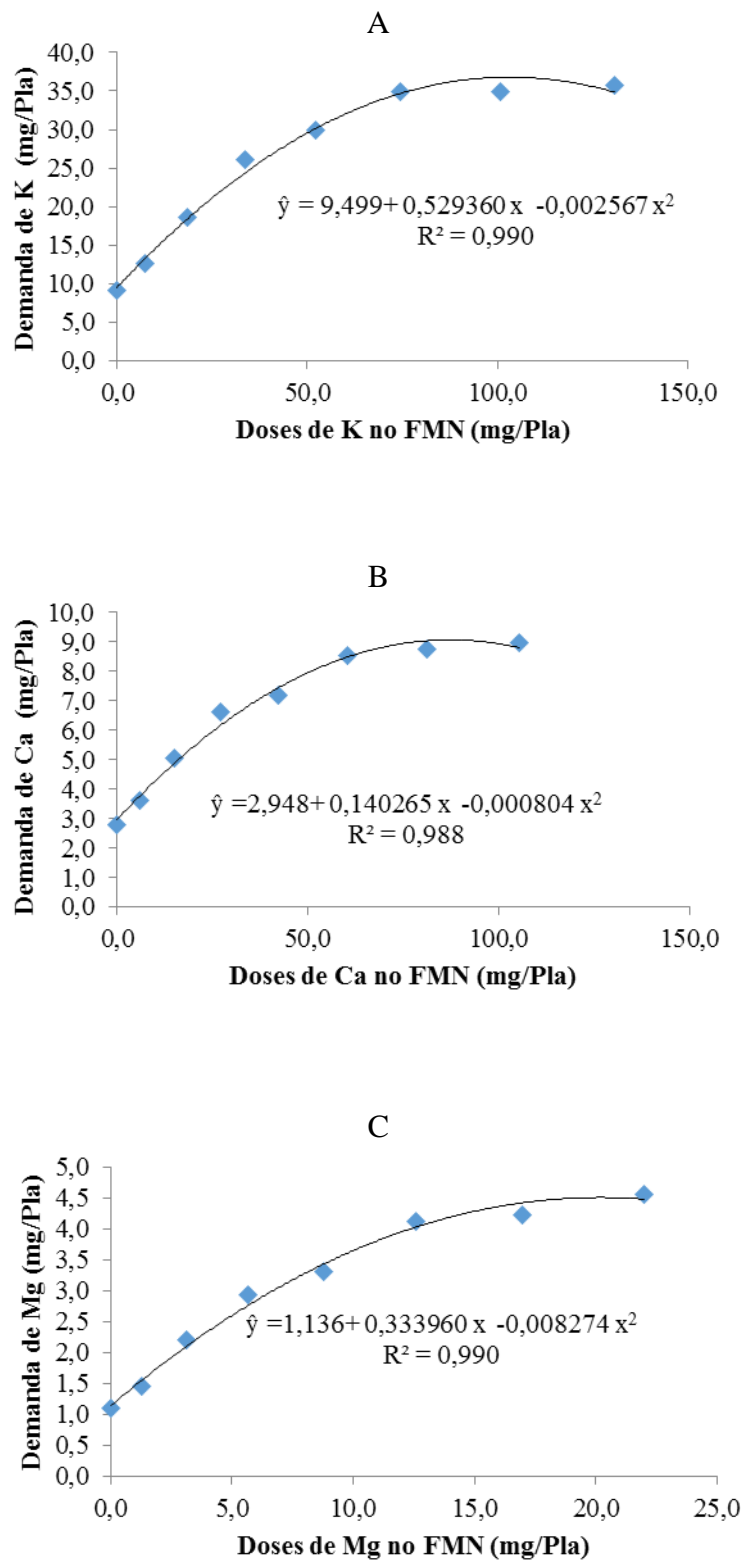


Figura 6: Equação de regressão da demanda de (A) K; (B) Ca e (C) Mg pela planta em função dos nutrientes respectivamente no FMN

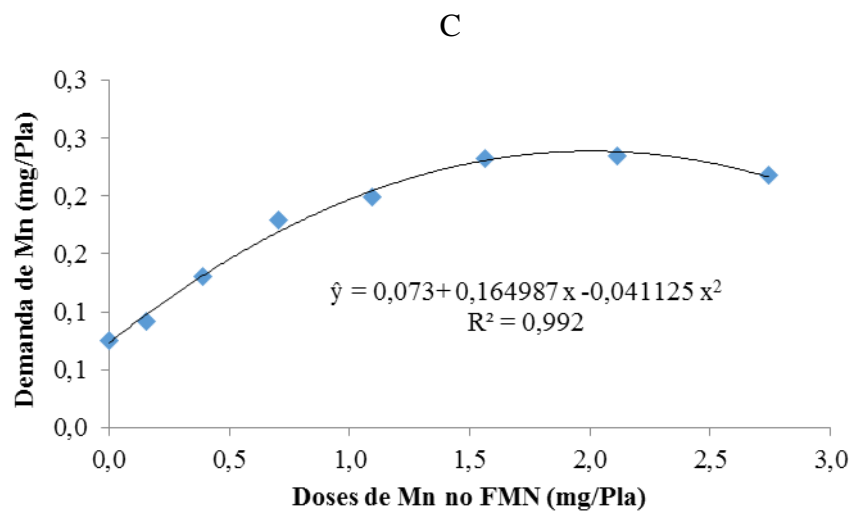
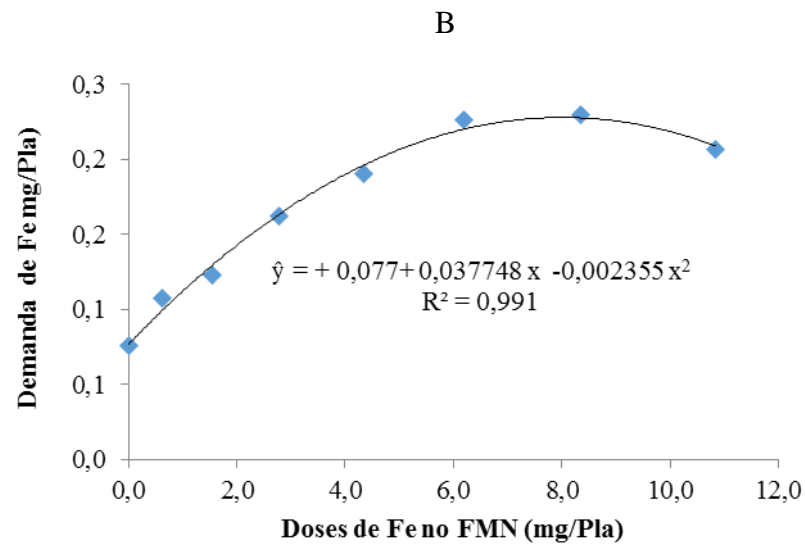
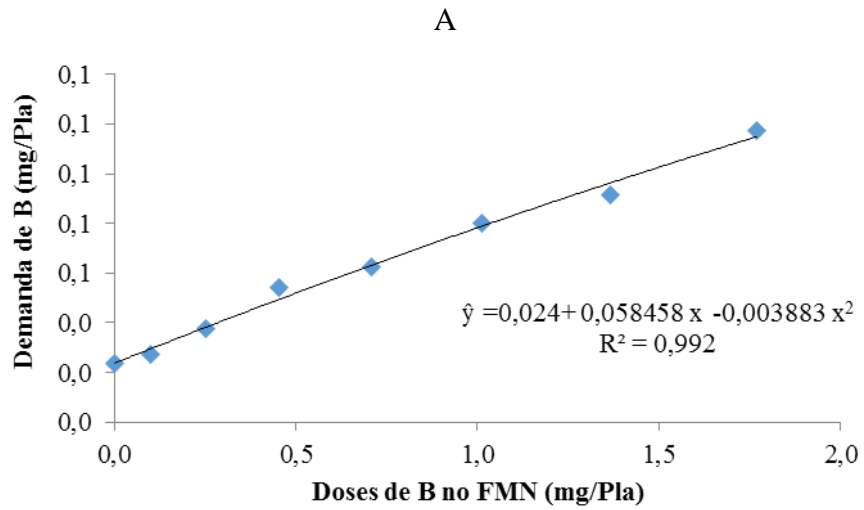


Figura 7: Equação de regressão da demanda de (A) B; (B) Fe e (C) Mn pela planta em função dos nutrientes respectivamente no FMN

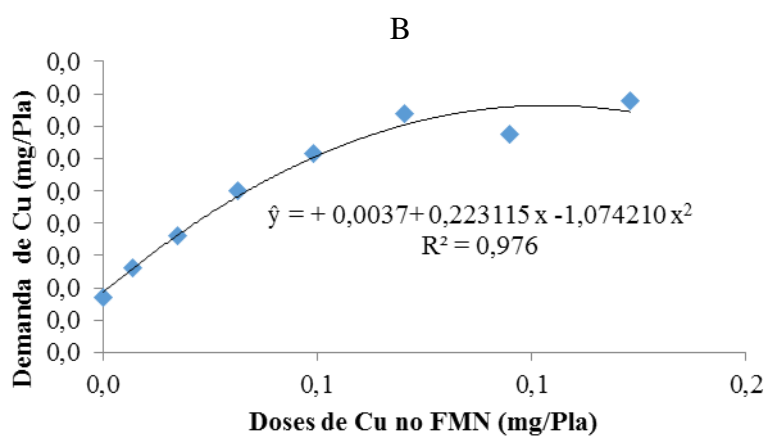
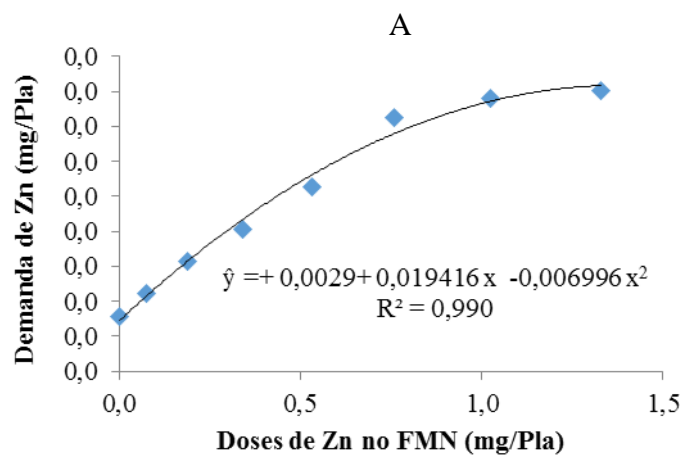


Figura 8: Equação de regressão da demanda de (A) Zn; e (B) Cu pela planta em função dos nutrientes respectivamente no FMN

Tabela 5 Análise de variância dos teores de macro e micronutrientes disponível no solo em função dos tratamentos

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio					
		Macronutriente					
		N	P	S	K	Ca	Mg
Blocos	3	0,471	2,432	107,026	6495,891	1996,597	82,603
Curva vs El Fal	1	0,442	163,200	393,526	18057,000	44272,158	806,927
Curva	7	0,216	21,592	62,554	14025,000	11152,798	532,504
El Fal	7	0,279	23,546	70,426	9387,000	7935,429	228,955
Residuo	45	0,637	1,121	15,721	420,368	683,536	36,132
CV (%)		38,974	17,452	11,211	15,942	14,476	18,458
		Micronutriente					
		B	Fe	Mn	Zn	Cu	
Blocos	3	0,018	310,937	2,494	0,020	0,021	
Curva vs El Fal	1	3,191	4086,406	3,803	0,381	0,284	
Curva	7	1,581	1169,974	9,407	1,405	0,268	
El Fal	7	0,579	1217,029	3,174	0,648	0,180	
Residuo	45	0,166	1579,176	1,154	0,080	0,027	
CV (%)		32,161	27,827	19,652	18,960	22,749	

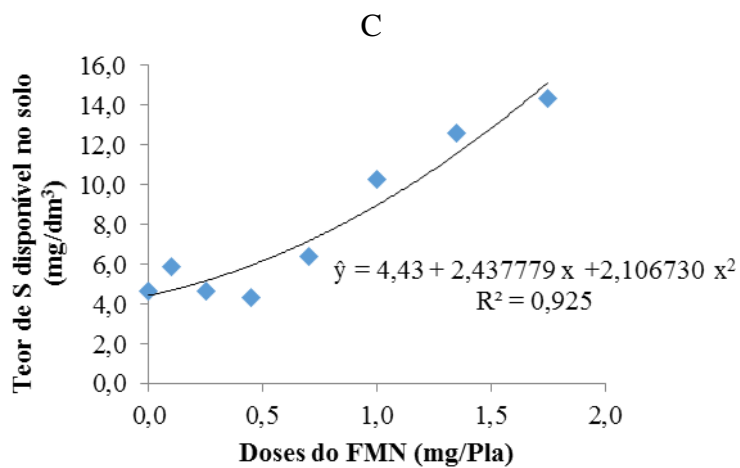
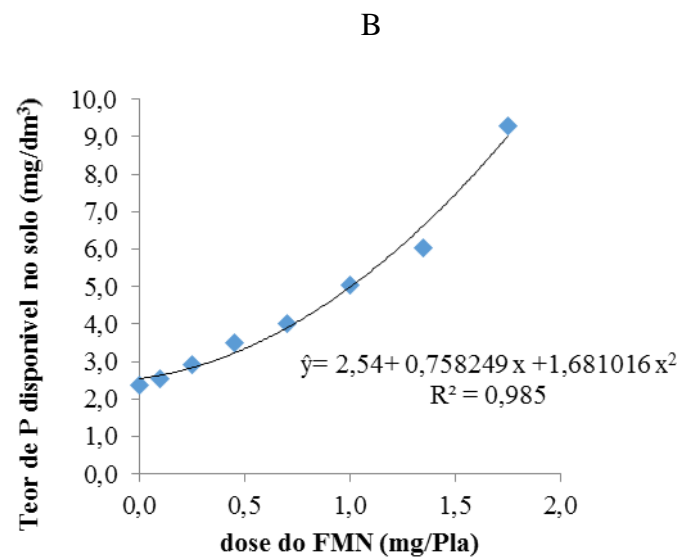
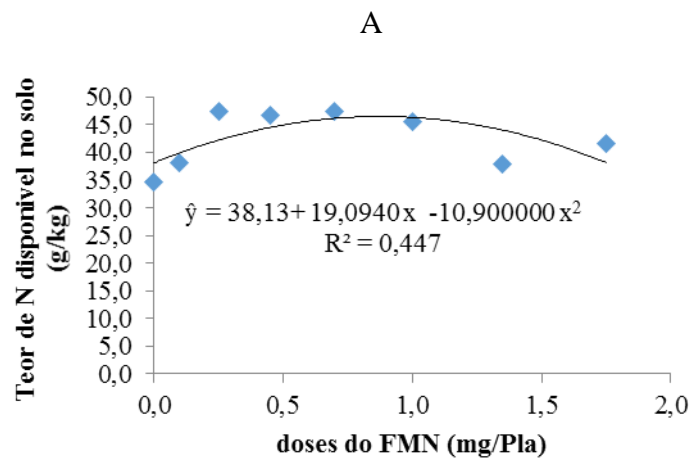


Figura 9: Equação de regressão do teor disponível de (A) N; (B) P e (C) S em função das doses do FMN

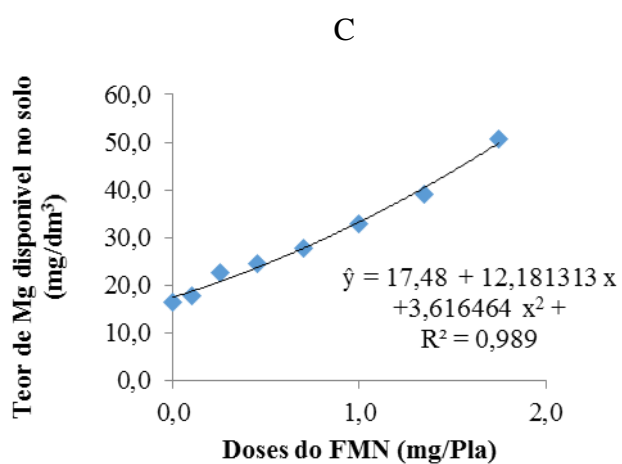
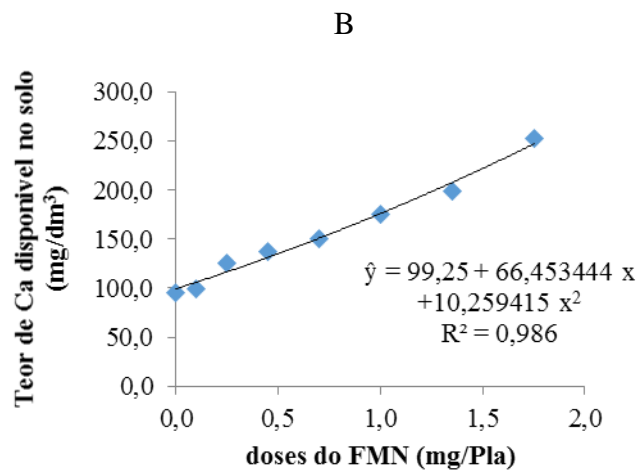
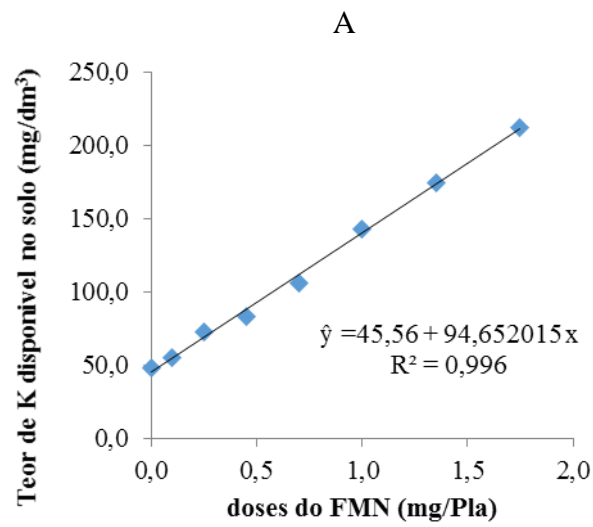


Figura 10: Equação de regressão do teor disponível de (A) K; (B) Ca e (C) Mg em função das doses do FMN

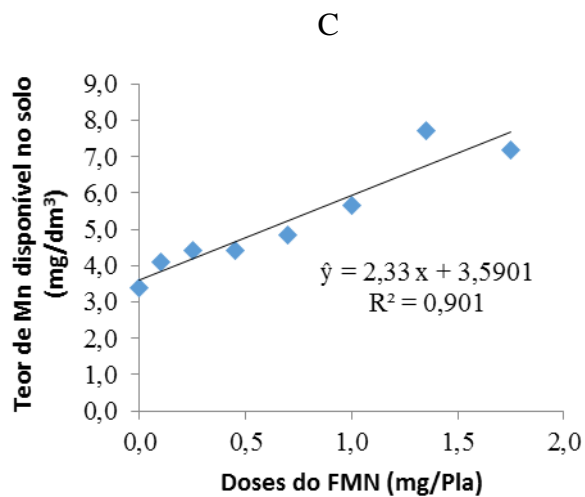
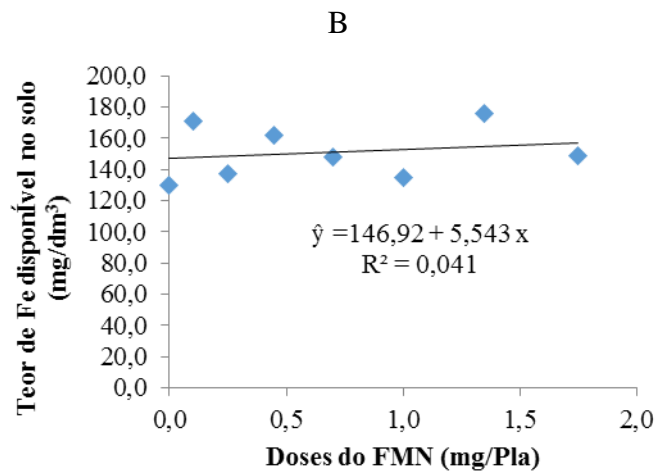
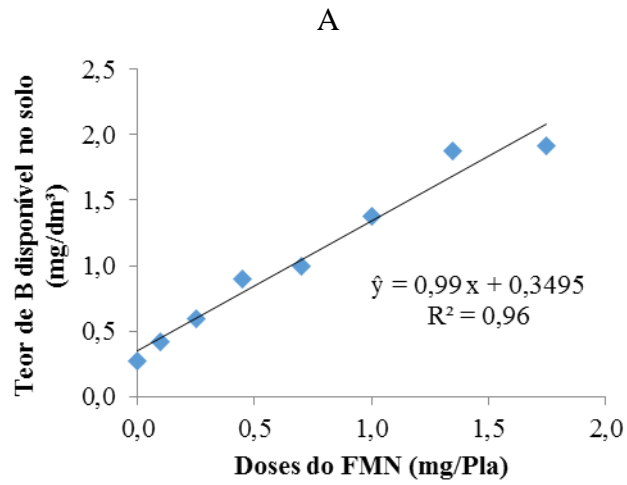


Figura 11: Equação de regressão do teor disponível de (A) K; (B) Ca e (C) Mg em função das doses do FMN

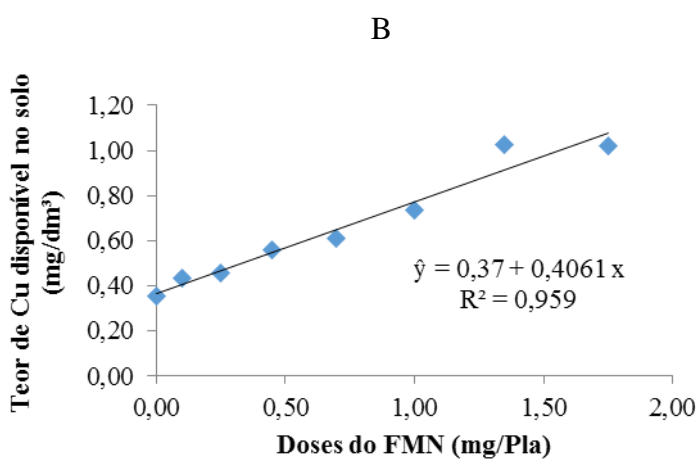
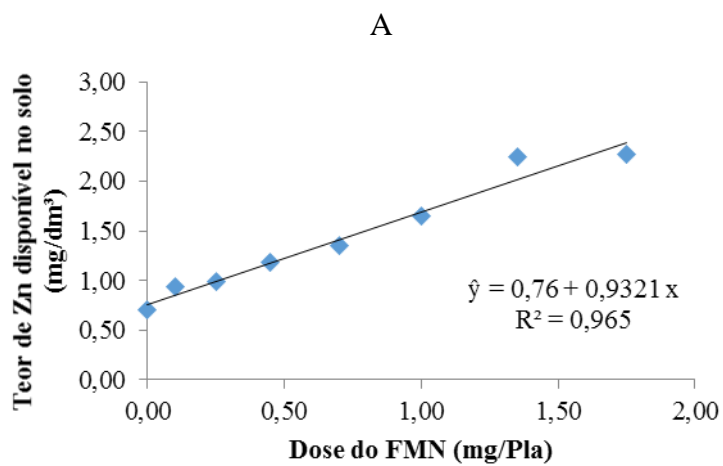


Figura 12: Equação de regressão do teor disponível de (A) Zn e: (B) Cu em função das doses do FMN