

UNIVERSIDADE FEDERAL DE RONDÔNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS

ALANA MARA KOLLN

**MANEJO NUTRICIONAL DE PLANTAS MATRIZES DE *Coffea canephora*
DESTINADAS A PRODUÇÃO DE ESTACAS**

ROLIM DE MOURA

2020

ALANA MARA KOLLN

**MANEJO NUTRICIONAL DE PLANTAS MATRIZES DE *Coffea canephora*
DESTINADAS A PRODUÇÃO DE ESTACAS**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais, sob orientação do pesquisador Dr. Marcelo Curitiba Espindula.

ROLIM DE MOURA

2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Fundação Universidade Federal de Rondônia
Gerada automaticamente mediante informações fornecidas pelo(a) autor(a)

K813m Kolln, Alana Mara.

Manejo nutricional de plantas matrizes de *Coffea canephora* destinadas a produção de estacas / Alana Mara Kolln. -- Rolim de Moura, RO, 2020.

58 f. : il.

Orientador(a): Prof. Dr. Marcelo Curitiba Espindula

Coorientador(a): Prof.^a Dra. Larissa Fatarelli Bento de Araújo.

Dissertação (Mestrado Acadêmico em Ciências Ambientais) - Fundação Universidade Federal de Rondônia

1.Robusta. 2.Conilon. 3.Jardim clonal. 4.Nutrientes. I. Espindula, Marcelo Curitiba. II. Título.

CDU 633.73

Bibliotecário(a) Nágila N. Chaves

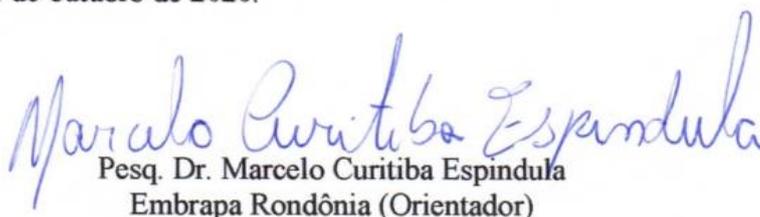
CRB 6/363

ALANA MARA KOLLN

**MANEJO NUTRICIONAL DE PLANTAS MATRIZES DE *Coffea canephora*
DESTINADAS A PRODUÇÃO DE ESTACAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais, sob a orientação do pesquisador Dr. Marcelo Curitiba Espindula.

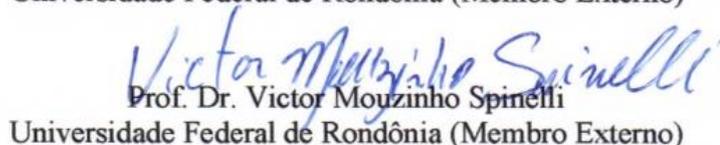
APROVADA: 01 de outubro de 2020.


Pesq. Dr. Marcelo Curitiba Espindula
Embrapa Rondônia (Orientador)


Dra. Larissa Fatarelli Bento de Araújo
Pós doutoranda PGCA (Coorientadora)


Pesq. Dr. Rodrigo Barros Rocha
Embrapa Rondônia (Membro interno)


Prof. Dra. Marcela Campanharo
Universidade Federal de Rondônia (Membro Externo)


Prof. Dr. Victor Mouzinho Spinelli
Universidade Federal de Rondônia (Membro Externo)

Ao meu esposo,
Aos meus pais,
DEDICO.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela oportunidade de aprimoramento moral, intelectual e profissional.

Ao Dr. Marcelo Curitiba Espindula pela orientação, pela acreditar em mim, pelas críticas e elogios, por todo o conhecimento repassado e por dedicar seu tempo nesta orientação.

A Larissa Fatarelli Bento de Araújo, por sua amizade, conselhos e toda a sua contribuição como coorientadora.

À equipe de profissionais do Campo experimental da EMBRAPA em Ouro Preto do Oeste – RO e do laboratório de Análises de Solos e Tecidos da EMBRAPA em Porto Velho – RO, pelo imenso esforço dedicado, colaborando com o sucesso desta pesquisa.

Ao Centro de Pesquisa Agroflorestral de Rondônia – EMBRAPA, pela oportunidade de execução do trabalho.

À Universidade Federal de Rondônia – UNIR, por possibilitar a realização do curso de Pós Graduação em Ciências Ambientais – PGCA.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais pelos preciosos ensinamentos.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia – IFRO, por incentivar a capacitação e oportunizar a conciliação das atividades laborais com as de mestranda.

A minha família, por me incentivar sempre, apoiando emocionalmente nessa jornada.

Aos colegas de pós-graduação que demonstraram companheirismo e amizade nessa jornada.

E a todas as pessoas que participaram direta ou indiretamente desta conquista.

Muito Grata.

RESUMO

Na propagação vegetativa de cafeeiros *Coffea canephora* são utilizados propágulos vegetativos, denominados estacas, que são provenientes de jardins clonais. Dessa forma, o manejo nutricional deste jardim deve ser planejado para que as plantas produzam o maior número de estacas possível e que estas estacas estejam nutricionalmente equilibradas. Assim, o objetivo nesta proposta foi avaliar o efeito de doses crescentes de fertilizantes nitrogenados em plantas matrizes de *C. canephora* sobre a produção de propágulos vegetativos e sobre o crescimento de mudas clonais. Para isso, o estudo foi dividido em duas etapas: na primeira, foram utilizados cafeeiros *C. canephora* variedade botânica Robusta, conduzidas em jardim clonal pertencente ao Programa de Melhoramento Genético da Embrapa-RO, onde as parcelas foram compostas por sete doses de nitrogênio (0; 50; 100; 150; 200; 250 e 300 kg nitrogênio por hectare por ciclo, aplicado na forma de ureia), divididas em quatro aplicações, durante 150 dias. Nesta fase, a produção de estacas foi avaliada em duas épocas, janeiro e junho de 2019. Já na segunda etapa, que teve como objetivo avaliar o crescimento das mudas, foi mensurado a massa das estacas, conteúdo nutricional das estacas e a produção de mudas, por meio de análise de crescimento, ao zero; 48; 61; 80; 101; 122; 143 e 164 dias após o estaqueamento – DAE, e análise das características vegetativas, aos 122 DAE. Concluiu-se que no período de setembro a janeiro, os cafeeiros *C. canephora* produzem maior quantidade de massa vegetativa e, conseqüentemente, de propágulos vegetativos, que no período de janeiro a junho, nas condições da Amazônia Sul Ocidental. As concentrações de nutrientes nos tecidos variam com a época do ano em razão de disponibilidade de nutrientes no solo e com a quantidade de massa seca acumulada. Aumento das doses de nitrogênio resulta em incremento de massa vegetativa, de propágulos e das concentrações de nitrogênio e potássio, mas não afetam os teores de fósforo, cálcio, magnésio e enxofre nos propágulos vegetativos de *C. canephora* e, independentemente da dose de N aplicada, os teores de nutrientes nas estacas segue a ordem K>N>Ca>P>Mg>S. O conteúdo de N, K na estaca aumenta enquanto o conteúdo de Ca diminui e os teores de P, Mg e S não são alterados com o incremento de doses de nitrogênio, aplicados na forma de ureia, em plantas matrizes de cafeeiros *C. Canephora*. Estacas crescidas com maiores doses de N dão origem a mudas com maior comprimento e diâmetro de caule, volume de raízes, área foliar e massa seca da parte aérea e total.

Palavras-chave: Robusta, Conilon, Jardim clonal, Nutrientes.

ABSTRACT

The vegetative propagation of *Coffea canephora* coffee plants uses vegetative propagules, called cuttings, which come from clonal gardens. In this way, the nutritional management of this garden might be planned so that the plants produce the largest number of cuttings possible and nutritionally balanced. The objective of this proposal was to evaluate the effect of nitrogen doses of fertilizers on *C. canephora* parent plants on the production of vegetative propagules and on the growth of clonal seedlings. The experiment was divided into two stages: in the first, *C. canephora* Robusta botanical variety coffee trees were used, performed on clonal garden of genetic improvement program of Embrapa-RO. the plots were composed of seven nitrogen doses (0 ; 50; 100; 150; 200; 250 and 300 kg nitrogen per hectare per cycle, applied as urea form), divided into four applications. The cuttings production was evaluated in two times, January and June 2019. In the second stage, the seedlings growth was measured from the parameters: the cuttings mass, the nutritional content of cuttings and the seedlings production, with analysis of growth, in days zero; 48; 60; 81; 102; 123; 140 and 160 after staking and analysis of vegetative characteristics, at 123 DAE. Between September and January, *C. canephora* coffee trees produce a greater amount of vegetative mass and, consequently, of vegetative propagules, than between January and June, under the conditions of the South Western Amazon. In the way, the nutrients concentrations in the tissues change with the time of the year due to the nutrients availability in the soil and with the amount of accumulated dry mass. Increased nitrogen doses result in an increase in vegetative mass, propagules and nitrogen and potassium concentrations, but do not affect the phosphorus, calcium, magnesium and sulfur levels in the vegetative propagules of *C. canephora* and, regardless of the N dose applied. The nutrient contents in the cuttings follows the order $K > N > Ca > P > Mg > S$. The N and K contents in the cutting increases while the content of Ca decreases and the P, Mg and S levels are not altered with the increase of nitrogen doses, applied in plants of coffee plants *C. Canephora*. The results indicated a significant relationship between higher N doses and production of seedlings with greater length and diameter of stem, volume of roots, leaf area and dry mass of the aerial part and total.

Key words: Robusta, Conilon, Clonal garden, nutrients

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL	10
REFERÊNCIAS	12
2 PRODUÇÃO DE ESTACAS CLONAIAS POR PLANTAS MATRIZES DE <i>Coffea canephora</i> SOB DOSES CRESCENTES DE NITROGÊNIO.....	15
RESUMO.....	15
ABSTRACT	16
2.1 Introdução	17
2.2 Material e Métodos.....	18
2.3 Resultados	24
2.4 Discussão	27
2.5 Conclusões	31
REFERÊNCIAS	32
3 ADUBAÇÃO NITROGENADA EM PLANTAS MATRIZES INFLUENCIA O CRESCIMENTO E A QUALIDADE DE MUDAS CLONAIAS DE CAFEEIROS. 36	
RESUMO.....	36
ABSTRACT	37
3.1 Introdução	38
3.2 Material e Métodos.....	39
3.3 Resultados	44
3.4 Discussão	50
3.5 Conclusões	54
REFERÊNCIAS	55
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	59

1 INTRODUÇÃO GERAL

A cafeicultura é uma das principais atividades econômicas agrícolas do Brasil, que é o maior produtor e exportador mundial do grão (OIC, 2020). As espécies *Coffea arabica* e o *Coffea canephora* são produzidas em vários estados brasileiros, mas, na Amazônia Ocidental, o *C. canephora* é a principal espécie cultivada por ter melhor adaptação morfofisiológicas as condições climáticas (ROCHA et al., 2015). O cultivo dessa espécie apresenta relevância econômica, pois, é umas das principais fontes de renda nas pequenas propriedades rurais desta região (MARCOLAN et al., 2009). Neste contexto, conforme a renda aumenta mediante o desenvolvimento da cafeicultura, as condições sociais dos pequenos produtores são melhoradas. Além disso, a forma como o cultivo é realizado por esses agricultores colabora para a redução dos impactos ambientais na produção agrícola, com o uso racional de insumos agrícolas como agroquímicos e fertilizantes (OLIVEIRA e ARAÚJO, 2015; PINTO et al., 2017).

O *C. canephora* é uma espécie perene que possui porte arbustivo, caule lenhoso e que apresenta alogamia obrigatória (FERRÃO et al., 2007a). Por apresentar fecundação cruzada, seus descendentes possuem alta variação genética, o que acarreta lavouras heterogêneas e torna o manejo do cultivo mais trabalhoso e não adequado a necessidade da cultura (ROCHA et al., 2015; RAMALHO et al., 2016). Em razão dessas características, as lavouras tradicionais de origem seminal, vem sendo renovadas e substituídas por lavouras produzidas a partir de mudas propagadas vegetativamente (ESPINDULA et al., 2017; DALAZEN et al., 2019).

As lavouras oriundas da propagação vegetativa apresentam características de uniformidade e precocidade na formação e produção (FONSECA et al., 2017), o que resulta em incremento na produção e renda nestas áreas (PARTELLI et al., 2014). Com o uso das técnicas de reprodução assexuada as características genéticas da planta matriz são mantidas em seus descendentes (PARTELLI et al., 2006; ANDRADE JUNIOR et al., 2013; RAMALHO et al., 2016). E, dentre ele a propagação vegetativa sendo a estaquia a principal forma utilizada para o *C. canephora* (PARTELLI et al., 2006; FERRÃO et al., 2007b, VERDIN FILHO et al., 2014). Nesta técnica, o propágulo vegetativo, ou seja, a estaca, é seccionada de hastes ortotrópicas retiradas de plantas matrizes e cultivadas em recipientes de polietileno rígido ou flexíveis contendo substrato para a regeneração de uma nova, popularmente conhecida como clone (ESPINDULA et al., 2018).

Essas matrizes são cultivadas em um jardim clonal, também conhecido como campo de plantas matrizes, e são compostas por plantas que possuem características de interesse (ESPINDULA et al, 2015) como produtividade, resistência a doenças, déficit hídrico e, também, possibilitam a produção de estacas durante todo o ano (CARVALHO e SILVA, 2012). Como nesses jardins clonais objetiva-se produzir material para propagação vegetativa, o seu manejo deve ser diferente do cultivo convencional em que o objetivo é a produção de grãos. Portanto, além da seleção de uma matriz, cuidados referentes as condições ambientais e de manejo nesses campos devem ser tomados, pois refletem nas características do propágulo vegetativo (BAZONI et al., 2020).

Dentre os fatores ambientais que podem ser manejados está a adubação dos jardins clonais. A adubação deve suprir as necessidades nutricionais das plantas, pois reflete diretamente na produção das estacas, número e qualidade fisiológica e, conseqüentemente, na produção e qualidade das mudas (ESPINDULA et al., 2015). Neste contexto, um dos nutrientes essenciais e mais exigidos pelo cafeeiro é o nitrogênio (N) (PREZOTTI; BRAGANÇA, 2013; DUBBERSTEIN et al., 2016; COVRE et al., 2018), por participar de diversos processos fisiológicos (TAIZ et al., 2017) e estimular o crescimento vegetativo (COLODETTI et al., 2015; MACHADO et al., 2016). A falta deste nutriente pode reduzir a capacidade fotossintética (MENDES et al., 2013), o crescimento, a produção de biomassa e, conseqüentemente, a produtividade (KRAISER et al., 2011).

Assim, devido à importância deste nutriente no desenvolvimento do cafeeiro, especialmente para produção de mudas, e em virtude de informações insuficientes quanto à sua exigência deste nutriente por plantas matrizes em jardins clonais objetivou-se avaliar o efeito de doses crescentes de fertilizante nitrogenados em plantas matrizes de *C. canephora* na produção de propágulos vegetativos e no crescimento de mudas clonais.

REFERÊNCIAS

BAZONI, P. A.; ESPINDULA, M. C.; DE ARAÚJO, L. F.; VASCONCELOS, J. M., & CAMPANHARO, M. Production of cuttings and nutrient export by *Coffea canéfora* in different periods in the Southwestern Amazon. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 24, n. 3, p. 162-169, 2020.

BRAGANÇA, S. M.; MARTINEZ, H. E. P.; LEITE, H. G.; SANTOS, L. P.; SEDIYAMA, C. S.; ALVAREZ V., VH; LANI, JA Accumulation of Macronutrients for the Conilon Coffee Tree, **Journal of Plant Nutrition**, v. 31, 103-120, 2008.

COLODETTI, T. V.; RODRIGUES, W. N.; MARTINS, L. D.; BRINATE, S. V. B.; TOMAZ, M. A.; AMARAL, J. F. T. Nitrogen availability modulating the growth of improved genotypes of *Coffea canephora*. **African Journal of Agricultural Research**, v. 10, n. 32, p. 3150-3156, 2015.

COVRE, A. M.; PARTELLI, F. L.; BONOMO, R.; TOMAZ, M. A.; RAMALHO, J. C. Impacts of water availability on macronutrients in fruit and leaves of conilon coffee, **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.53, n. 9, p. 1025-1037, 2018.

CARVALHO, J. M. F. C.; SILVA, M. M. de A. Plantas Matrizes na propagação vegetativa. Campina Grande: Embrapa Algodão, **Documentos**, n. 242. 2012, 36 p.

DALAZEN, J. R.; ROCHA, R. B.; ESPINDULA, M. C.; DIAS, J. R. M.; DALAZEN, J. R.; ALVES, E. A. Base genética da cafeicultura e caracterização dos principais clones cultivados no estado de Rondônia. In: PARTELLI, F.L.; ESPINDULA, M. C. (Org.). **Café conilon: Gestão e Manejo com Sustentabilidade**. 1ed. Alegre: CAUFES, v. 1, p. 165-177. 2019.

DUBBERSTEIN, D.; PARTELLI, F. L.; DIAS, J. R. M.; ESPINDULA, M. C. Concentration and accumulation of macronutrients in leaf of coffee berries in the Amazon, Brazil. **Australian Journal of Crop Science**, v. 10, n. 5, p. 701, 2016.

ESPINDULA, M. C.; DIAS, J. R. M. ; ROCHA, R. B. ; DALAZEN, J. R. ; ARAUJO, L. V. . Café em Rondônia. In: PARTELLI, F. L.; GONTIJO, I. (Org.). **Café conilon: Gestão e Manejo com Sustentabilidade**. 1ed. Alegre: CAUFES, v. 1, p. 83-102. 2017.

MARCOLAN, A. L.; ESPINDULA, M. C.; MENDES, A. M.; SOUZA, K. W. DE; SCHLINDWEIN, L. A. Manejo Nutricional. In: Marcolan, A. R.; Espindula, M. C. **Café na Amazônia**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, p. 175-194, 2015.

ESPINDULA, M. C.; BALBINO, T. J.; JARACESKI, R.; TEIXEIRA, A. L.; DIAS, J. R. M.; TEIXEIRA, R. G. P. DIFFERENT VOLUMES OF TUBES FOR CLONAL PROPAGATION *Coffea canephora* FROM SEEDLINGS. **Coffee Science**, v. 13, p. 33-40, 2018.

ESPINDULA, M. C.; MAURI, A. L.; RAMALHO, A. R.; DIAS, J. R. M.; FERREIRA, M. G. R.; SANTOS, M. R. A.; MARCOLAN, A. L. Produção de mudas. In: MARCOLAN, A.; ESPINDULA, M. C. **Café na Amazônia**. Brasília: Embrapa, p.129-154, 2015.

FERRÃO, M. A. G.; FERRÃO, R. G.; FONSECA, A.F.A.; VERDIN FILHO, A.C.; VOLPI, P.S. Origem, dispersão geográfica, taxonomia e diversidade genética de *Coffea*

canephora. In: FERRÃO, R.G.; FONSECA, A.F.A.; BRAGANÇA, S.M.; FERRÃO, M.A.G.; DE MUNER, L. H. **Café conilon**. Vitória: Incaper, p. 66-91. 2007a.

FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A.; FERRÃO, M. A. G.; BRAGANÇA, S. M.; VERDIN FILHO, A.C.; VOLPI, P.S. Cultivares de café conilon. In: FERRÃO, R.G.; FONSECA, A.F.A.; BRAGANÇA, S.M.; FERRÃO, M.A.G.; DE MUNER, L.H. **Café Conilon**. Vitória: Incaper, p.203-225. 2007b.

FONSECA, A. F. A de; VERDIN FILHO, A. C.; VOLPI, P. S.; MAURI, A. L. FERRÃO, M. A. G.; FERRÃO, R. G.; ARANTES, S. D.; POSSE, S. C. D. Jardins Clonais, Produção de Sementes e Mudas de Café Conilon. In: FERRÃO, G. R.; FONSECA, A. F. A. de; FERRÃO, M. A. G.; De MUNER, L. H. **Café Conilon**. 2ª Edição, atualizada e ampliada. INCAPER. Vitória-ES, 2017.

INTERNATIONAL COFFEE ORGANIZATION - ICO. 2019. Statistics. Disponível em < <http://www.ico.org/prices/m1-exports.pdf>>. Acesso em: 24 de julho de 2020.

KRAISER, T.; GRAS, D. E.; GUTIÉRREZ, A. G.; GONZÁLEZ, B.; GUTIÉRREZ, R. A. A holistic view of nitrogen acquisition in plants. **Journal of Experimental Botany**, v.62, p.1455–1466. 2011.

LISBOA, C. C.; OLIVEIRA, J. R.; LIMA, F. R. D.; SILVA, E. A.; SILVA, C. A.; SÁ, J. J. G.; MARQUES, M. Lixiviação de nitrato e amônio em Latossolo Vermelho distroférico. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias (Agrária)**, v. 14, n. 2, p. 5658, 2019.

MACHADO, L. S.; Martins, L. D.; Rodrigues, W. N.; Ferreira, D. S.; Cogo, A. D.; Tomaz, M. A.; Amaral, J. F. T. Efficiency and response of conilon coffee genotypes to nitrogen supply. **African Journal of Biotechnology**, v. 15, n. 35, p. 1892-1898, 2016.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. Ceres, São Paulo. 638 p. 2006.

MARCOLAN, A. L.; RAMALHO, A. R.; MENDES, A. M.; TEIXEIRA, C. A. D.; FERNANDES, C. de F.; COSTA, J. N. M.; VIEIRA JÚNIOR, J. R.; OLIVEIRA, S. J. de M. FERNANDES, S. R.; VENEZIANO, W. Cultivo dos cafeeiros Conilon e Robusta para Rondônia. 3. ed. rev. atual. Porto Velho: Embrapa Rondônia, **Sistema de Produção**, n. 33, 2009. 67 p.

MENDES, K. R.; MARENCO, R A.; MAGALHÃES, N S. Crescimento e eficiência fotossintética de uso do nitrogênio e fósforo em espécies florestais da Amazônia na fase juvenil. **Revista Árvore**, v. 37, n. 4, p. 707-716, 2013.

OLIVEIRA, S. J. de M.; ARAUJO, L. V de. Aspectos econômicos da cafeicultura. In: MARCOLAN, A.; ESPINDULA, M. C. **Café na Amazônia**. Brasília: Embrapa, p 25 - 38, 2015.

PARTELLI, F. L.; VIEIRA, H. D.; SANTIAGO, A. R.; BARROSO, D. G. Produção e desenvolvimento radicular de plantas de café 'Conilon' propagadas por sementes e por estacas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 6, p. 949 – 954, 2006

PARTELLI, F. L.; COVRE, A. M.; OLIVEIRA, M. G.; ALEXANDRE, R. S.; VITÓRIA, E. L. D.; SILVA, M. B. D. Root system distribution and yield of Conilon coffee propagated by seeds or cuttings. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 49, n. 5, p. 349-355, 2014

- PINTO, V. M.; BRUNO, L. P.; LIER, Q. D. J. V.; DOURADO NETO, D.; REICHARDT, K. Uso excessivo de nitrogênio gera perda monetária para cafeicultores do cerrado baiano. **Coffee Science**, Lavras, v. 12, n. 2, p. 176 – 186, 2017
- PRADO, R. de M.; **Nutrição de plantas**. Editora UNESP, 2008.
- PREZOTTI, L.C.; BRAGANÇA, S.M. Accumulation of dry mass, N, P and K in different genetic sources of Conilon coffee. **Coffee Science**, v. 8, n. 3, p. 284-294, 2013.
- ROCHA, R. B.; TEIXEIRA, A. L.; RAMALHO, A. R.; SOUZA, F. F. Melhoramento genético de *Coffea canephora* – considerações e metodologias. In: MARCOLAN, A.; ESPINDULA, M. C. **Café na Amazônia**. Brasília: Embrapa, p 101 - 122, 2015.
- RAMALHO, A. R.; ROCHA, R. B.; SOUZA, F. F.; VENEZIANO, W.; TEIXEIRA, A. L. Progresso genético da produtividade de café beneficiado com a seleção de clones de cafeeiro ‘Conilon’. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 47, n. 3, p. 516 - 523, 2016.
- SOUZA, F. de F.; FERRÃO, L. F. V.; CAIXETA, E. T.; SAKIYAMA, N. S.; PEREIRA, A. A.; OLIVEIRA, A. C. B. de. Aspectos gerais da biologia e da diversidade genética de *Coffea canephora*. (Ed.). In: MARCOLAN, A. L.; ESPINDULA, M. C. **Café na Amazônia**. p. 85-98. 2015.
- VERDIN FILHO, A. C.; MAURI, A. L.; VOLPI, P. S.; FONSECA, A. F. A.; FERRÃO, R. G.; FERRÃO, M. A. G.; RODRIGUES, W. N.; ANDRADE JÚNIOR, S. A.; COLODETTI, T. V. Growth and quality of clonal plantlets of Conilon coffee (*Coffea canephora* Pierre ex A. Froehner) influenced by types of cuttings. **American Journal of Plant Sciences**, v.5, p.2148-2153, 2014.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 2017, 858 p.

2 PRODUÇÃO DE ESTACAS CLONAIIS POR PLANTAS MATRIZES DE *Coffea canephora* SOB DOSES CRESCENTES DE NITROGÊNIO

RESUMO

O manejo nutricional de jardins clonais deve suprir as demandas fisiológicas da planta que produzirá propágulos vegetativos, estacas clonais, para produção de mudas. Assim, objetivou-se estabelecer curvas de produção de estacas para cafeeiros *C. canephora* em resposta a doses de fertilizante nitrogenado. O estudo foi conduzido no jardim clonal de *C. canephora* da variedade botânica Robusta, do Programa de Melhoramento Genético da Embrapa-RO. As parcelas foram compostas por sete doses de nitrogênio (0; 50; 100; 150; 200; 250 e 300 kg de nitrogênio por hectare, por ciclo, aplicado na forma de ureia), divididas em quatro aplicações. As subparcelas corresponderam a duas épocas de avaliação: janeiro e junho de 2019. Em cada época foram avaliados: Os números de hastes, de estacas viáveis e de estacas por haste, massa fresca e massa seca e teores de macronutrientes nas estacas. No período de setembro a janeiro, os cafeeiros *C. canephora* produzem maior quantidade de massa vegetativa e, conseqüentemente, propágulos vegetativos, que no período de janeiro a junho, nas condições da Amazônia Sul Ocidental. As concentrações de nutrientes nos tecidos variam com a época do ano em razão de disponibilidade de nutrientes no solo e com a quantidade de massa seca acumulada. O aumento das doses de nitrogênio resulta em incremento de massa vegetativa, de propágulos e das concentrações de nitrogênio e potássio na estaca. Porém, não há alteração nos teores de fósforo, cálcio, magnésio e enxofre e, independentemente da dose de N aplicada, os teores de nutrientes nas estacas seguem a ordem K>N>Ca>P>Mg>S.

Palavras-chave: Robusta, Conilon, Jardim clonal, Nutrientes.

ABSTRACT

The nutritional management of clonal gardens might provide the physiological demands of the plant, which will produce vegetative propagules, clonal cuttings, with quality for the seedlings production. Thus, the objective was to establish production curves of cuttings for coffee *C. canephora* in response to doses of nitrogen fertilizer. The study was carried out in the clonal garden of *C. canephora* of the botanical variety Robusta, at the genetic improvement program of Embrapa-RO. The plots were composed of seven nitrogen doses (0; 50; 100; 150; 200; 250 and 300 kg nitrogen per hectare, per cycle, applied as urea), divided into four applications. The subplots corresponded to two evaluation periods: January and June 2019. The following parameters were evaluated the number of stems, viable cuttings and cuttings per stem, fresh and dry mass and macronutrient contents in the cuttings. Between September and January, *C. canephora* coffee trees produce a greater amount of vegetative mass and, consequently, of vegetative propagules, than between January and June, under the conditions of the South Western Amazon. The nutrients concentrations in the tissues change with the time of the year due to the availability of nutrients in the soil and with the amount of accumulated dry mass. The increase in nitrogen doses results in an increase in vegetative mass, propagules and nitrogen and potassium concentrations. However, there was no change in phosphorus, calcium, magnesium and sulfur contents in the vegetative propagules of *C. canephora* and, regardless of the N dose applied, the nutrient contents in the cuttings follows the order K > N > Ca > P > Mg > S.

Keywords: Robusta. Conilon. Clonal Garden. Nutrientes.

2.1 Introdução

O jardim clonal, onde são cultivadas as plantas matrizes, é um componente importante da estrutura de empreendimentos rurais destinados a produção de mudas de espécies lenhosas alógamas. Normalmente, essas áreas são compostas por plantas-matrizes selecionadas conforme características de interesse como produtividade, resistência a doenças, déficit hídrico e, tem como objetivo, a produção de propágulos vegetativos durante o ano todo, para a produção de mudas (CARVALHO e SILVA, 2012). Nesses campos, o importante é a produção de parte aérea vegetativa em detrimento a produção de frutos, visto que, é a parte de interesse comercial de onde serão retirados os propágulos vegetativos para produção de mudas.

Para *C. canephora*, a alogamia e a consequente segregação genética originam descendentes heterogêneos que dificultam o manejo da lavoura (ROCHA et al., 2015). Por isso, a utilização de propagação vegetativa tem sido fundamental para ganhos de produção e para o sucesso das lavouras (PARTELLI et al., 2014). Isso ocorre, porque lavouras formadas à partir de mudas originadas por meio da propagação vegetativa apresentam características de uniformidade e precocidade na formação e produção (ANDRADE JUNIOR et al., 2013; RAMALHO et al., 2016).

No caso do cafeeiro *C. canephora*, a estaquia é a principal técnica de propagação vegetativa utilizada na produção de mudas (VERDIN FILHO et al., 2014) devido a multiplicação rápida, em larga escala, vigor vegetativo (OLIVEIRA et al., 2010) e por garantir a preservação de características de interesse das plantas-matrizes. No entanto, a retirada sequencial de partes vegetativas para a produção de estacas é responsável pela exportação de nutrientes essenciais à planta (BAZONI et al., 2020), sendo, portanto, necessária a reposição desses nutrientes que além de exportados, podem ser e perdidos no sistema.

O manejo nutricional das plantas do jardim clonal, deve ser realizado de forma a suprir as necessidades fisiológicas para que haja crescimento e desenvolvimento das matrizes e produção de propágulos. Dentre os nutrientes essenciais, o nitrogênio (N) se destaca por ser o mais requerido em quantidade pelo cafeeiro em todos os seus estágios vegetativos (PREZOTTI; BRAGANÇA, 2013, DUBBERSTEIN et al., 2016, COVRE et al., 2018). Juntamente a isso, na Amazônia, o crescimento vegetativo do *C. canephora* é influenciado pelas condições climáticas (precipitação pluviométrica e temperatura), as quais, potencializam este processo de crescimento (DUBBERSTEIN et al., 2017).

Apesar de todos os benefícios proporcionados pelo N ao crescimento vegetativo em cafeeiros, o excesso deste nutriente pode influenciar negativamente as plantas por provocar desbalanço nutricional, na relação do N com outros elementos, menor conteúdo de açúcar e o crescimento excessivo (MALAVOLTA, 2006; PRADO, 2008) o que pode comprometer a qualidade fisiológica das estacas.

Dessa forma, devido a importância de informações referentes ao manejo nutricional para uma adequada condução de jardins clonais e, também porque, atualmente as recomendações de tratos culturais seguirem as recomendações para produção de frutos (ESPINDULA et al., 2015), objetivou-se neste trabalho estabelecer curvas de produção de estacas clonais para cafeeiros *C. canephora* em resposta a doses crescentes de fertilizante nitrogenado.

2.2 Material e Métodos

O experimento foi conduzido no Campo Experimental da EMBRAPA (longitude 10°43'55" S, latitude 62°15'19" W e altitude de 245 m), no município de Ouro Preto do Oeste, Rondônia, no período de agosto de 2018 a junho de 2019. O clima predominante na região é o tropical chuvoso - Aw (Köppen) (ALVARES et al., 2013), com temperatura média anual de 25°C e precipitação média de 2.000 mm ano⁻¹. O período chuvoso está compreendido entre os meses de outubro-novembro até abril-maio.

Os valores médios de temperatura e umidade relativa do ar e a precipitação pluviométrica ocorridos durante período experimental foram obtidos por meio de estação meteorológica automática instalada no referido Campo Experimental (Figura 1 A, B e C). Para reposição da água perdida por evapotranspiração, durante os meses de estiagem foi realizada irrigação complementar por meio de sistema de irrigação por aspersão convencional (Figura 1C).

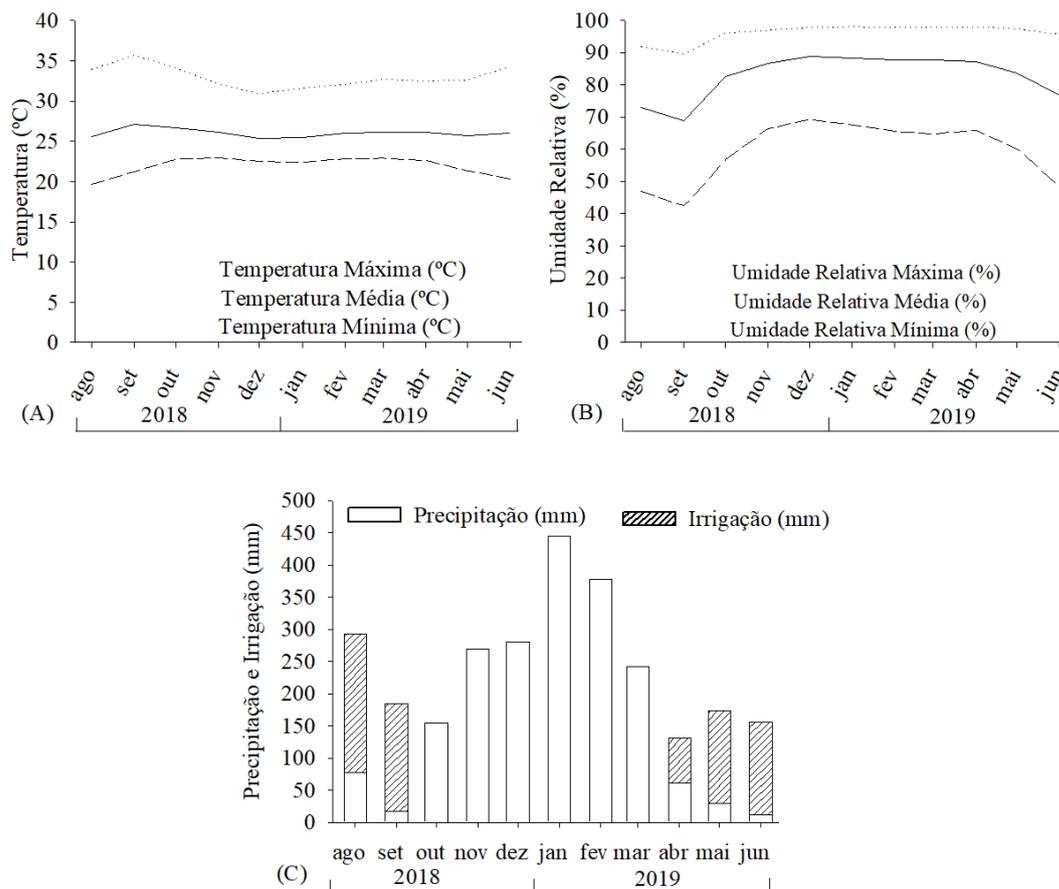


Figura 1. Máximas, médias e mínimas temperaturas (A) e umidades do ar (B); precipitação acumulada e irrigação complementar (C) durante o período experimental de 2018 e 2019. Ouro Preto do Oeste, Rondônia, 2019.

A área experimental foi uma lavoura de *C. canephora* da variedade botânica robusta, pertencente ao Programa de Melhoramento Genético da Embrapa-RO. A lavoura foi implantada em novembro de 2016 com a finalidade exclusiva de produção de estacas, jardim clonal, em um Argissolo Vermelho-Amarelo (EMBRAPA, 2013). O espaçamento é de 2,0 metros entre linhas e 0,5 metros entre plantas, totalizando 10.000 plantas por hectare. As plantas foram conduzidas com apenas uma haste ortotrópica e sem vergamento.

Em dezembro de 2017, 13 meses após a implantação da área, foi realizada a primeira colheita de brotos para produção de estacas clonais. Em abril de 2018 foi realizada a segunda e no dia 20 de agosto, antes da instalação do experimento, foi realizada a terceira colheita. A produção média de estacas foi de 11,07, 19,97 e 35,91 na

primeira, segunda e terceira colheita de brotos, respectivamente. Além da colheita dos brotos, no momento das coletas e 60 dias depois foram retirados 33% dos ramos plagiotrópicos das plantas.



Figura 2. Cafeeiros conduzidos em sistema de jardim clonal. (A) Antes e (B) Após a colheita de brotos para produção de estacas clonais. Ouro Preto do Oeste – RO, agosto de 2018.

Para o manejo nutricional foram utilizadas as recomendações técnicas para cultura destinada a produção de frutos (MARCOLAN et al., 2015). A última adubação nitrogenada antes da aplicação dos tratamentos foi realizada em 20 de julho de 2018, quando foram aplicados 135 kg de N por hectare na forma de ureia, última adubação do terceiro ciclo de produção de brotos.

Em agosto de 2018, antes da implantação dos tratamentos foram determinados os atributos químicos do solo da área experimental nas camadas de 00 - 20, 20 - 40 e 40 - 60 cm (Tabela 1).

Tabela 1. Atributos químicos de um Argissolo Vermelho-Amarelo do jardim clonal do Campo Experimental da Embrapa, Ouro Preto do Oeste, Rondônia, 2018

Amostra cm	pH Água	P mg dm ⁻³	K -----	Ca -----	Mg cmol _c dm ⁻³	H+Al -----	Al -----	CTC -----
0 - 20	4,36	53,13	0,35	1,11	0,76	8,01	0,88	10,24
20 - 40	4,63	13,75	0,36	1,02	0,45	4,81	0,54	6,64
40 - 60	4,98	5,50	0,45	1,59	0,53	3,37	0,05	5,94

Amostra cm	MO g kg ⁻¹	m ----- %	V -----	Cu -----	Fe mg/ dm ⁻³	Mn -----	Zn -----
0 - 20	15,20	31,00	21,13	42,61	230,16	119,27	49,98
20 - 40	7,70	25,50	28,00	19,38	247,83	120,34	46,24
40 - 60	4,95	2,50	43,00	15,75	159,01	119,74	40,98

pH em água 1:2,5, M.O. por digestão úmida, P e K determinados pelo método Mehlich I, Ca, Mg e Al trocáveis extraídos com KCl 1 mol L⁻¹.

Em setembro de 2018 foi aplicado 50 gramas de calcário dolomítico (PRNT 90%), cobrindo uma área de 0,5 m dentro da linha e 1, 0 m em direção das entrelinhas, 0,5 para cada lado da planta, totalizando 0,5 m².

O experimento foi conduzido em esquema de parcelas subdivididas no tempo, composto pela combinação de sete doses de nitrogênio e duas épocas de avaliação. As parcelas principais foram compostas pelas doses 0; 50; 100; 150; 200; 250 e 300 kg nitrogênio por hectare por ciclo, aplicado na forma de ureia. As subparcelas foram compostas pelas duas épocas de avaliação: Janeiro (estacas crescidas de agosto a janeiro) e junho (estacas crescidas de janeiro a junho) de 2019.

Os ciclos de crescimento foram de 150 dias e compreenderam o período de 20/08/2018 a 18/01/2019, para o primeiro ciclo (colheita de janeiro) e; 18/01/2019 a 18/06/2019, para o segundo ciclo (colheita de junho).

As doses foram divididas em quatro aplicações, a cada 30 dias, dentro de cada ciclo. O início da aplicação ocorreu 30 dias após padronização inicial, realizada no dia 20 de agosto de 2018, no primeiro ciclo e 30 dias após a colheita de estacas realizada no dia 18 de janeiro de 2019, no segundo ciclo. Além do nitrogênio, foi aplicado 120 kg de potássio por hectare por ciclo, usando cloreto de potássio (60% de K₂O), parcelado em quatro vezes e aplicado juntamente com o nitrogênio. Visando suprir as necessidades de zinco e boro aplicou-se 30 kg de ácido bórico e 30 kg sulfato de zinco por hectare em outubro de 2018.

Produção de hastes ortotrópicas secundárias e estacas

Em cada época de avaliação, janeiro e junho, foram coletadas todas as hastes ortotrópicas secundárias (brotos) para determinação das características vegetativas relacionadas a produção de estacas. Foi aferido o número de hastes ortotrópicas secundárias, número de estacas viáveis por planta e a massa fresca e seca dessas hastes.

Para determinação do número de estacas viáveis considerou-se as que possuíam característica para formação de mudas. Assim, a parte basal e apical das hastes foram desconsideradas e a partir disto, contou-se as estacas que possuíam um par de folhas e de ramos plagiotrópicos, e que apresentavam 7 cm de comprimento, sendo 0,5 cm acima da inserção dos ramos plagiotrópicos e 6,0 cm abaixo do nó, inserção das folhas (BAZONI et al., 2020).

A massa fresca das hastes foi realizada por meio de balança analítica (0,001 gramas de precisão) imediatamente após a colheita das hastes. A massa seca foi determinada, também em balança analítica, após secagem em estufa de circulação forçada de ar a 65°C até atingir massa constante. O delineamento experimental nesta etapa foi o de blocos ao acaso com informações dentro da parcela com duas repetições. A parcela experimental foi constituída por sete plantas em sequência dentro da linha de plantio. No entanto, para efeito de análise estatística considerou-se cada planta como uma repetição, excluindo-se as bordaduras, primeira e última planta da parcela.

Teores de macronutrientes nas estacas clonais

Para a análise nutricional, em cada repetição foi retirada duas estacas a partir das hastes coletadas do campo com cortes retilíneos, conforme dimensões supracitadas, excluindo-se as folhas e os ramos plagiotrópicos, totalizando, portanto, 20 estacas. Estas estacas foram homogeneizadas para em seguida formar quatro repetições contendo cinco estacas cada. Essas estacas foram secas em estufa de circulação forçada de ar a 65°C, até obter massa constante, e em seguida foram moídas em moinho do tipo Willey e encaminhadas para o Laboratório de Solo e Nutrição de Plantas da Embrapa Rondônia. O delineamento experimental nesta etapa foi o inteiramente casualizado com quatro repetições.

Foram determinados os teores de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S). O N foi determinado por destilação pelo método semi-micro Kjeldahl, após digestão sulfúrica. O P foi determinado por espectrofotometria moléculas; K por fotometria de chama e os nutrientes Ca, Mg e S por espectrofotometria

de plasma, todos após digestão nitroperclórica (EMBRAPA, 2009). Os resultados foram expressos em grama por kilograma de material vegetal (g kg^{-1}).

Análise Estatística

Os dados foram submetidos a análise de variância ($p < 0,05$). Quando houve efeito significativo, foi realizado teste de Tukey ($< 0,05$) para comparação entre médias das diferentes épocas e análise de regressão para os efeitos de doses de nitrogênio. Para as análises de regressão, os modelos matemáticos foram escolhidos conforme o comportamento do fenômeno biológico e os maiores valores dos coeficientes de determinação (r^2/R^2) e a significância dos coeficientes de regressão (β_i) e do teste F da regressão, ambos até 5% de probabilidade.

2.3 Resultados

Produção de hastes ortotrópicas secundárias

O número de hastes ortotrópicas secundárias do mês de janeiro foi semelhante ao do mês de junho, independentemente da dose. No entanto, a massa fresca e seca média das hastes, bem como o número médio de estacas viáveis e o número de estacas por haste do mês de janeiro foram superiores aos do mês de junho (Tabela 2).

Tabela 2. Número de hastes, número de estacas clonais, produção de massa fresca e massa seca das hastes e número de estacas por haste em cafeeiros *Coffea canephora* conduzidos em sistema de jardim clonal sob diferentes doses de nitrogênio, em diferentes épocas do ano. Ouro Preto do Oeste, Rondônia, 2019

Época	Doses de N (kg ha ⁻¹)							Média
	0	50	100	150	200	250	300	
Número de hastes ortotrópicas secundárias por hectare (CV = 20,52%)								
Janeiro	193.500a	200.000a	205.000a	205.000a	214.166a	211.500a	223.750a	207.559a
Junho	168.750a	185.000a	192.000a	205.250a	213.333a	219.250a	216.000a	199.940a
Número de estacas por hectare (CV = 18,14%)								
Janeiro	487.500a	531.000a	546.250a	533.750a	605.000a	601.750a	662.500a	566.821a
Junho	383.750b	407.500b	467.500b	493.750a	495.000b	503.750b	534.000 b	469.321b
Massa fresca das hastes ortotrópicas secundárias (kg ha ⁻¹) (CV = 16,90%)								
Janeiro	19.665a	21.090a	21.829 a	22.200a	22.050a	24.240a	24.944a	22.288a
Junho	11.558b	11.917b	13.700b	14.987b	15.212b	14.987b	15.195b	13.936b
Massa seca das hastes ortotrópicas secundárias (kg ha ⁻¹) (CV = 23,81%)								
Janeiro	4.563a	4.763a	5.626a	6.016a	6.215a	5.613a	5.640a	5.491a
Junho	4.006a	4.315a	4.770b	5.111b	5.558a	5.145a	5.425a	4.904b
Número de estacas por hastes (CV = 20,16%)								
Janeiro	2,52a	2,66a	2,66a	2,60a	2,82a	2,85a	2,96a	2,73a
Junho	2,27a	2,20a	2,43a	2,41a	2,32a	2,30b	2,47a	2,35b

*Média seguida pela mesma letra na coluna não difere entre si a 5%, no teste de Tukey.

Houve incremento linear em função das doses de N em ambas as épocas de avaliação para o número de hastes por hectare (Figura 2A) e o número de estacas por hectare (Figura 2B). A massa fresca das hastes ortotrópicas secundárias aumentou linearmente em função das doses de N em janeiro, mas foi de maneira quadrática em junho, com ponto de máxima obtido na dose de 258 kg ha⁻¹ (Figura 2C). Para a massa seca apresentou comportamento quadrático em ambas as épocas com ponto de máxima na dose de 198 kg ha⁻¹ em janeiro e 272 kg ha⁻¹ em junho (Figura 2D). Por fim, para o número de estaca por haste, a resposta foi linear crescente em janeiro, porém em junho

não foi possível ajustar modelo matemático, tendo sido considerada a média de 2,35 estaca por haste (Figura 2E).

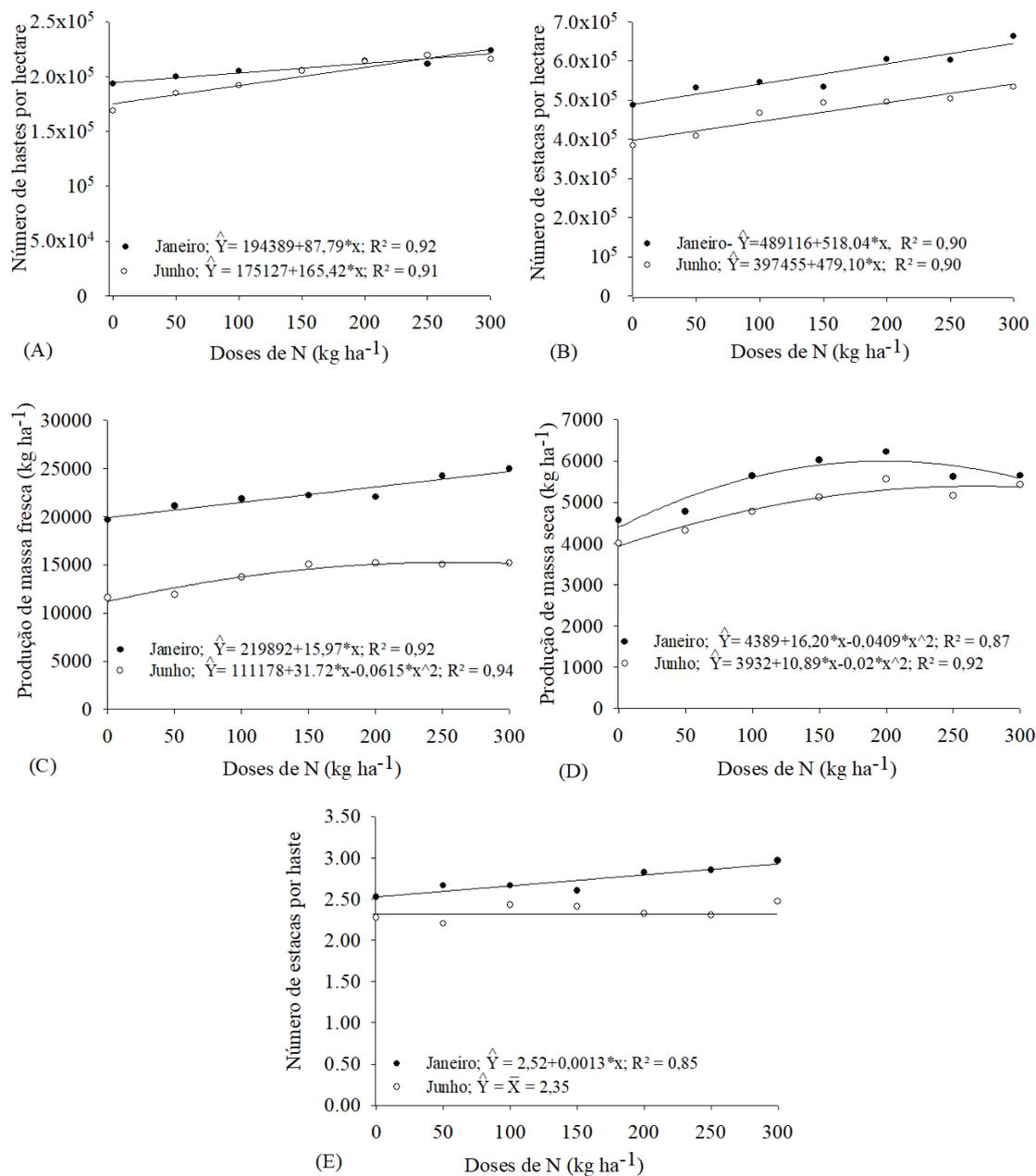


Figura 3. Número de hastes, número de estacas clonais, produção de massa fresca e massa seca das hastes e número de estacas clonais por haste de cafeeiros *Coffea canephora* conduzidos em sistema de jardim clonal sob diferentes doses de nitrogênio e em diferentes épocas do ano. Ouro Preto do Oeste, 2019.

Teores de macronutrientes nas estacas clonais

Os teores médios de N e S nas estacas do mês de janeiro foram semelhantes ao mês de junho. Já os valores médios de K foram maiores em janeiro, enquanto os teores médios de P, Ca e Mg foram maiores no mês de junho (Tabela 3).

Tabela 3. Teores de macronutrientes nas estacas clonais de cafeeiros *Coffea canephora* conduzidas em sistema de jardim clonal em diferentes épocas e sob diferentes doses de nitrogênio. Ouro Preto do Oeste, 2019

Épocas	Doses de N (kg ha ⁻¹)						Média	
	0	50	100	150	200	250		300
Nitrogênio (g kg ⁻¹) (CV = 11,90%)								
Janeiro	11,18a	12,09b	14,09a	14,82a	14,49 a	15,38a	16,59a	14,09a
Junho	11,33a	13,92a	15,17a	12,82b	12,13b	14,06a	14,59b	13,43a
Fósforo (g kg ⁻¹) (CV = 7,54%)								
Janeiro	1,35b	1,23b	1,47a	1,41b	1,34 ^a	1,32a	1,36a	1,36b
Junho	1,62a	1,50a	1,62a	1,61a	1,27 ^a	1,44a	1,41a	1,49a
Potássio (g kg ⁻¹) (CV = 11,07%)								
Janeiro	19,43a	19,73a	24,50a	24,53a	26,00a	25,60a	25,80a	23,65a
Junho	16,88a	19,50a	19,43b	16,65b	15,38b	18,50b	18,60b	17,85b
Cálcio (g kg ⁻¹) (CV = 9,09%)								
Janeiro	3,36b	3,60a	2,91a	2,96a	3,29a	2,83a	2,89a	3,12b
Junho	4,50a	4,15a	3,79a	3,51a	3,70a	3,64a	3,91a	3,89a
Magnésio (g kg ⁻¹) (CV = 6,14%)								
Janeiro	0,69b	0,64b	0,67b	0,77b	0,75b	0,71b	0,76b	0,71b
Junho	1,09a	1,05a	1,06a	1,06a	0,99a	0,98a	0,93a	1,02a
Enxofre (g Kg ⁻¹) (CV = 10,23%)								
Janeiro	0,48a	0,48a	0,55a	0,52a	0,52a	0,51b	0,55b	0,52a
Junho	0,50a	0,53a	0,54a	0,57a	0,56a	0,71a	0,65a	0,58a

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si a 5%, no teste de Tukey.

As doses de nitrogênio promoveram incremento de forma linear nos teores de N e comportamento quadrático nos teores de K (ponto de máximo em 283 kg ha⁻¹) nas estacas colhidas em janeiro. Por outro lado, para esses nutrientes, não foi possível ajustar modelo matemático aos dados obtidos no mês de junho. Assim, admitiu-se a média de 13,43a g kg⁻¹ para o teor de N e de 17,85b g kg⁻¹ para o teor de K (Figura 4A e 4C).

Com relação aos teores P, Ca, Mg e S nas estacas, não foi possível ajustar nenhum modelo matemático em ambas as épocas de avaliação (Figura 4 B, D, E e F). Por isso o comportamento foi representado pelo valor médio de cada nutriente em cada época.

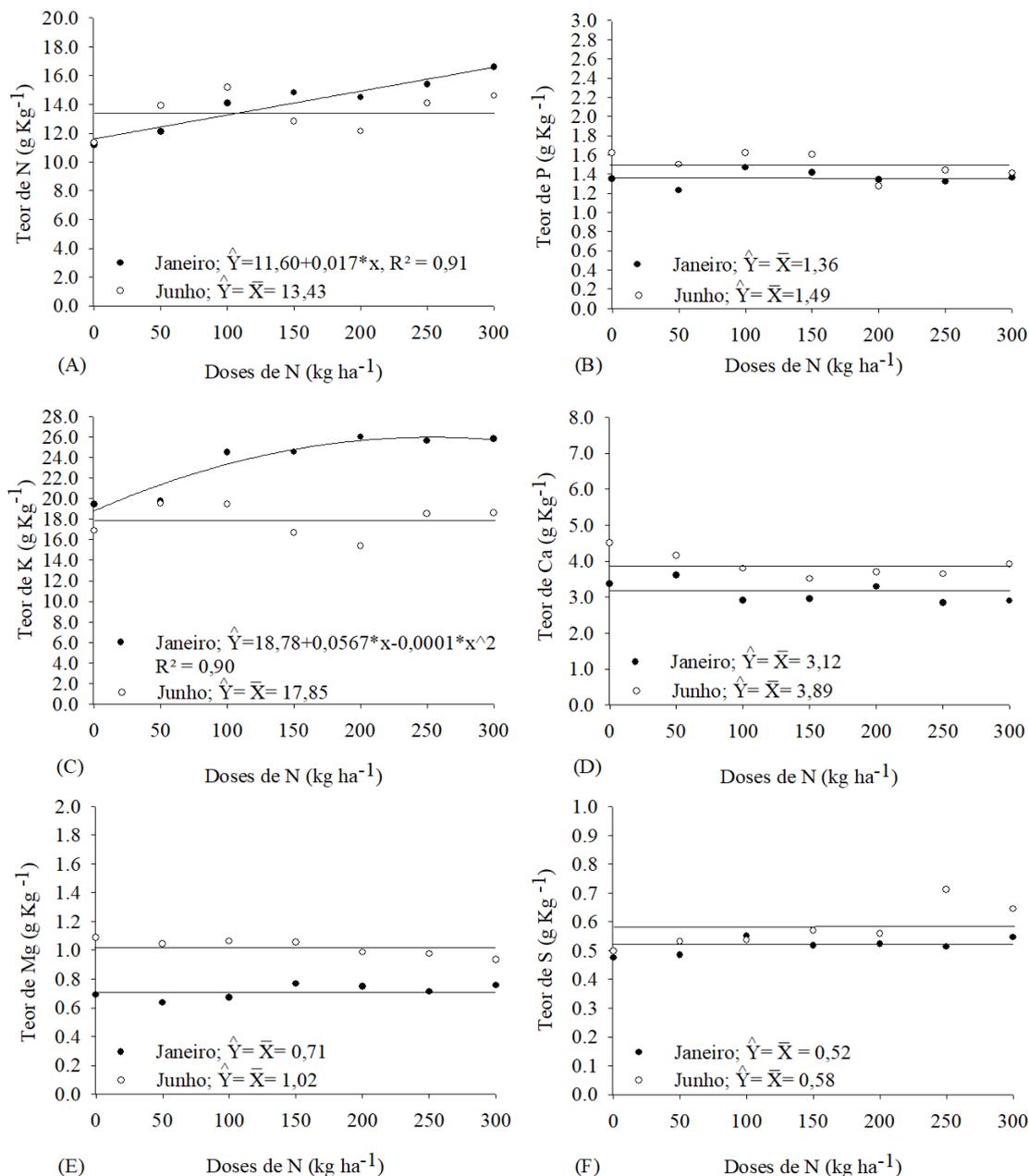


Figura 4. Teores de N, P, K, Ca, Mg e S nas estacas clonais de cafeeiros *Coffea canephora* conduzidos em sistema de jardim clonal em diferentes épocas e sob diferentes doses de nitrogênio. Ouro Preto do Oeste, 2019.

2.4 Discussão

Produção de hastes ortotrópicas secundárias

Variações no crescimento vegetativo de *C. Canephora* relatadas em outros estudos estão geralmente associadas a fatores genéticos (PREZOTTI; BRAGANÇA,

2013), condição nutricional das plantas (SOUZA et al., 2013) e à condições climáticas (DUBBERSTEIN et al., 2017), especialmente o déficit hídrico (COVRE et al., 2016, VEIGA et al., 2019). Essas variações refletem diretamente na formação de hastes destinadas à produção de estacas, uma vez que estas plantas são conduzidas exclusivamente para produção de biomassa vegetativa e não reprodutiva.

Foi verificado número semelhante de hastes ortotrópicas secundárias nas duas épocas de colheita. Isso indica que nas condições da Amazônia ocidental, a capacidade de emissão de novas hastes não é influenciada pela época do ano, se houver irrigação suplementar no período de estiagem (Figura 1) capaz de minimizar os efeitos negativos do estresse hídrico sobre a fisiologia dos cafeeiros (CARVALHO et al., 2011).

Por outro lado, mesmo não havendo diferença para o número de hastes ortotrópicas, a massa fresca e seca das hastes das plantas avaliadas em janeiro foi maior que em junho. Essas diferenças, possivelmente se devem ao efeito de variações sazonais do clima como temperatura (PARTELLI et al., 2010; PARTELLI et al., 2013) e umidade relativa do ar (DUBBERSTEIN et al., 2017) sobre o crescimento dos ramos plagiotrópicos e ortotrópicos (OLIOSI et al., 2017; BAZONI et al., 2020). Isso porque, nos últimos três meses que antecederam a avaliação de janeiro (meses de novembro, dezembro e janeiro) houve maior disponibilidade hídrica e umidade do ar e menor amplitude térmica que nos meses que antecederam a avaliação de junho (Figura 1 A e B).

Com efeito, o crescimento das plantas matrizes sob as condições de maio e junho pode ter sido afetado devido à redução da taxa de absorção de nutrientes, que é comprometida pela redução da transpiração vegetal quando há temperaturas elevadas combinada com menores umidade relativa do ar e disponibilidade hídrica do solo (MARTINS et al., 2011; COVRE et al., 2016).

Além da influência das condições climáticas sobre o crescimento, as plantas avaliadas em janeiro podem ter se beneficiado com efeito residual da adubação nitrogenada do dia 20 de julho, quando foram aplicados 135 kg de N na forma de ureia. Outros nutrientes que podem ter favorecido o crescimento no primeiro período de avaliação foram o zinco e boro aplicados em outubro de 2018, o que não ocorreu durante o ciclo das plantas avaliadas em junho. No caso, o B participa de diversos processos como alongamento celular e formação da parede celular e o Zn na síntese do ácido indolacético (AIA), que é o hormônio responsável pelo crescimento (TAIZ et al., 2017).

Tanto que, B e o Zn são nutrientes requeridos pelos cafeeiros nas fases de crescimento vegetativo e reprodutiva (MARRÉ et al., 2015; COVRE et al., 2018; DUBBERSTEIN et al., 2019), onde o seu fornecimento aumenta a produtividade (BRAGANÇA et al., 2007) e quando deficientes acarretam em redução do crescimento, do número de ramos plagiotrópicos, da área foliar e da massa seca (GONTIJO; GUIMARÃES; CARVALHO, 2008). Assim, ambos fatores, tanto o efeito das condições climáticas quanto o efeito residual do nitrogênio e da adubação com B e Zn podem ter contribuído para um maior crescimento vegetativo e produção de estacas viáveis das plantas avaliadas em janeiro do que em junho (Tabela 2).

Com relação ao efeito das doses de N, o aumento das características vegetativas das plantas (Figura 2, A, B e C) deve-se a participação deste nutriente em importantes processos fisiológicos (TAIZ et al., 2017). No entanto, apesar de inicialmente as doses de N proporcionarem incrementos de massa seca, as respostas foram quadráticas com ponto máximo de acúmulo na dose de 198 kg por hectare em janeiro e de 272 kg por hectare em junho (Figura 2 D). A partir destas doses, observou-se decréscimo no incremento de massa seca. Isso acontece, porque doses elevadas de N dificultam a síntese proteica (MALAVOLTA, 2006) e induzem o crescimento excessivo das plantas, que acarreta o autosombreamento por reduzir a radiação solar dentro do dossel e, conseqüentemente, a fotossíntese, ou seja redução na produção de fotoassimilados e rendimento da cultura (CLEMENTE et al., 2013; LIMA et. al., 2019).

Ainda, ao observar o crescimento, verifica-se que a produtividade varia de 4.000 kg ha⁻¹ a mais de 6.000 kg ha⁻¹ de massa seca das hastes ortotrópicas por ciclo de corte. Este valor é semelhante ao exportado na produção de frutos, em torno de 3.000 kg ha⁻¹ (RAMALHO et. al. 2016) a 6.000 kg ha⁻¹ (SILVA, et al., 2019), o que demonstra a necessidade de reposição de nutrientes, especialmente o nitrogênio, que é o nutriente mais acumulado na parte aérea vegetativa destinada a produção de estacas (BAZONI et al., 2020).

Teores de macronutrientes nas estacas clonais

O potássio foi o nutriente com maior teor nas estacas (Tabela 3), seguido pelo nitrogênio e, este, pelo cálcio. A maior concentração de potássio nas estacas confirma a importância deste nutriente para as plantas de café destinadas a produção de estacas clonais, já evidenciado por Bazoni et al. (2020). Este nutriente pode contribuir com a manutenção da umidade dos propágulos vegetativos durante a fase de enraizamento

(CUNHA et al., 2009), no viveiro. A maior concentração de K nas estacas colhidas em janeiro podem estar associadas a menor competição por absorção de cátions, já que nesta época houve menor concentração de Ca e Mg nos tecidos das estacas. Isso ocorre porque dentre os cátions, o K tem absorção preferencial, por ser monovalente e com menor grau de hidratação e, por isso, é absorvido em maior quantidade pela planta. Além disso, quando se eleva os teores de K na planta, há tendência de redução das concentrações de Ca e Mg, resultado de um efeito antagônico (PRADO, 2008).

Para o nitrogênio e enxofre, a semelhança entre as épocas de avaliação, podem estar relacionadas a alta mobilidade destes nutrientes no solo (LISBOA et al., 2019). Com relação aos maiores teores de P, Ca e Mg presentes nas estacas na avaliação de junho, os resultados possivelmente estão associados a maior disponibilização destes nutrientes após a reação do calcário aplicado em setembro de 2019. Isso porque o calcário fornece cálcio e magnésio além de neutralizar o alumínio e, conseqüentemente, aumentar a disponibilidade de fósforo às plantas (GONÇALVES et al., 2011; BAMBOLIM et al., 2015). Mas, como o corretivo reage de forma lenta no solo, a disponibilização dos referidos nutrientes influenciou com maior intensidade a segunda época.

Para os efeitos das doses de N sobre os teores de nutrientes na estaca, os incrementos dos teores de N e K na estaca, no mês de janeiro (Figura 4A e 4C), pode estar relacionado a maior movimentação dos íons no solo, em função da maior disponibilidade hídrica do período (Figura 1). Isso porque, com maior movimentação, é possível maior contato das raízes com os nutrientes o que pode aumentar a absorção destes nutrientes. Para o nitrogênio, em um estudo realizado em Latossolo Vermelho Amarelo nas condições amazônicas foi possível observar que a concentração do íon NH_4^+ decresce exponencialmente com o incremento de doses de irrigação nos primeiros 15 dias após a aplicação de ureia (ESPINDULA et al., 2021). Estes autores atribuem o decréscimo da concentração de amônio ao aumento do processo de nitrificação e lixiviação das formas nítricas no solo. Para a segunda época, a menor disponibilidade de água no solo, associada a maior temperatura e menor umidade relativa do ar, podem ter proporcionado maior concentração de nutrientes na zona de aplicação limitando o contato das raízes e, conseqüentemente, sua absorção.

De forma semelhante ao nitrogênio, os incrementos dos teores de potássio em janeiro e a ausência de efeito em junho pode estar relacionado à movimentação do íon no solo. Isto porque o potássio foi aplicado juntamente com o nitrogênio, em todas as aplicações, e, por ser um cátion monovalente, sua mobilidade em solos tropicais aumenta

com o aumento da disponibilidade hídrica do solo (ZENG e BROWN, 2000; UCKER et al., 2016).

Com relação aos teores nas estacas de P, Ca, Mg e S, a ausência de resposta ao incremento das doses do fertilizante nitrogenado (Figura 4 B, D, E e F) indica que, independentemente, do maior crescimento vegetativo (Figura 3C e 3D) as concentrações destes nutrientes não se alteram nos tecidos das estacas. Isso, ocorreu, presumivelmente em função da disponibilidade destes nutrientes nos solos em quantidade suficientes para atender a demanda das plantas (Tabela 1), bem como, pelo fornecimento de Ca e Mg pelo calcário.

A sequência para os teores de nutrientes nas estacas, seguiram a ordem $K > N > Ca > P > Mg > S$, independente da dose de N aplicada e da época de avaliação. Isso difere do requerimento na ordem N, K e Ca para folhas e frutos (DUBBERSTEIN et al., 2016; COVRE et al., 2018) e parte aérea vegetativa (BAZONI et al., 2020). Neste caso, considera-se a possibilidade de estar havendo consumo de luxo, visto que havia alta disponibilidade do nutriente no solo (Tabela 1). No entanto, como o K foi o nutriente com maior teor nas estacas, reforçam-se a indicação de que o esse nutriente não deve ser negligenciado durante o manejo nutricional das plantas do jardim clonal. Isso, porque, apesar do potássio ser geralmente associado ao enchimento dos frutos, os resultados neste estudo demonstram que, para produção de estacas a demanda por este nutriente também é alta.

2.5 Conclusões

No período de setembro a janeiro, os cafeeiros *C. canephora* produzem maior quantidade de massa vegetativa e, conseqüentemente, de propágulos vegetativos, que no período de janeiro a junho, nas condições da Amazônia Sul Ocidental.

As concentrações de nutrientes nos tecidos variam com a época do ano em razão de disponibilidade de nutrientes no solo e da quantidade de massa seca acumulada.

Aumento das doses de nitrogênio resulta em incremento de massa vegetativa, de propágulos e das concentrações de nitrogênio e potássio, mas não afetam os teores de fósforo, cálcio, magnésio e enxofre nos propágulos vegetativos de *C. canephora*.

Independentemente da dose de N aplicada, os teores de nutrientes nas estacas seguem a ordem $K > N > Ca > P > Mg > S$.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE JÚNIOR, S.; ALEXANDRE, R. S.; SCHMILDT, E. R.; PARTELLI, F. L.; FERRÃO, M. A. G.; MAURI, A. L. Comparison between grafting and cutting as vegetative propagation methods for conilon coffee plants. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 35, n. 4, p. 461-469, 2013.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Koppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, p.711-728, 2013.
- BAMBOLIM, A.; CAIONE, G.; SOUZA, N. F.; JUNIOR, G. D. F. S.; FERBONINK, G. F. Calcário líquido e calcário convencional na correção da acidez do solo. **Journal of Neotropical Agriculture**, v. 2, n. 3, p. 34-38, 2015.
- BAZONI, P. A.; ESPINDULA, M. C.; ARAÚJO, L. F. B. de; VASCONCELOS, J. M.; CAMPANHARO, M. Production of cuttings and nutrient export by *Coffea canephora* in different periods in the Southwestern Amazon. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 24, n. 3, p. 162-169, 2020.
- BRAGANÇA, S. M.; PRIETO MARTINEZ, H. E.; LEITE, H.G.; SANTOS, L.P.; SEDIYAMA, C. S.; ALVAREZ V.V.H.; LANI, J. A. Acúmulo de B, Cu, Fe, Mn e Zn pelo cafeeiro conilon. **Revista Ceres**, v.54, p.398-404, 2007.
- CARVALHO, J. M. F. C.; SILVA, M. M. de A. Plantas Matrizes na propagação vegetativa. Campina Grande: Embrapa Algodão, **Documentos**, n. 242, 2012, 36 p.
- CARVALHO, H. de P.; NETO, D. D.; TEODORO, R. E. F.; DE MELO, B. Balanço hídrico climatológico, armazenamento efetivo da água no solo e transpiração na cultura de café. **Bioscience Journal**, v. 27, n. 2, p. 221-229, 2011.
- CLEMENTE, J. M.; MARTINEZ, H. E. P.; ALVES, L. C.; LARA, M. C. R. Effect of N and K doses in nutritive solution on growth, production and coffee bean size. **Revista Ceres**, v. 60, n. 2, p. 279-285, 2013.
- COVRE, A. M.; PARTELLI, F. L.; BONOMO, R.; TOMAZ, M. A.; RAMALHO, J. C. Impacts of water availability on macronutrients in fruit and leaves of conilon coffee, **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.53, n. 9, p. 1025-1037, 2018.
- COVRE, A. M.; RODRIGUES, W. P.; VIEIRA, H.D.; BRAUN, H.; RAMALHO, J. C.; PARTELLI, F. L. Nutrient accumulation in bean and fruit from irrigated and non-irrigated *Coffea canphora* cv. Conilon. **Emirantes Journal of Food and Agriculture**, v. 28, 2016.
- CUNHA, A. C. M. M.; DE PAIVA, H. N.; XAVIER, A.; OTONI, W. C. Papel da nutrição mineral na formação de raízes adventícias em plantas lenhosas. **Pesquisa Florestal Brasileira**, n. 58, p. 35, 2009.
- DUBBERSTEIN, D.; PARTELLI, F. L.; DIAS, J. R. M.; ESPINDULA, M. C. Concentration and accumulation of macronutrients in leaf of coffee berries in the Amazon, Brazil. **Australian Journal of Crop Science**, v. 10, n. 5, p. 701, 2016.

DUBBERSTEIN, D.; PARTELLI, F. P.; ESPINDULA, M. C.; DIAS, J. R. M. Concentration and accumulation of micronutrients in robust coffee. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 41, 2019.

DUBBERSTEIN, D.; PARTELLI, F. L.; DIAS, J. R. M.; ESPINDULA, M. C. Influência da adubação no crescimento vegetativo de cafeeiros na Amazônia sul ocidental. **Coffee Science**, v.12, n.2, p.197-206, 2017.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, **Manual de análise química dos solos, plantas e fertilizantes**. 2 ed. 2009, 627 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Brasília, 2013, 353 p.

ESPINDULA, M. C.; MAURI, A. L.; RAMALHO, A. R.; DIAS, J. R. M.; FERREIRA, M. G. R.; SANTOS, M. R. A.; MARCOLAN, A. L. Produção de mudas. In: MARCOLAN, A.; ESPINDULA, M. C. **Café na Amazônia**. Brasília: Embrapa, p.129-154, 2015.

ESPINDULA, M. C.; RODOVALHO, G. M.; MARCOLAN, A. L.; BARBERENA, I. M.; CIPRIANI, H. N. ; CAMPANHARO, M. ; ARAUJO, L. F. B. de, Ammonia Loss from Protected Urea in Soil under Different Irrigation Depths. **Acta Scientiarum - Agronomy**. v. 43, p. e46764, 2021.

GONÇALVES, J. R. P.; MOREIRA, A.; BULL, L. T.; CRUSCIOL, C. A. C.; VILLAS BOAS, R. L. Granulometria e doses de calcário em diferentes sistemas de manejo. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 33, n. 2, p. 369-375, 2011.

GONTIJO, R. A. N.; GUIMARÃES, R. J.; CARVALHO, J. G. de. Crescimento e teor foliar de nutrientes em cafeeiro decorrente da omissão isolada e simultânea de Ca, B, Cu e Zn. **Coffee Science**, v. 3, n. 2, p. 124-132, 2008.

LIMA, F. V. D.; MENDONÇA, V.; SILVA, F. S. O.; CÂMARA, F. M. D. M.; IRINEU, T. H. D. S. NITROGEN AND ORGANIC FERTILIZATION ON GRAPEVINE PRODUCTIVITY IN THE BRAZILIAN SEMIARID REGION. **Revista Caatinga**, v. 32, n. 1, p. 121-130, 2019.

LISBOA, C. C.; OLIVEIRA, J. R.; DE LIMA, F. R. D.; SILVA, E. A.; SILVA, C. A.; DE SÁ, J. J. G.; MARQUES, M. Lixiviação de nitrato e amônio em Latossolo Vermelho distroférrico. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias (Agrária)**, v. 14, n. 2, p. 5658, 2019.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. Ceres, São Paulo. 2006, 638 p.

MARCOLAN, A. L.; ESPINDULA, M. C.; MENDES, A. M.; SOUZA, K. W. DE; SCHLINDWEIN, L. A. Manejo Nutricional. In: Marcolan, A. R.; Espindula, M. C. **Café na Amazônia**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, p. 175-194, 2015.

MARRÉ, W. B.; PARTELLI, F. L.; ESPINDULA, M. C.; DIAS, J. R. M.; GONTIJO, I.; VIEIRA, H. D. Micronutrient Accumulation in Conilon Coffee Berries with

Different Maturation Cycles. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, n. 5, p. 1456-1462, 2015.

MARTINS, C. A.S.; ULIANA, E. M.; REIS, E. F.; SILVA, J. G. F.; BERNADES, C. DE O. Balanço hídrico da cultura do café conilon nas condições edafoclimáticas do município de Ecoporanga-es. **Enciclopédia biosfera**, v. 7, n. 12, 2011.

OLIOSI, G.; RODRIGUES, J. D. O.; FALQUETO, A. R.; PIRES, F. R., MONTE, J. A.; PARTELLI, F. L. Fluorescência transiente da clorofila a e crescimento vegetativo em cafeeiro Conilon sob diferentes fontes nitrogenadas. **Coffee Science**, v. 12, n. 2, p. 248 – 259, 2017.

OLIVEIRA, A. F.; VIEIRA NETO, J.; VILLA, F.; SILVA, L. F. O. Desempenho de jardins clonais de oliveira obtidos por estaquia e enxertia em cortes sucessivos. **Scientia Agraria**, v. 11, n. 4, p. 299305, 2010.

PARTELLI, F. L.; VIEIRA, H. D.; SILVA, M. G.; RAMALHO, J. C. Seasonal vegetative growth of different age branches of conilon coffee tree. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 31, n. 3, p. 619-625, 2010.

PARTELLI, F.L.; MARRÉ, W.B.; FALQUETO, A.R.; VIEIRA, H.D.; CAVATTI, P.C. Seasonal Vegetative Growth in Genotypes of *Coffea canephora*, as Related to Climatic Factors. **Journal of Agricultural Science**, v.5, n.8; p.108-116, 2013.

PARTELLI, F. L.; COVRE, A. M.; OLIVEIRA, M. G.; ALEXANDRE, R. S.; VITÓRIA, E. L. D.; SILVA, M. B. D. Root system distribution and yield of Conilon coffee propagated by seeds or cuttings. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 49, n. 5, p. 349-355, 2014.

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

PREZOTTI, L.C.; BRAGANÇA, S.M. Accumulation of dry mass, N, P and K in different genetic sources of Conilon coffee. **Coffee Science**, v. 8, n. 3, p. 284-294, 2013.

RAMALHO, A. R.; ROCHA, R. B.; SOUZA, F. F.; VENEZIANO, W.; TEIXEIRA, A. L. Progresso genético da produtividade de café beneficiado com a seleção de clones de cafeeiro ‘Conilon’. **Revista Ciência Agronômica**, v. 47, n. 3, p. 516-523, 2016.

SOUZA, R. S. de, JÚNIOR; C. H., REZENDE, R.; DA COSTA, A. R.; FREITAS, P. S. L. de; TAVORE, R. V.; MALLER, A. Características de crescimento inicial de duas cultivares de cafeeiro sob diferentes regimes hídricos e níveis de fertilização NPK. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 6, p. 3141-3152, 2013.

SILVA, D. R.; SILVA, D. R.; DAMACENO, J. B. D.; ANDRADE, R. A.; DOMINGUES, C. G.; SILVA, C. A.; MARTINS, J. K. D.; TRASPADINI, E. I. F.; DUBBERSTEIN, D.; DIAS, JAIRO R. M. Compatibility Test and Agronomic Performance of Coffee Genotypes (*Coffea canephora* Pierre ex Froehner) in the State of Rondônia, Brazil. **Journal of Agricultural Science**, v. 11, p. 162, 2019.

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

UCKER, F. E.; DE-CAMPOS, A. B.; HERNANI, L. C.; MACÊDO, J. R. D.; MELO, A. D. S. Movimentação vertical do íon potássio em Neossolos Quartzarênicos sob cultivo com cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 9, p. 1548-1556, 2016.

VEIGA, A. D.; RODRIGUES, G. C.; ROCHA, O. C.; BARTHOLO, G. F.; GUERRA, A. F.; SILVA, T. P. D. Arabica coffee cultivars in different water regimes in the central cerrado region. **Coffee Science**, v. 14, n. 3, p. 349 - 358, 2019.

VERDIN FILHO, A. C.; MAURI, A. L.; VOLPI, P. S.; FONSECA, A. F. A.; FERRÃO, R. G.; FERRÃO, M. A. G.; RODRIGUES, W. N.; ANDRADE JÚNIOR, S. A.; COLODETTI, T. V. Growth and quality of clonal plantlets of Conilon coffee (*Coffea canephora* Pierre ex A. Froehner) influenced by types of cuttings. **American Journal of Plant Sciences**, v.5, p.2148-2153, 2014.

ZENG, Q.; BROWN, P. H. Soil potassium mobility and uptake by corn under differential soil moisture regimes. **Plant and Soil**, v. 221, n. 2, p. 121-134, 2000.

3 ADUBAÇÃO NITROGENADA EM PLANTAS MATRIZES INFLUENCIA O CRESCIMENTO E A QUALIDADE DE MUDAS CLONAIS DE CAFEEIROS

RESUMO

O manejo nutricional do jardim clonal de cafeeiros influencia a produção e qualidade fisiológica dos propágulos vegetativos e a produção de mudas. Assim, objetivou-se analisar a produção de mudas a partir de estacas clonais de cafeeiros *C. canephora* crescidas com doses de fertilizante nitrogenado. As estacas foram retiradas de plantas matrizes de cafeeiros *C. canephora*, da variedade botânica Robusta, do Programa de Melhoramento Genético da Embrapa-RO. As plantas matrizes receberam adubação nitrogenada nas doses: 0; 50; 100; 150; 200; 250 e 300 kg de N por hectare, parceladas em 4 aplicações, durante 150 dias de crescimento das hastas ortotrópica (brotos). Os seguintes parâmetros foram avaliados: Massa seca das estacas, conteúdo nutricional das estacas e a produção de mudas, com análise de crescimento, aos zero; 48; 60; 81; 102; 123; 140 e 160 dias após o estaqueamento – DAE e análise das características vegetativas, aos 123 DAE. A adubação nitrogenada na planta matriz resultou na variação do acúmulo de macronutrientes nas estacas, mas a ordem, $K > N > Ca > P > Mg > S$ foi mantida independente da dose de N aplicada. Além disso, foi verificado que há correlação positiva entre doses de nitrogênio aplicadas às plantas matrizes e o acúmulo de massa seca em mudas de *C. canephora*, bem como, a qualidade fisiológica das mudas.

Palavras-chave: Robusta. Jardim clonal. Estaquia. Taxa de crescimento.

ABSTRACT

The nutritional management of the clonal coffee garden influences the production and physiological quality of vegetative propagules and the production of seedlings. Thereby, the aim of this work was to analyze the seedlings production from clonal cuttings of *C. canephora* coffee trees grown with doses of nitrogen fertilizer. The cuttings were taken from *C. canephora* coffee plants, of the botanical variety Robusta, of genetic improvement program of Embrapa-RO. The parent plants received nitrogen fertilization in the doses: 0; 50; 100; 150; 200; 250 and 300 kg of N per hectare, divided into 4 applications during 150 days of growth of the orthotropic stems (shoots). The following parameters were evaluated cuttings mass, cuttings nutritional content and seedling production, with growth analysis, in days zero; 48; 60; 81; 102; 123; 140 and 160 after staking - DAE, and analysis of vegetative characteristics, at 123 DAE. The nitrogen fertilization resulted in a variation in the accumulation of macronutrients in the cuttings, but the order, K > N > Ca > P > Mg > S, was maintained regardless of the N dose applied. Furthermore, it was verified that there is a positive correlation between nitrogen doses applied to the parent plants and the accumulation of dry mass in *C. Canephora* seedlings, and the physiological quality of the seedlings, as well.

Keywords: Robusta. Clonal garden. Cutting. Growth rate.

3.1 Introdução

O *Coffea canephora* é uma espécie que apresenta alogamia obrigatória devido às suas características de autoincompatibilidade gametofítica (MORAES et al., 2018). Por isso, em cultivos formados com mudas seminais há grande variabilidade genética, resultando em plantas com diferentes potenciais produtivos (RAMALHO et al., 2016, BERGO et al., 2020), diferentes arquiteturas (DALCOMO et al., 2017) e resistência a doenças, como a ferrugem alaranjada do cafeeiro (TEIXEIRA et al., 2017), o que dificulta o manejo e limita a produtividade da lavoura (ROCHA et al., 2015).

Uma alternativa para obter plantios mais homogêneos, produtivos e resistentes tem sido a propagação vegetativa. Essa forma de propagação garante que as características genéticas da planta-matriz, de onde os propágulos são retirados, sejam mantidas e repassadas para os seus descendentes, processo conhecido como clonagem (ANDRADE JUNIOR et al., 2013; RAMALHO et al., 2016). A propagação pode ser realizada por meio de enxertia (ANDRADE JÚNIOR et al., 2013), cultivo *in vitro* (SANTOS; SILVA, 2020) ou estaquia (VERDIN FILHO et al., 2014; VERDIN FILHO et al., 2018). No entanto, apesar das demais formas possíveis de multiplicação, para *C. canephora* a estaquia é a principal técnica de reprodução assexuada utilizada na produção de mudas (FERRÃO et al., 2007; VERDIN FILHO et al., 2014) devido à multiplicação rápida e em larga escala (OLIVEIRA et al., 2010).

Considerando que a estaca é o material vegetativo que dará origem à nova muda, é importante atentar para a qualidade fisiológica desta estrutura vegetativa para a obtenção das maiores taxas de crescimento e dos maiores acúmulos de massa seca, tanto da parte aérea quanto do sistema radicular (GIURIATTO JÚNIOR et al., 2020). A quantidade e a qualidade das estacas podem ser influenciadas por fatores como época do ano (BAZONI et al., 2020) devido às variações na disponibilidade hídrica do solo, de radiação e temperatura e umidade do ar. Fatores que afetam o crescimento vegetativo das plantas, tais como aplicação de água por irrigação (COVRE et al., 2016), fornecimento de fertilizantes (DUBBERSTEIN et al., 2017), bem como, a forma de aplicação desses fertilizantes (MAGIERO et al., 2017) podem também resultar em estacas com diferentes qualidades fisiológicas.

No manejo nutricional do jardim clonal deve-se considerar a sequência decrescente de acúmulo de macronutrientes nas hastes ortotrópicas secundárias (brotos), N > K > Ca > Mg > S > P e a exportação de nutrientes decorrente da retirada das

estacas, $K > N > Ca > Mg > P > S$ (BAZONI et al., 2020). Nessas estruturas vegetativas, N, K e Ca se destacam como os mais demandados, de maneira semelhante ao que ocorre com os frutos cuja a ordem decrescente de acúmulo é $N > K > Ca > P > S > Mg$ (COVRE et al., 2016).

Como o N é o nutriente mais acumulado nas hastes secundárias, de onde serão retiradas as estacas do jardim clonal, participa em diversos processos fisiológicos como fotossíntese e respiração vegetal (TAIZ et al. 2017) e influencia o crescimento vegetativo de cafeeiros (COVRE et al., 2018), estudos de calibração de doses deste nutriente podem contribuir para o máximo rendimento de estacas no jardim clonal. No entanto, é preciso que, além de quantidade, as estacas produzidas no jardim clonal também apresentem qualidade fisiológica que resulte em mudas bem formadas, produzidas no menor tempo possível. Assim, o objetivo neste estudo foi analisar a produção de mudas a partir de estacas clonais de cafeeiros *C. canephora* crescidas com doses crescentes de fertilizante nitrogenado.

3.2 Material e Métodos

O experimento foi conduzido no Campo Experimental da EMBRAPA (longitude $10^{\circ}43'55''$ S e latitude $62^{\circ}15'19''$ W a uma altitude de 300 m), localizado no município de Ouro Preto do Oeste, Rondônia, no período de 20 de agosto de 2018 a 01 de julho de 2019, compreendendo uma fase de produção de estacas, no campo, e uma fase de produção de mudas, em viveiro, onde foram avaliadas as características relacionadas ao crescimento das mudas e a qualidade final das mudas. O clima predominante na região é o tropical chuvoso - Aw (Köppen) (ALVARES et al., 2013), com temperatura média anual de 25°C e precipitação média de $2.000 \text{ mm ano}^{-1}$. O período chuvoso está compreendido entre os meses de outubro-novembro até abril-maio.

Massa seca e conteúdo de macronutrientes nas estacas clonais

Os valores médios de temperatura e umidade relativa, mínima, média e máxima, e a precipitação pluviométrica, referentes ao período de crescimento das estacas (agosto/2018 a janeiro/2019), foram obtidos por meio de estação meteorológica automática instalada no referido Campo Experimental (Figura 1 A, B e C). Para reposição da água perdida por evapotranspiração, durante os meses de estiagem foi realizada

irrigação complementar por meio de sistema de irrigação por aspersão convencional (Figura 1C).

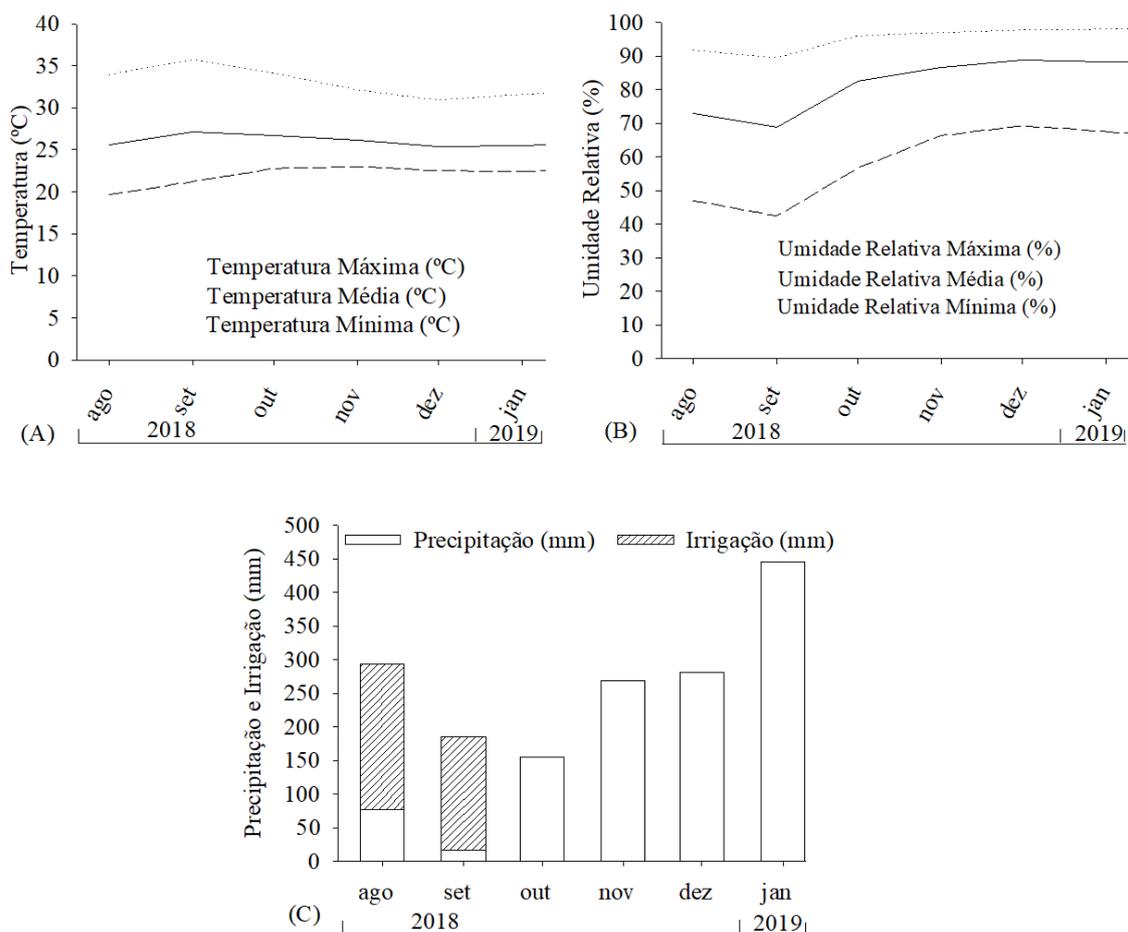


Figura 1- Máximas, médias e mínimas temperaturas (A) e umidades do ar (B); precipitação acumulada e irrigação complementar (C) durante o período experimental de 2018 e 2019. Ouro Preto do Oeste, Rondônia, 2019.

As estacas foram retiradas de plantas matrizes de cafeeiros *C. canephora*, da variedade botânica Robusta, pertencente ao Programa de Melhoramento Genético da Embrapa-RO. A lavoura foi implantada em novembro de 2016 com a finalidade exclusiva de produção de estacas, em um Argissolo Vermelho-Amarelo (EMBRAPA, 2013). O espaçamento utilizado foi o de 2,0 metros entre linhas e 0,5 metros entre plantas, totalizando 10.000 plantas por hectare. As plantas foram conduzidas com apenas uma haste ortotrópica e sem vergamento.

Em dezembro de 2017, 13 meses após a implantação da área, foi realizado a primeira colheita de brotos para produção de estacas clonais. Em abril de 2018 foi

realizada a segunda e no dia 20 de agosto, antes da instalação do experimento, foi realizada a terceira colheita. Além da colheita dos brotos, no momento das colheitas e 60 dias depois foram retirados 33% dos ramos plagiotrópicos das plantas.

Para o manejo nutricional foram utilizadas como bases as recomendações técnicas para cultura destinada a produção de frutos (MARCOLAN et al., 2015). A última adubação nitrogenada antes do emprego dos tratamentos foi realizada em 20 de julho de 2018, quando foram aplicados 135 kg de N na forma de ureia, última adubação do terceiro ciclo de produção de brotos.

Em agosto de 2018, antes da implantação dos tratamentos foram determinados os atributos químicos do solo da área experimental nas camadas de 00 - 20, 20 - 40 e 40 - 60 cm (Tabela 1).

Tabela 1. Atributos químicos de um Argissolo Vermelho-Amarelo do jardim clonal do Campo Experimental da Embrapa, Ouro Preto do Oeste, Rondônia, 2018

Amostra cm	pH Água	P mg dm ⁻³	K ----- -----	Ca	Mg cmol _c dm ⁻³	H+Al -----	Al	CTC -----
0 - 20	4,36	53,13	0,35	1,11	0,76	8,01	0,88	10,24
20 - 40	4,63	13,75	0,36	1,02	0,45	4,81	0,54	6,64
40 - 60	4,98	5,50	0,45	1,59	0,53	3,37	0,05	5,94

Amostra cm	MO g kg ⁻¹	m ----- ----- %	V -----	Cu -----	Fe mg/ dm ⁻³	Mn -----	Zn -----
0 - 20	15,20	31,00	21,13	42,61	230,16	119,27	49,98
20 - 40	7,70	25,50	28,00	19,38	247,83	120,34	46,24
40 - 60	4,95	2,50	43,00	15,75	159,01	119,74	40,98

pH em água 1:2,5, M.O. por digestão úmida, P e K determinados pelo método Mehlich I, Ca, Mg e Al trocáveis extraídos com KCl 1 mol dm⁻³.

Em setembro foi aplicado 50 gramas de calcário dolomítico (PRNT 90%), cobrindo uma área de 0,5 m dentro da linha e 1,0 m em direção das entrelinhas, 0,5 para cada lado da planta, totalizando 0,5 m².

O experimento foi conduzido com sete tratamentos referentes as doses de nitrogênio: 0; 50; 100; 150; 200; 250 e 300 kg de N por hectare por ciclo, aplicado na forma de ureia, com estacas crescidas de agosto a janeiro de 2019. O delineamento foi inteiramente casualizado com dez repetições.

As doses foram divididas em quatro aplicações, a cada 30 dias. O início da aplicação ocorreu 30 dias após padronização inicial, realizada no dia 20 de agosto de

2018. Além do nitrogênio, foi aplicado 120 kg de potássio por hectare por ciclo, usando cloreto de potássio (60% de K_2O), parcelado em quatro vezes e aplicado junto com o nitrogênio. Visando suprir as necessidades de zinco e boro aplicou-se 30 kg de ácido bórico e 30 kg sulfato de zinco por hectare em outubro de 2018.

As hastes ortotrópica (brotos) cresceram por 150 dias, quando então realizou-se a coleta das estacas para a produção de mudas e análise do conteúdo de nutrientes. As estacas foram segmentadas das hastes ortotrópicas, com cortes retilíneos de 0,5 cm acima da inserção dos ramos plagiotrópicos e 6 cm abaixo do nó, inserção das folhas, desconsiderando a parte basal e apical das hastes (BAZONI et al., 2020). Os ramos plagiotrópicos foram removidos e o limbo foliar foi reduzido em $\frac{2}{3}$, para evitar a perda de água e desidratação (DIAS et al., 2012).

Para verificar a massa seca das estacas e o conteúdo nutricional em cada repetição foi retirada duas estacas a partir das hastes coletadas do campo com cortes retilíneos, conforme dimensões citadas, excluindo-se as folhas e os ramos plagiotrópicos, totalizando portanto, 20 estacas. Estas estacas foram homogeneizadas para em seguida formar quatro repetições contendo cinco estacas cada. Desta forma, portanto, o delineamento experimental nesta etapa foi o inteiramente casualizado com quatro repetições.

As estacas foram secas em estufa de circulação forçada de ar a $65^{\circ}C$, até obter massa constante, em seguida tiveram suas massas determinadas em balança analítica e, posteriormente, foram moídas em moinho do tipo Willey e encaminhadas ao Laboratório de Solo e Nutrição de Plantas da Embrapa Rondônia.

No laboratório foram determinados os teores de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S). O N foi determinado por destilação pelo método semi-micro Kjeldahl, após digestão sulfúrica. O P foi determinado por espectrofotometria molecular; K por fotometria de chama e os nutrientes Ca, Mg e S por espectrofotometria de plasma, todos após digestão nitroperclórica (EMBRAPA, 2009). Assim, de posse dos valores nutricionais e das massas secas das estacas, foi obtido o conteúdo de nutrientes das estacas. Os resultados foram expressos em grama por estaca ($g\ estaca^{-1}$).

Acúmulo de massa seca e taxas de crescimento

Para a análise de crescimento parte das estacas colhidas no campo de plantas matrizes foram encaminhadas para viveiro e induzidas ao enraizamento e brotação para formação mudas.

O experimento foi conduzido em esquema fatorial 7×8 , composto pela combinação das sete doses de fertilizantes nitrogenado aplicadas no campo de plantas matrizes e oito épocas de avaliação: Zero (massa da estaca); 48; 61; 80; 101; 122; 143 e 164 dias após o estaqueamento (DAE). O delineamento foi inteiramente casualizado com quatro repetições. A parcela experimental foi composta por seis tubetes de 280 cm^3 , cada um contendo uma estaca/muda.

Cada estaca foi acondicionada em tubo retornável de polietileno (tubete) com capacidade de 280 cm^3 . Antes de receber as estacas, os tubetes foram preenchidos com substrato comercial Vida Verde Tropstrato HT[®], com adição de 0,5 kg do fertilizante Basacot[®] Plus 6M (16% de N, 8% de P, 12% de K, 2% de Mg, 5% de S, 0,4% Fe, 0,02% de B, 0,02% de Zn, 0,05% de Cu, 0,06% de Mn e 0,015% de Mo) e 0,2 kg superfosfato triplo para cada 100 kg de substrato.

Na sequência, foram colocados em bandejas sobre bancadas suspensas, no interior do viveiro, onde receberam irrigação constante durante toda fase do seu desenvolvimento por meio de um sistema de irrigação do tipo nebulizador, associada a um temporizador destinado a programação do fornecimento de água. O sistema foi programado para acionar a irrigação durante 10 segundos a cada 5 minutos, nos primeiros 30 dias; 30 segundos a cada 20 minutos de 30 a 90 dias e 60 segundos a cada 30 minutos de 90 até 120 dias e a partir dos 120 dias as mudas foram regadas de forma manual três vezes por dia, às 8:00 h., 12:00 h. e 16:00 h.

A massa das mudas foi avaliada ao zero (massa da estaca inicial), 48, 61, 80, 101, 122, 143 e 164 dias após o estaqueamento (DAE). Para isso as mudas foram retiradas dos tubetes, lavadas para remover o substrato e então secas estufa de circulação forçada de ar a 65°C até atingir massa constante, em seguida, suas massas determinadas por meio de balança analítica. De posse das massas, determinaram-se as curvas de: Acúmulo de massa seca, taxa de crescimento absoluto - TCA (mg dia^{-1}) e taxa de crescimento relativo - TCR ($\text{mg g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$). Após a avaliação dos 122 DAE, foi realizada adubação com 50 cm^3 de solução nitrato de cálcio em cada tubete na concentração de $5 \text{ cm}^3 \text{ dm}^{-3}$.

O acúmulo de massa seca foi obtido por determinação direta da massa seca total das plantas (com a estaca). A TCA foi calculada seguindo a equação: $TCA = (M2 -$

$M1)/(T2-T1)$; Onde, M1 e M2 é a variação da massa da matéria seca em duas amostras consecutivas tomadas nos tempos T1 e T2 e a TCR foi calculada seguindo a equação: $TCR = (\ln M2 - \ln M1) / (T2 - T1)$, onde ln é o logaritmo neperiano; M1 e M2 representam a massa seca nos tempos T1 e T2 (PEIXOTO et al., 2011).

Características vegetativas das mudas aos 122 dias após o estaqueamento

Aos 122 dias após o estaqueamento (DAE), concomitante à avaliação do acúmulo de massa seca e taxas de crescimento, as mudas foram avaliadas quanto as suas características vegetativas, tempo médio para formação de mudas clonais de *C. canephora* no estado de Rondônia (ESPINDULA et al., 2015). Avaliou-se: 1) comprimento do caule (CC) medição direta do ponto de inserção do broto, na estaca, até o meristema apical; 2) diâmetro do caule (DC) determinado na base do ramo, 3 cm acima do ponto de inserção do broto na estaca; 3) número de raízes (NR) por contagem direta; 4) volume de raízes (VR) determinado em proveta graduada, por diferença de volume deslocado; 5) massa seca das estacas (MSE), 6) massa seca da parte aérea (MSPA), 7) massa seca das raízes (MSR) determinadas em balança analítica após secagem em estufa de circulação forçada de ar a 105°C até atingir massa constante; 8) massa seca total (MST) pela soma MSPE, MSPA e MSPR, 9) área foliar (AF) determinado por meio de software DDA – Determinador Digital de Área (FERREIRA et al., 2008); e 10) índice de qualidade de Dickson (IQD), obtido pela fórmula; $IQD = [MST / [(CC/DC) + (MSPA/MSR)]]$ (DICKSON et al., 1960).

Análise estatística

Os dados foram submetidos à ANOVA e análise de regressão e os modelos matemáticos foram escolhidos conforme os maiores valores dos coeficientes de determinação (r^2/R^2), a significância dos coeficientes de regressão (β_i) e do teste F da regressão, ambos até 5% de probabilidade, assim como, pelo comportamento do fenômeno biológico.

3.3 Resultados

Massa seca e Conteúdo de macronutrientes nas estacas clonais

O aumento da dose de N promoveu decréscimo exponencial de massa seca nas estacas de 1,31 g por estaca nas menores doses, para 1,05 g por estaca nos propágulos que cresceram sob as maiores doses (Figura 2).

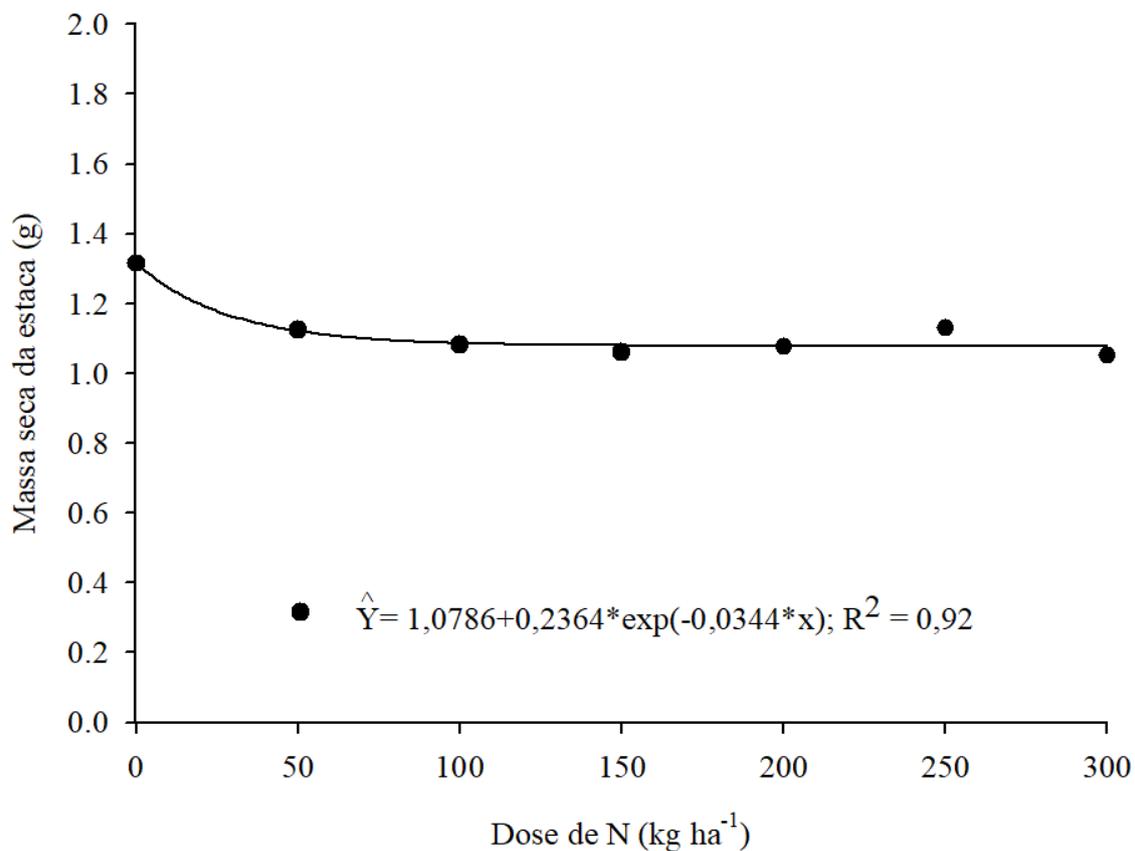


Figura 2 - Produção de massa seca, por estacas de cafeeiros *C. canephora* conduzidas em sistema de jardim clonal sob diferentes doses de nitrogênio, Ouro Preto do Oeste, 2019.

As doses de nitrogênio influenciaram nos conteúdos de N, K e Ca das estacas de *C. Canephora* (Figura 3). O N apresentou comportamento linear crescente, o K comportamento quadrático com ponto de máxima na dose de 258 kg ha⁻¹ de N e o Ca comportamento linear decrescente. Os demais nutrientes, P, Mg e S, não foram influenciados pelos incrementos das doses de N.

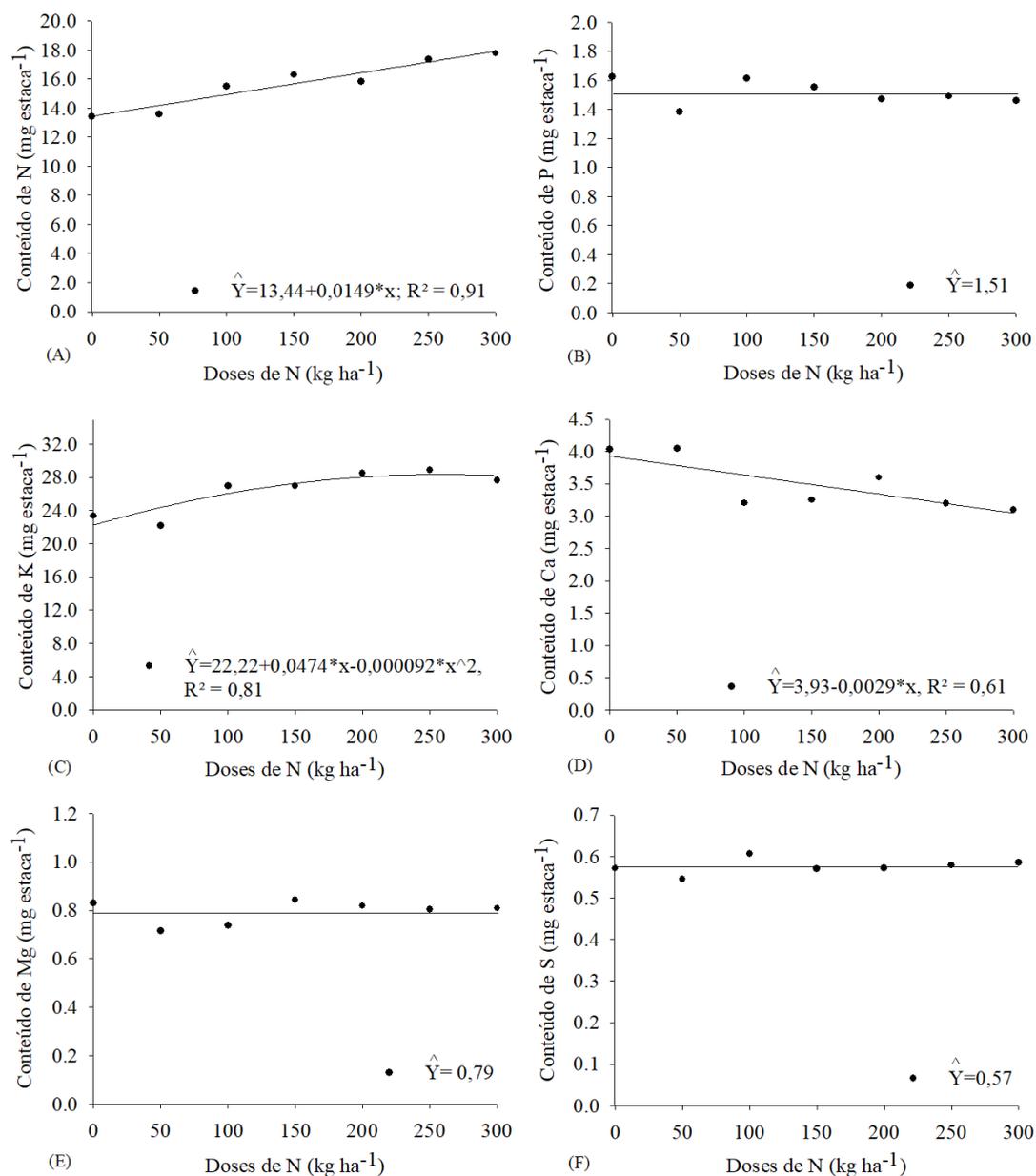


Figura 3 - Conteúdo de nitrogênio (A), fósforo (B), potássio (C), cálcio (D), magnésio (E) e enxofre (F) em estacas de cafeeiros *Coffea canephora* crescidas com diferentes doses de nitrogênio.

Acúmulo de massa seca e taxas de crescimento

Independentemente da dose de N estudada o acúmulo de massa seca (AMS) aumentou de forma exponencial crescente, ao longo do período de formação das mudas. As mudas produzidas com estacas provenientes dos tratamentos com as maiores doses de nitrogênio, inicialmente apresentaram as menores massas, como para dose 300 kg por

hectare de N ($1,07 \text{ g muda}^{-1}$) e, com passar dos DAE, o acúmulo dessas mudas foram os maiores avaliados ($4,32 \text{ g muda}^{-1}$). O inverso ocorreu com as mudas sob a dose zero kg por hectare de N, que inicialmente apresentavam a maior massa seca ($1,20 \text{ g muda}^{-1}$) e ao final do ciclo obtiveram o menor acúmulo de massa de $3,21 \text{ g muda}^{-1}$ (Figura 4).

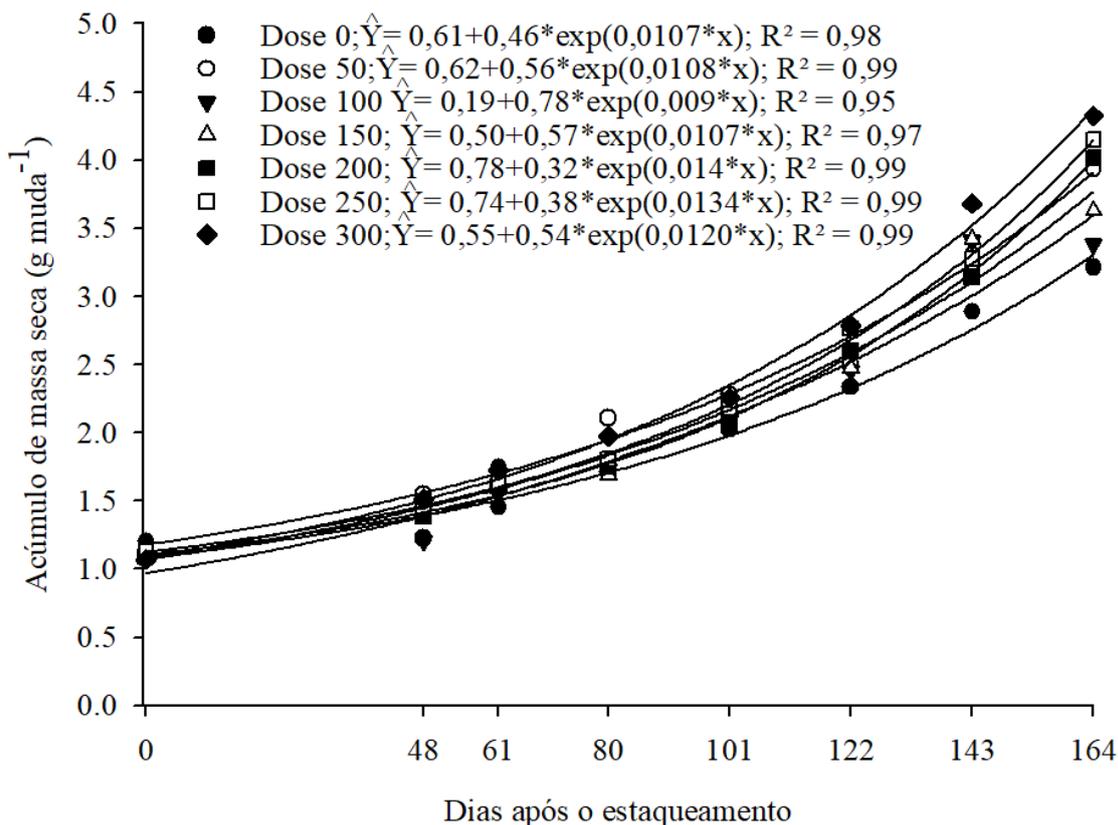


Figura 4 – Acúmulo de massa seca, de mudas de cafeeiro *Coffea canephora* formadas a partir de estacas crescidas com diferentes doses de nitrogênio.

Para as taxas de crescimento relativo e absoluto, como não houve interação entre os períodos de avaliação e as doses de N, foram apresentados os resultados médios dessas características ao longo do tempo (Figura 5). As taxas médias de crescimento relativo e absoluto foram caracterizadas com crescimento inicial lento (até os 48 dias), seguidas por um rápido crescimento até 61 dias, a partir da qual, o incremento de massa ocorreu de forma linear até os 122 DAE. De 122, quando houve a aplicação de nitrato de cálcio, até 143 DAE, observou-se uma fase de acentuado crescimento. Após 143 DAE as taxas de crescimento das mudas foi novamente mais lento. As taxas de crescimento não se ajustaram a nenhum modelo matemático, porém foi observado dois picos de crescimento

aos 61 e 143 DAE, com TCA de 16,42 mg dia⁻¹ e 35,39 mg dia⁻¹, e TCR de 11,09 mg mg⁻¹ dia⁻¹ e 12,11 mg mg⁻¹ dia⁻¹, respectivamente (Figura 5).

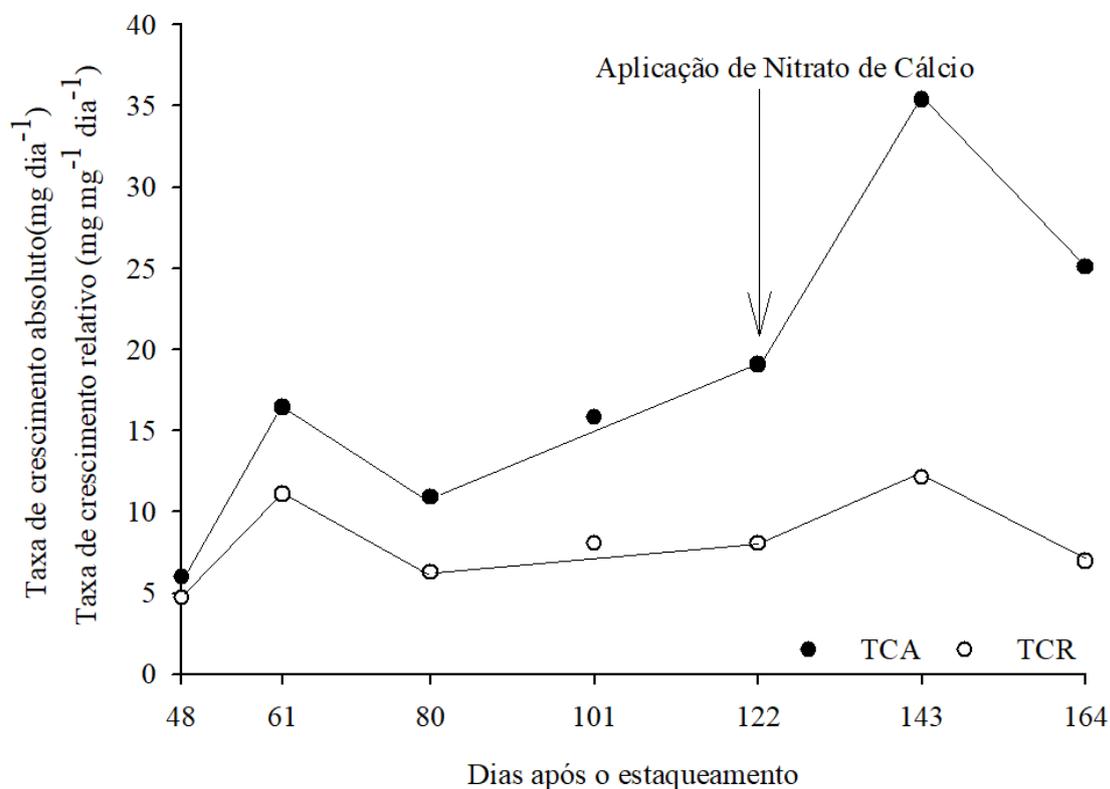


Figura 5 –Taxa de crescimento absoluto (TCA) e taxa de crescimento relativo (TCR) de mudas de cafeeiro *Coffea canephora* formadas a partir de estacas crescidas com diferentes doses nitrogenadas

Características vegetativas das mudas aos 122 dias após o estaqueamento

Houve crescimento linear das características vegetativas CC, DC, NR, VR, AF, MSPA, MST das mudas à partir de doses de N aplicadas às plantas matrizes. O NR apresentou comportamento quadrático com pontos de máxima obtidos na dose 81 kg ha⁻¹ de N enquanto a MSE, MSPR e IQD não foram influenciadas pelas doses de N aplicadas às plantas matrizes. Os valores médios de MSE, MSPR e IQD foram de 0,28, 1,30 g e 0,43 g, respectivamente (Figura 6).

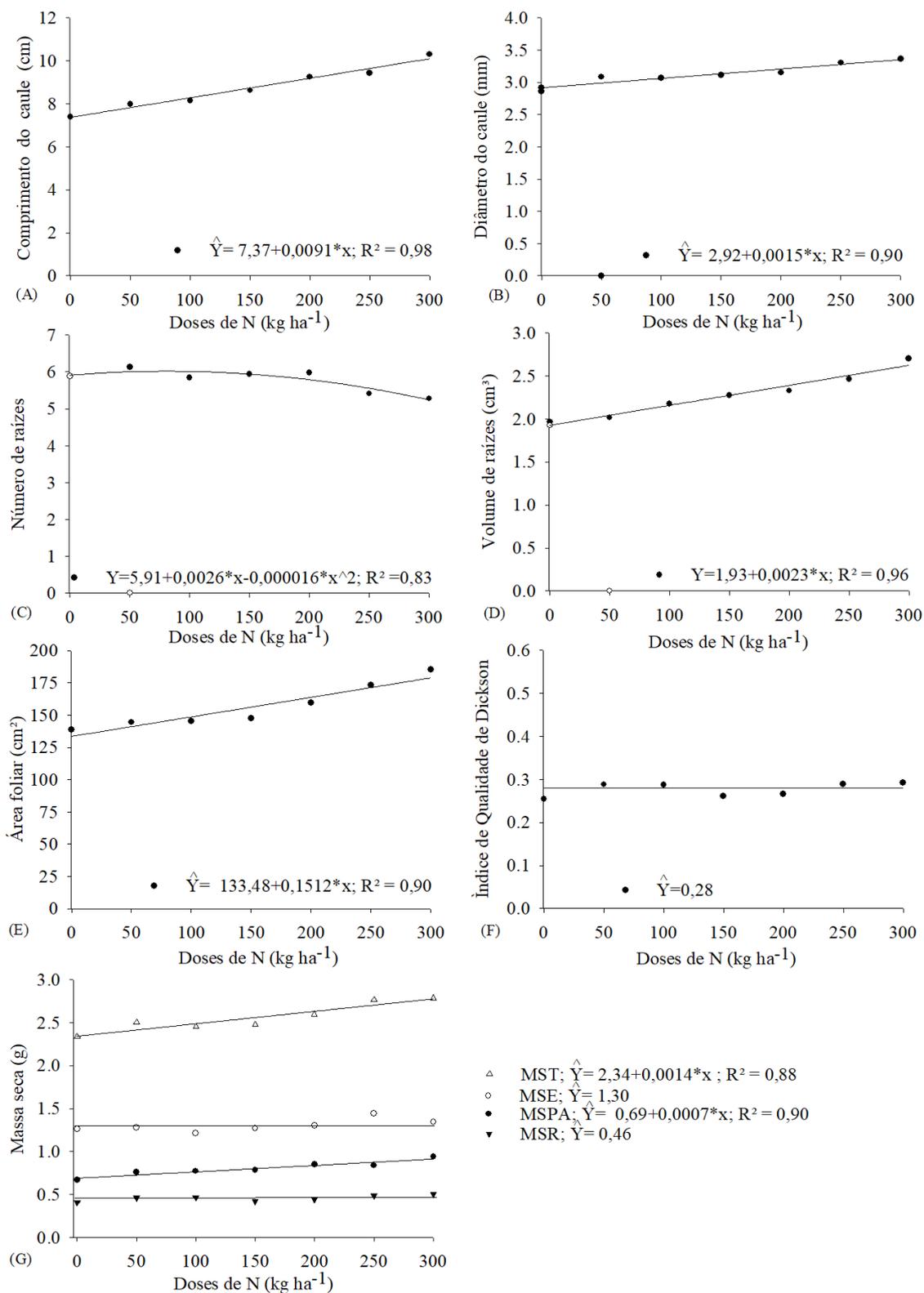


Figura 6 – Características vegetativas de mudas de cafeeiro *Coffea canephora*, aos 122 DAE, formadas a partir de estacas crescidas com diferentes doses de nitrogênio. Comprimento do caule (A); diâmetro do caule (B) área foliar (C); número de raízes (D); volume de raízes (E); índice de qualidade de

Dickson (F) de mudas e massa seca das estacas, parte aérea, sistema radicular e total (G)

3.4 Discussão

Massa seca e Conteúdo de macronutrientes nas estacas clonais

Com o aumento das doses de N houve redução da massa seca das estacas, isso porque o incremento do nitrogênio promove maior crescimento vegetativo e alongamento do caule (CIRIELLO; GUERRINI; BACKES, 2014; SOARES et al., 2017). Ou seja, a maior disponibilidade de N pode ter resultado em hastes mais finas ou menos densas e, portanto, mais leves, em razão da competição por recursos como radiação solar causado pelo maior número de hastes secundárias, maior número de estacas e maior massa fresca das hastes (Resultados não apresentados).

Com relação ao conteúdo nutricional, o aumento dos conteúdos de nitrogênio em função das doses de nitrogenado (Figura 3A) ocorreu pela maior disponibilidade do nutriente no solo, para a absorção pelas raízes. Quanto ao potássio, não esperava-se aumento no conteúdo desse nutriente nas estacas, já que a fonte de nitrogênio utilizada foi a ureia, que não apresenta potássio em sua composição, e esta fonte é rapidamente hidrolisada no solo, liberando amônio (NH_4^+), o que poderia ter efeito negativo na absorção de K^+ (HOLZSCHUH et al., 2011).

No entanto, como o fertilizante foi parcelado em quatro aplicações ao longo do ciclo; entre a última aplicação de fertilizantes e a coleta de estacas houve um período de aproximadamente 30 dias; e como havia acidez elevada no solo (Tabela 1) e disponibilidade de água e temperatura elevada (Figura 1), presume-se que houve transformação de NH_4^+ em formas nítricas (NO_2^- e NO_3^-) pelo processo de nitrificação e isso favoreceu a absorção de nitrogênio na forma nítrica. Quando ocorre absorção de ânions, há tendência de aumento na absorção de cátions para manter o equilíbrio iônico nos tecidos (BATISTA; MONTEIRO, 2010; ROCHA et al., 2014). Além disso, é importante ressaltar que este nutriente já estava presente no solo em quantidades de 0,35 a 0,45 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de solo (Tabela 1), e ainda foi adicionado 150 kg de K_2O por hectare durante o ciclo de crescimento das hastes.

O decréscimo dos conteúdos de cálcio (Figura 3D) das estacas pode estar associado ao efeito de competição entre cátions, já que houve aumento nos conteúdos de

K dos tecidos. Isso ocorre porque o potássio é absorvido preferencialmente em relação ao cálcio por ser um cátion monovalente e de menor raio iônico (MONTES et al., 2016). Também deve-se enfatizar que havia baixa disponibilidade de Ca no solo e o calcário aplicado pode não ter disponibilizado Ca em tempo para o maior suprimento das plantas.

Outro fator relevante observado foi que o conteúdo de K foi maior que o de N nas estacas (Figura 3 A e C). Possivelmente, este resultado está relacionado ao papel do K em funções de manutenção do equilíbrio osmótico das plantas (OOSTERHUIS et al., 2014). Este maior conteúdo de potássio pode ser de especial importância durante a fase de enraizamento das estacas no viveiro, pois ele atua, entre outras coisas, na manutenção do turgor celular, processo importante em estacas em início do processo de rizogênese (CUNHA et al., 2009).

A sequência de acúmulo de macronutrientes na estaca foi $K > N > Ca > P > Mg > S$, diferentemente da relatada para cafeeiros conilon, $K > N > Ca > Mg > P > S$ (BAZONI et al., 2020) na qual Mg foi mais exportado pelas estacas que o P. No entanto, naquele estudo foram avaliadas as estacas com $2/3$ das folhas, exatamente como são usadas para produção de mudas, enquanto neste estudo foi avaliado apenas a estaca sem folhas. Os resultados reforçam a importância do N, K e Ca na nutrição do jardim clonal, mas é importante destacar que os demais macronutrientes P, Mg e S não devem ser negligenciado pois, participam dos processos de respiração (P, Mg e S), metabolismo de carboidratos (P e S) síntese de proteínas (Mg e S), síntese de ácidos nucleicos (P e Mg) (CUNHA et al., 2009) importantes para desenvolvimento das plantas.

Acúmulo de massa seca e taxas de crescimento

Para o acúmulo de massa das mudas o comportamento foi exponencial, independentemente da dose de N, evidenciando lento crescimento até aos 48 DAE e aumento gradativo do acúmulo de massa até 164 DAE (Figura 4). Na fase inicial, os níveis de nutrientes do propágulo influenciam o processo de iniciação radicular (CUNHA et al., 2009, DIAS et al., 2012), pois devido à ausência de raízes absorventes a água e nutrientes não são retiradas do substrato, sendo uma das fases mais críticas neste método de propagação para sobrevivência das estacas (PETRY et al., 2011).

Na avaliação do 164º DAE as estacas produzidas com a dose de 300 kg de N deram origem a mudas com 4,32 g de matéria seca enquanto as mudas oriundas de estacas produzidas com a dose zero resultaram em mudas com 3,21 g de massa seca. Esta maior massa das mudas provenientes das estacas crescidas sob as maiores doses de nitrogênio

está relacionada aos benefícios deste nutriente no propágulo vegetativo para enraizamento e desenvolvimento da parte aérea (COLODETTI et al. 2015; PICOLOTTO et al., 2015).

Independentemente das doses de N, os valores finais de massa seca estiveram abaixo dos reportados para mudas de *C. canephora* produzidas com diferentes idades das estacas, em que os valores estiveram acima de 4,8g por muda aos 168 DAE, independentemente da idade da estaca (GIURIATTO JÚNIOR et al., 2020). As diferenças indicam que aspectos relacionados ao manejo das mudas no viveiro podem ter influenciado no desenvolvimento das mudas, já que o material genético utilizado neste estudo foi o mesmo que o utilizado pelos referidos autores. Além disso, não foi encontrado estabilização na velocidade de acúmulo de massa ao final do ciclo, o que geralmente ocorre por limitação do volume do recipiente (ESPINDULA et al., 2018; GIURIATTO JÚNIOR et al., 2020), quando o sistema radicular está bem desenvolvido.

As curvas de TCA e TCR foram semelhantes com dois picos de crescimento, o primeiro de 48° ao 61° DAE e outro do 122° ao 143° DAE (Figura 5). No primeiro caso, as altas taxas de crescimento estão relacionadas ao surgimento de raízes e consequente absorção de água e nutrientes do substrato, indicando que houve emissão precoce de raízes, já que Giuriatto Júnior et al. (2020) relataram elevação da TCR e TCA somente após o 83° DAE. Porém ao contrário do relatado por estes autores, houve decréscimo das taxas de crescimento do 61° ao 80° DAE, com retomada nas avaliações seguintes. Esta inesperada redução pode estar relacionada aos ajustes no sistema de irrigação para o fornecimento de água, fator que pode ser decisivo no processo de desenvolvimento das mudas (BAZONI, 2018).

O segundo pico de crescimento, por sua vez, foi resultado da aplicação do fertilizante, visto que, o nitrato de cálcio, $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, apresenta em sua composição 14% de N e 28% de Ca, dois dos nutrientes mais acumulados pelas estacas junto como K, como já mencionado anteriormente. Além do efeito do nitrogênio, acredita-se que o Ca tenha contribuído de forma significativa para a obtenção do segundo pico, visto os conteúdos nas estacas podem ser considerados baixos, até 4 mg estaca⁻¹, se comparados aos conteúdos encontrados em cafeeiros Conilon, 10,7 mg estaca⁻¹ (BAZONI, 2018) e Robusta, 9 mg estaca⁻¹ (GIURIATTO JÚNIOR, 2019).

Além do baixo conteúdo de Ca na estaca, é importante ressaltar que esse nutriente é pouco móvel nos tecidos (TAIZ et al., 2017) e que o fertilizante Basacote® utilizado no preparo do substrato não contém cálcio. Este nutriente pode limitar o crescimento das mudas de espécies lenhosas (GONÇALVES et al., 2013), pois participa no processo de

metabolismo de hormônio, divisão celular, metabolismo de peroxidases, bem como alongamento celular (CUNHA et al., 2009). Como resposta, a esse incremento dos teores de Ca no substrato, melhora-se o desenvolvimento das mudas aumentando a produção de matéria seca (GONÇALVES et al., 2013), bem como altura e diâmetro das mudas (ESTEVEZ et al., 2020). Além disso, o Ca possui função estrutural na formação da parede celular e constitui a lamela média, o que confere a rigidez a planta (TAIZ et al., 2017).

Características vegetativas das mudas aos 122 dias após o estaqueamento

O aumento linear nos valores das características vegetativas aos 122 DAE em função das doses de N (Figura 3 D) estão relacionados a maior disponibilidade do nutriente na síntese de compostos nitrogenados, tais como proteínas e clorofila e pelo menor grau de lignificação das estacas se for admitido que isso ocorreu devido ao maior crescimento das hastes, redução da massa seca e pelas menores concentrações de Ca, em tecidos mais jovens (TAIZ et al., 2017).

No caso da síntese de compostos, o N presente nas estacas contribuiu para o desenvolvimento das mudas porque é um nutriente essencial em processos fisiológicos como fotossíntese, respiração e diferenciação celular (TAIZ et al., 2017). Assim, se correlaciona de forma positiva na produção de mudas devido ao armazenamento de reservas nas estacas e no desenvolvimento da parte aérea (COLODETTI et al., 2015), como no comprimento do caule (PICOLOTTO et al., 2015) e incremento em biomassa (GONÇALVES et al., 2013).

Com relação a lignificação, na propagação vegetativa de cafeeiros, estacas menos lignificadas proporcionam melhor enraizamento de cafeeiros arábica (REZENDE et al., 2010) e canéfora (GIURIATTO JÚNIOR et al., 2020), principalmente por não oferecer barreira física ao surgimento das raízes e por ser mais propensos a desdiferenciação do tecido (GOMES; KRINSKI, 2016; ARANTES et al., 2019).

Com relação ao número de raízes, o incremento com as doses de N influenciou positivamente o desenvolvimento até atingir um ponto máximo proporcionado pela dose de 81 kg ha⁻¹. Deste ponto em diante, o desenvolvimento das raízes declinou possivelmente devido ao conteúdo de N nas estacas ser superior ao de carboidratos e, conseqüentemente ter levado a uma menor relação C/N que desfavorece o enraizamento adventício, pois os carboidratos são fontes de energia à iniciação dos primórdios radiculares. (CUNHA et al., 2009; HARTMANN et al., 2011).

Quanto ao índice de qualidade de Dickson (IQD) parâmetro utilizado como referência para verificar a qualidade de mudas, apesar de não ter sido influenciado pelas doses de N (Figura 6 F), as características biométricas tomadas para compor a avaliação do índice apresentaram diferenças positivas com efeito do aumento das doses (Figura 6 A, B, G). Esses resultados em conjunto ressaltam a importância da condição nutricional das plantas matrizes sobre a qualidade fisiológica das mudas relatadas em outras pesquisas (CUNHA et al., 2009; DIAS et al., 2012; OLIVEIRA et al., 2019). E, especificamente neste estudo, a adubação das plantas matrizes no jardim clonal com N reforçam a ideia de que uma adubação adequada da planta doadora das estacas com este nutriente influencia positivamente no crescimento e qualidade fisiológica das mudas.

3.5 Conclusões

O conteúdo de N e K na estaca aumenta enquanto o conteúdo de Ca diminui, e os conteúdos de P, Mg e S não são alterados com o incremento de doses de nitrogênio, aplicadas na forma de ureia, em plantas matrizes de cafeeiros *C. Canephora*.

O conteúdo de nutrientes nas estacas segue a ordem decrescente $K > N > Ca > P > Mg > S$, independentemente da dose de N aplicada na planta matriz.

Estacas crescidas com maiores doses de N dão origem a mudas com maior comprimento e diâmetro de caule, volume de raízes, área foliar e massa seca da parte aérea e total.

REFERÊNCIAS

- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Koppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, p.711-728, 2013.
- ANDRADE JÚNIOR, S.; ALEXANDRE, R. S.; SCHMILDT, E. R.; PARTELLI, F. L.; FERRÃO, M. A. G.; MAURI, A. L. Comparison between grafting and cutting as vegetative propagation methods for conilon coffee plants. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 35, n. 4, p. 461-469, 2013.
- ARANTES, S. D.; ARANTES, L. D. O.; PAVÃO, J. M. D. S. J.; ALVARENGA, A. A. D.; CASTRO, E. M. D.; CERRI NETO, B.; LAVANHOLE, D. F.; FERREIRA, T. R.; SILVA, F. R. N.; OLIVEIRA, V. S.; SCHMILDT, E. R. Anatomical and physiological characterization of the vegetative propagation of *Piper aduncum* L. **International Journal of Developmental Psychology**, v. 09, n. 10, p. 30791-30798, 2019.
- BATISTA, K.; MONTEIRO, F. A. Variações nos teores de potássio, cálcio e magnésio em capim-marandu adubado com doses de nitrogênio e de enxofre. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 1, p. 151-161, 2010.
- BAZONI, P. A. **Qualidade de estacas para produção de mudas clonais de *Coffea canephora* em diferentes épocas do ano**. 2018. 56 f. Dissertação (Mestrado Acadêmico em Ciências Ambientais) – Fundação Universidade Federal de Rondônia, Rolim de Moura, RO, 2018.
- BAZONI, P. A.; ESPINDULA, M. C.; ARAÚJO, L. F.; VASCONCELOS, J. M.; CAMPANHARO, M. Production of cuttings and nutrient export by *Coffea canephora* in different periods in the Southwestern Amazon. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 24, n. 3, p. 162-169, 2020.
- BERGO, C. L. L.; MIQUELONI, D. P.; LUNZ, A. M. P.; DE ASSIS, G. M. L. Estimation of genetic parameters and selection of *Coffea canephora* progenies evaluated in Brazilian Western Amazon. **Coffee Science**, v. 15, 2020.
- CIRIELLO, V.; GUERRINI, I. A.; BACKES, C. Doses de nitrogênio no crescimento inicial e nutrição de plantas de guanandi. **Cerne**, v. 20, n. 4, p. 653-660, 2014.
- COLODETTI, T. V.; RODRIGUES, W. N.; MARTINS, L. D.; BRINATE, S. V. B.; TOMAZ, M. A.; AMARAL, J. F. T. Nitrogen availability modulating the growth of improved genotypes of *Coffea canephora*. **African Journal of Agricultural Research**, v. 10, n. 32, p. 3150-3156, 2015.
- COVRE, A.M.; PARTELLI, F.L.; BONOMO, R.; BRAUN, H.; RONCHI, C.P. Vegetative growth of Conilon coffee plants under two water conditions in the Atlantic region of Bahia State, Brazil. **Acta Scientiarum. Agronomy (Online)**, v. 38, p. 535, 2016.
- CUNHA, A. C. M. M.; DE PAIVA, H. N.; XAVIER, A.; OTONI, W. C. Papel da nutrição mineral na formação de raízes adventícias em plantas lenhosas. **Pesquisa Florestal Brasileira**, n. 58, p. 35, 2009.

- DALCOMO, J.M., VIEIRA, H.D., FERREIRA, A.; PARTELLI, F.L. Growth comparison of 22 genotypes of conilon coffee after regular pruning cycle. **African Journal of Agricultural Research**, v. 12, n. 1, p. 63-70, 2017.
- DIAS, P. C.; OLIVEIRA, L. S.; XAVIER, A.; WENDLING, I. Estaquia e miniestaquia de espécies florestais lenhosas do Brasil. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 32, n. 72, p. 453, 2012.
- DICKSON, A.; LEAF, A. L.; HOSNER, J. F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **Forest Chronicle**, v.36, p.10-13, 1960.
- DUBBERSTEIN, D.; PARTELLI, F.L.; DIAS, J. R. M.; ESPINDULA, M. C. Influência da adubação no crescimento vegetativo de cafeeiros na Amazônia Sul Ocidental. **Coffee Science**, v. 12, p. 50-59, 2017.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de análise química dos solos, plantas e fertilizantes**. 2. ed. 627 p. 2009.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Brasília, 2013, 353 p.
- ESPINDULA, M. C.; MAURI, A. L.; RAMALHO, A. R.; DIAS, J. R. M.; FERREIRA, M. G. R.; SANTOS, M. R. A.; MARCOLAN, A. L. Produção de mudas. In: MARCOLAN, A.; ESPINDULA, M. C. **Café na Amazônia**. Brasília: Embrapa, p.129-154, 2015.
- ESPINDULA, M. C.; BALBINO, T. J.; JARACESKI, R.; TEIXEIRA, A. L.; DIAS, J. R. M.; TEIXEIRA, R. G. P. DIFFERENT VOLUMES OF TUBES FOR CLONAL PROPAGATION *Coffea canephora* FROM SEEDLINGS. **Coffee Science**, v. 13, p. 33-40, 2018.
- ESTEVEZ, R. L.; CHAMBO, A. P. S.; STANGARLIN, J. R.; KUHN, O. J. Doses of calcium sulphate increase the peroxidase activity and the rooting of eucalyptus clones. **Ciência Florestal**, v. 30, n. 2, p. 396-405, 2020.
- FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A.; FERRÃO, M.A.G.; BRAGANÇA, S.M.; VERDIN FILHO, A. C.; VOLPI, P. S. Cultivares de café conilon. In: FERRÃO, R.G.; FONSECA, A. F. A.; BRAGANÇA, S. M.; FERRÃO, M.A.G.; DE MUNER, L.H. **Café Conilon**. Vitória: Incaper, p. 203-225, 2007.
- FERREIRA, O. G.; ROSSI, F. D.; ANDRIGHETTO, C. **DDA: Determinador digital de Áreas – Software para determinação de área foliar, índice de área foliar e área de olho de lombo – Versão 1.2**. Santo Augusto: IFFarroupilha. 2008.
- GIURIATTO JÚNIOR, J. J. T.; ESPINDULA, M. C.; ARAÚJO, L. F. B.; VASCONCELOS, J. M.; CAMPANHARO, M. Growth and physiological quality of Robusta coffee clonal seedlings. **Revista Ciência Agronômica**, v. 51, n. 4, e20196920, 2020.
- GOMES, E. N.; KRINSKI, D. Propagação vegetativa de *Piper amalago* L. (Piperaceae) em função de tipos de estacas e substratos. **Cultura Agronômica**, v. 25, n. 2, p. 199-210, 2016.

- GONÇALVES, E. D. O.; PAIVA, H. N. D.; NEVES, J. C. D. L.; GOMES, J. M. Nutrição de mudas de *Mimosa Caesalpiniae folia* Benth. sob diferentes doses de N, P, K, Ca e Mg. **Ciência Florestal**, v. 23, n. 2, p. 273-286, 2013.
- HARTMANN, H. T. KESTER, D. E.; DAVIES JR, F. T.; GENEVE, R. L. **Hartmann and Kester's PLANT PROPAGATION: Principles and practices**. Boston: Prentice Hall. 8ed. 2011. 915p.
- HOLZSCHUH, M. J.; BOHNEN, H.; ANGHINONI, I.; PIZZOLATO, T. M.; CARMONA, F. D. C.; CARLOS, F. S. Absorção de nutrientes e crescimento do arroz com suprimento combinado de amônio e nitrato. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 4, p. 1357-1366, 2011.
- MAGIERO, M.; BONOMO, R.; PARTELLI, F. L.; SOUZA, J. M. Crescimento vegetativo do cafeeiro Conilon fertirrigado com diferentes parcelamentos e doses de nitrogênio e potássio. **agro@mbiente on-line**, v. 11, p. 31-39, 2017.
- MARCOLAN, A. L.; ESPINDULA, M. C.; MENDES, A. M.; SOUZA, K. W. DE; SCHLINDWEIN, L. A. Manejo Nutricional. In: Marcolan, A. R.; Espindula, M. C. **Café na Amazônia**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, p. 175-194, 2015.
- MONTES R.M.; PARENT L. E.; AMORIM, D.; ROANE, D. E.; PARENT SE., NATALE, W.; MODESTO V. C. Nitrogen and potassium fertilization in a guava orchard evaluated for five cycles: Effects on the plant and on production. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 40, 2016.
- MORAES, M. S.; TEIXEIRA, A. L.; RAMALHO, A. R.; ESPINDULA, M. C.; FERRAO, M. A. G.; ROCHA, R. B. Characterization of gametophytic self-incompatibility of superior clones of *Coffea canephora*. **GENETICS AND MOLECULAR RESEARCH**, v. 17, p. 1-10, 2018.
- OLIVEIRA, A. F.; VIEIRA NETO, J.; VILLA, Fabíola; SILVA, L. F. de O. da. Desempenho de jardins clonais de oliveira obtidos por estaquia e enxertia em cortes sucessivos. **Scientia Agraria**, v. 11, n. 4, p. 299-305, 2010.
- OLIVEIRA, T. P. D. F. D.; BARROSO, D. G.; LAMÔNICA, K. R.; MORAIS, T. C. B. D.; CARVALHO, G. C. M. W. D. Exigência nutricional e produtividade em minijardim clonal de *Toona ciliata* var. australis. **Ciência Florestal**, v. 29, n. 3, p. 1154-1167, 2019.
- OOSTERHUIS, D. M.; LOKA, D. A.; KAWAKAMI, E. M.; PETTIGREW, W. T. The physiology of potassium in crop production. **Advances in Agronomy**, v.126, p.203 – 233, 2014.
- PEIXOTO, C. P.; CRUZ, T. V.; PEIXOTO, M. F. S. Análise quantitativa do crescimento pelas plantas: Conceitos e Prática. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer – GO, v.7, n.13, p.51-76, 2011.
- PETRY, H. B.; FERREIRA, B. D. P.; KOLLER, O. C.; SILVA, V. S. D.; SCHWARZ, S. F. Propagação de abacateiro via estacas estioladas. **Bragantia**, v. 71, n. 1, p. 15-20, 2012.
- PICOLOTTO, L.; VIGNOLO, G. K.; PEREIRA, I. D. S.; GONCALVES, M. A.; ANTUNES, L. E. C. Enraizamento de estacas de amoreira-preta em função da adubação nitrogenada na planta matriz. **Revista Ceres**, v. 62, n. 3, p. 294-300, 2015.

- RAMALHO, A. R.; ROCHA, R. B.; SOUZA, F. F.; VENEZIANO, W.; TEIXEIRA, A. L. Progresso genético da produtividade de café beneficiado com a seleção de clones de cafeeiro 'Conilon'. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 47, n. 3, p. 516 - 523, 2016.
- REZENDE, T. T.; BALIZA, D. P.; OLIVEIRA, D. H.; CARVALHO, S. P.; ÁVILA, F. W.; PASSOS, A. M. A.; GUIMARÃES, R. J. Types of stem cuttings and environments on the growth of coffee stem shoots. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 11, n. 5, p. 387-391, 2010.
- ROCHA, J. G. D.; FERREIRA, L. M.; TAVARES, O. C. H.; SANTOS, A. M. D.; SOUZA, S. R. D. Cinética de absorção de nitrogênio e acúmulo de frações solúveis nitrogenadas e açúcares em girassol. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 44, n. 4, p. 381-390, 2014.
- ROCHA, R. B.; TEIXEIRA, A. L.; RAMALHO, A. R.; SOUZA, F. F. Melhoramento genético de *Coffea canephora* – considerações e metodologias. In: MARCOLAN, A.; ESPINDULA, M. C. **Café na Amazônia**. Brasília: Embrapa, p 101 - 122, 2015.
- SANTOS, M. R. A.; SILVA, A. C. S. Propagação vegetativa in vitro de híbridos de *Coffea canephora* por meio da embriogênese somática. **South American Journal of Basic Education, Technical and Technological**, v. 7, p. 155-162, 2020.
- SOARES, C. B., FREITAS, E. C. S. D., PAIVA, H. N. D.; NEVES, J. C. L. Nitrogen sources and doses on growth and quality of seedlings of *Cassia grandis* and *Peltophorum dubium*. **Revista Árvore**, v. 41, n. 2, 2017.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017, 858 p.
- TEIXEIRA, A. L.; SOUZA, F. F.; ROCHA, R. B.; VIEIRA JUNIOR, J. R.; TORRES, J. D.; RODRIGUES, K. M.; MORAES, M. S.; SILVA, C. A.; OLIVEIRA, V. E. G.; LOURENCO, J. L. R. Performance of intraspecific hybrids (Kouillou x Robusta) of *Coffea canephora* Pierre. **African Journal of Agricultural Research**, v. 12, p. 2675-2680, 2017.
- VERDIN FILHO, A. C.; MAURI, A. L.; VOLPI, P. S.; FONSECA, A. F. A.; FERRÃO, R. G.; FERRÃO, M. A. G.; RODRIGUES, W. N.; ANDRADE JÚNIOR, S. A.; COLODETTI, T. V. Growth and quality of clonal plantlets of Conilon coffee (*Coffea canephora* Pierre ex A. Froehner) influenced by types of cuttings. **American Journal of Plant Sciences**, v.5, p.2148-2153, 2014.
- VERDIN FILHO, A. C.; RODRIGUES, W. N.; COLODETTI, T.V.; MAURI, A. L.; CHRISTO, B. F.; FERRAO, R. G.; TOMAZ, M. A.; COMERIO, M.; ANDRADE JUNIOR, S.; POSSE, S. C. P.; MARTINS, L. D.; BRINATE, S. V. B. Quality of clonal plantlets of *Coffea canephora* Pierre ex A. Froehner produced using coffee husk in the substrate. **African Journal of Agricultural Research**, v. 13, p. 2826-2835, 2018.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Plantas matrizes de cafeeiros *C. canephora*, nas condições da Amazônia Sul Ocidental, produzem maior quantidade de massa vegetativa e propágulos vegetativo, no período de setembro a janeiro, quando comparados a janeiro a junho. Além disso, as concentrações de nutrientes nos tecidos variam as conforme a época do ano, em função da massa seca acumulada e disponibilidade de nutrientes no solo.

O incremento das doses de nitrogênio proporcionam aumento da massa vegetativa das estacas e dos teores e conteúdos de nitrogênio e potássio, mas reduzem os conteúdos de cálcio, nestas estruturas. Além disso, o aumento das doses não afetam os teores e conteúdos de fósforo, magnésio e enxofre, e teores de cálcio, nos propágulos.

O acúmulo de nutrientes no tecido das estacas segue a ordem decrescente $K > N > Ca > P > Mg > S$, independente da dose de N aplicada na planta matriz.

Mudas produzidas com estacas de plantas matrizes que receberam as maiores doses de N possuem maior comprimento e diâmetro de caule, volume de raízes, área foliar e massa seca da parte aérea e total.