



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO E COMUNICAÇÕES – MCTIC
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISA DA AMAZÔNIA – INPA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA NO TRÓPICO ÚMIDO – PPG-ATU

**ADUBAÇÃO ORGÂNICA E MINERAL NO ESTABELECIMENTO DE MUDAS
CLONAIS DE CAFÉ CONILON BRS OURO PRETO NA AMAZÔNIA CENTRAL**

MAYLLA MUNIZ SPREY

Manaus, Amazonas
2020

MAYLLA MUNIZ SPREY

**ADUBAÇÃO ORGÂNICA E MINERAL NO ESTABELECIMENTO DE MUDAS
CLONAIS DE CAFÉ CONILON BRS OURO PRETO NA AMAZÔNIA CENTRAL**

Orientador: Dr. Newton Paulo de Souza Falcão.

Coorientadora: Dra. Maria do Rosário Lobato Rodrigues

Dissertação apresentada ao Instituto Nacional de Pesquisas da
Amazônia (INPA) como parte dos requisitos para obtenção do
título de Mestre em Agricultura no Trópico Úmido.

Manaus, Amazonas
2020

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA NO TRÓPICO ÚMIDO

Folha de aprovação

A Banca Julgadora, abaixo assinada,
aprova a Dissertação de Mestrado

**TÍTULO: “Adubação Orgânica e Mineral no Estabelecimento
de Mudas Clonais de Café Conilon BRS Ouro Preto na
Amazônia Central”**

AUTOR (A):

MAYLLA MUNIZ SPREY

BANCA JULGADORA:



Dra. SÔNIA SENA ALFAIA (INPA)
(Membro)



Dra. DANIELLE MONTEIRO DE OLIVEIRA (INPA)
(Membro)



Dr. RICARDO LOPES (EMBRAPA)
(Membro)

Manaus, 26 de junho de 2020.

©SEDAB/INPA - Ficha Catalográfica Automática gerada com dados fornecidos pelo(a) autor(a)
Bibliotecário responsável: Jorge Luiz Cativo Alauzo - CRB11/908

M469a Sprey, Maylla Muniz
ADUBAÇÃO ORGÂNICA E MINERAL NO ESTABELECIMENTO
DE MUDAS CLONAIS DE CAFÉ CONILON BRS OURO PRETO NA
AMAZÔNIA CENTRAL / Maylla Muniz Sprey; orientador
Newton Paulo de Souza Falcão Falcão; coorientador
Maria do Rosário Lobato Rodrigues Rodrigues. --
Manaus:[s.l], 2020.
59 f.

Dissertação (Mestrado - Programa de Pós Graduação
em Agricultura do Trópico Úmido) -- Coordenação do
Programa de Pós-Graduação, INPA, 2020.

1. Coffea canephora. 2. solos amazônicos. 3.
nutrição de plantas. I. Falcão, Newton Paulo de
Souza Falcão, orient. II. Rodrigues, Maria do
Rosário Lobato Rodrigues, coorient. III. Título.

CDD: 630

A Deus, minha mãe Márcia Regina, a vó
Carmem Muniz e a minha irmã Layanne Sprey

Dedico.

Agradecimentos

A Deus pela vida e pelas oportunidades alcançadas.

A minha família pelo amor incondicional e em especial minha mãe Marcia Regina Muniz de Queiroz e minha irmã Layanne Muniz Sprey pela motivação e apoio incansável ao longo de toda a minha vida e neste percurso.

Aos meus amigos Jefferson Vilela e Ruama Siqueira anos de amizade e compreensão.

Aos meus amigos que fiz durante o mestrado, são Alexandra Ferreira, Amanda Batista, Bruna Vieira, Jonathan Fontoura, Lucas Oliveira, Natália Neves e Roneres Barbosa.

Aos meus docentes e servidores do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia pelos conhecimentos e ensinamentos, em especial ao professor Dr. Rogério Eiji Hanada.

Ao meu orientador Dr. Newton Paulo de Souza Falcão e coorientadora Dra. Maria do Rosário pela orientação, amizade e contribuição com a minha formação profissional.

A equipe do Grupo Terra Preta Nova da Amazônia Central (GTPN), são Bruno Costa, Danielle Monteiro, Heitor Marcel, José Adcarlos, Luiz Dias e Wylker Castro.

Aos técnicos do Laboratório Temático de Solos e Plantas, são Erison Gomes, Gabriela Carvalho, Jonas Moraes, José Edivaldo Chaves, Laura Oliveira, Mozanei Porfirio da Trindade e Roberta Silva.

Ao Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia e ao Programa de Pós Graduação em Agricultura no Trópico Úmido pela oportunidade da realização do curso de Mestrado.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de estudo.

A Associação Solidariedade do Amazonas (ASA), pela aquisição das mudas e a empresa Mil Madeireira Preciosas LTDA, pela disponibilização do resíduo da combustão.

E a todas as outras pessoas que aqui não foram mencionadas, mas que contribuíram de alguma forma na realização deste trabalho.

Muito obrigada

RESUMO

O crescimento de mudas de café caracteriza-se como uma das atividades mais relevantes e importantes na formação de novas lavouras cafeeiras. Dentre os principais problemas enfrentados pelos cafeicultores destacam-se a baixa fertilidade dos solos da Amazônia. Assim, o trabalho tem por objetivo avaliar a influência da adubação orgânica e mineral no desenvolvimento, na disponibilidade de nutrientes no solo e na concentração dos nutrientes nas folhas em mudas clonais de café Conilon cultivadas em Latossolo Amarelo. O estudo foi desenvolvido em casa de vegetação em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial (3 x 8), com três clones de café Conilon (C-120; C-125; C-199) e oito formulações de adubação isolada e associados, avaliando os parâmetros biométricos, as mudanças na fertilidade do solo e os teores de nutrientes nas folhas das mudas de café. Os resultados demonstram que clones C-199 e C-120 foram superiores ao C-125 nas variáveis altura e matéria seca do sistema radicular e nos teores de P e Mn na planta. O C-199 apresentou maiores concentrações de N, Mg, Fe e Cu nas folhas. A adubação com NPK resultou em menor diâmetro do coleto das plantas após 180 dias, enquanto que a cama de frango + biocarvão promoveram aumento nos valores de pH em H₂O e KCl, redução dos teores de Al³⁺ e H⁺ + Al³⁺. O tratamento que recebeu cama de frango + biocarvão + NPK proporcionou a maior disponibilidade de nutrientes no solo. A concentração de N nas folhas foi influenciada pela adubação mineral e as concentrações de P e K foram maiores no tratamento cama de frango + biocarvão + NPK. As maiores concentrações de Ca e Mg nas folhas foram observadas no tratamento que recebeu o Cu respondeu de forma variada em relação a adubação e o clone. Sendo possível concluir que o tratamento que recebeu cama de frango + biocarvão + NPK foi quem mais contribuiu para a melhoria da fertilidade do solo, conseqüentemente no crescimento das mudas e no estado nutricional café Conilon BRS Ouro Preto.

Palavra-chave: *Coffea canephora*, solos amazônicos, nutrição de plantas.

ABSTRACT

The growth of coffee seedlings is characterized as one of the most important activities in the formation of new coffee crops. The main problem faced by coffee growers is the low fertility of soils in the Amazon. Thus, this work aimed to evaluate the influence of organic and mineral fertilization on the development of seedlings, the availability of nutrients in the soil and on the concentration of nutrients in the leaves in the Conilon coffee clonal seedlings grown in a Yellow Latosol. The study was carried out in a greenhouse with a randomized design, in a factorial design (3x8), with three clones of Conilon coffee (C-120; C-125; C-199) and eight formulations of isolated and associated fertilization, evaluate biometric parameters, such as changes in soil fertility and nutrient levels in the leaves of coffee seedlings. The results of the study demonstrated that clones C-199 and C-120 were superior to C-125 in the variables height and root dry matter. The C-199 presented better levels of N, Mg, Fe and Cu in the leaves. Fertilization with NPK resulted in the smallest diameter for the plants after 180 days, while the chicken + biochar litter promoted an increase in the pH values in H₂O and KCl, a reduction in Al³⁺ and H⁺+Al³⁺. The combination of chicken litter + biochar + NPK was the best fertilizer for the availability of nutrients in the soil. The N content in the leaf was influenced by its mineral fertilization and the levels of P and K contents in the leaves were higher in the treatment of chicken + biochar + NPK. Biochar was the best fertilizer for the levels of Ca and Mg in the leaves and the treatment without fertilization was better in the contents of Zn and Mn, Cu responded in a variable way in relation to fertilization and clone. It can be concluded that the chicken bed + biochar + NPK promoted improvements in most soil factors and in the development of seedlings, which had a better response in the availability of nutrients in the soil and in the leaf content for Conilon BRS Ouro Preto coffee leaves.

Keywords: *Coffea canephora*, Amazonian soils, plant nutrition.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	9
LISTA DE FIGURAS	11
1. INTRODUÇÃO	12
2. OBJETIVOS	17
2.1 Objetivo geral.....	17
2.2 Objetivos específicos	17
Efeito do biocarvão, cama de frango e NPK nos parâmetros de crescimento, fertilidade do solo e resposta nutricional de mudas clonais de café Conilon BRS Ouro Preto na Amazônia Central	
RESUMO	19
ABSTRACT	19
INTRODUÇÃO	19
MATERIAL E MÉTODOS	22
Solo	22
Delineamento experimental e tratamentos.....	23
Biocarvão	24
Cama de frango.....	24
Produção, seleção e implantação das mudas de café Conilon.....	24
Características avaliadas	26
Análise estatística	28
RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
Atributos do solo.....	28
Variáveis biométricas	36
Teores dos nutrientes na folha	43
CONCLUSÃO	47
REFERÊNCIAS	49

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Propriedades químicas e físicas do Latossolo Amarelo distrófico procedente da Estação Experimental de Fruticultura do INPA, Manaus, AM.....**21**
- Tabela 2.** Formulações das adubações minerais e orgânicas utilizadas na composição dos tratamentos, Manaus, AM.....**22**
- Tabela 3.** Atributos químicos do biocarvão proveniente da queima de resíduos de madeira, produzido através da produção de energia em uma caldeira à 900 °C, Manaus, AM.....**23**
- Tabela 4.** Atributos químicos da cama de frango, proveniente da granja Ovos São Pedro, Manaus, AM.....**23**
- Tabela 5.** Características iniciais de mudas dos clones que compõem a variedade clonal BRS Ouro Preto, Manaus, AM.....**24**
- Tabela 6.** Resumo da análise de variância dos atributos químicos do solo, para o efeito das adubações e dos clones após cultivo em Latossolo Amarelo distrófico típico, Manaus, AM.....**28**
- Tabela 7.** Valores médios do $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$, pH_{KCl} , Al^{3+} e $\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$, após cultivo dos clones em Latossolo Amarelo distrófico típico, em função dos tratamentos, Manaus, AM.**30**
- Tabela 8.** Teores de macro e micronutrientes, após cultivo dos clones em Latossolo Amarelo distrófico típico, em função dos tratamentos, Manaus AM.....**32**
- Tabela 9.** Resumo ANOVA das variáveis biométricas de crescimento, para o efeito das adubações e dos clones após cultivo em Latossolo Amarelo distrófico típico, Manaus, AM.....**36**
- Tabela 10.** Altura da haste principal, referentes as avaliações realizadas aos 60, 90, 120, 150 e 180 dias após transplântio de mudas clonais em Latossolo Amarelo distrófico típico, em função dos tratamentos, Manaus, AM.....**37**
- Tabela 11.** Diâmetro do coleto (mm) da avaliação realizada 60, 90, 120, 150 e 180 dias após transplântio (DAT) em Latossolo Amarelo distrófico típico, em função dos tratamentos, Manaus, AM.....**39**
- Tabela 12.** Número de folhas referentes as avaliações realizadas aos 60, 90, 120, 150 e 180 dias após transplântio (DAT), em Latossolo Amarelo distrófico típico, em função dos tratamentos, Manaus, AM.....**40**
- Tabela 13.** Média matéria seca radicular (MSR), da matéria seca da parte aérea (MSPA) e do comprimento da raiz principal (CRP) após 180 dias do transplântio, sob interferência da adubação em um Latossolo Amarelo, Manaus, AM.....**41**

Tabela 14. Resumo da análise de variância dos teores nutricionais nas folhas, para o efeito do clone, da adubação e da interação adubação x clone após cultivo em Latossolo Amarelo distrófico, Manaus, AM.....**42**

Tabela 15. Teores de macro e micronutrientes, nas folhas após 180 dias nos clones fatores dos clones e da adubação em um Latossolo Amarelo, Manaus, AM.....**43**

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Visão geral do experimento e das unidades experimentais dispostas na casa de vegetação do INPA, Manaus, AM.....22
- Figura 2.** Mudanças de café Conilon (A), transplante das mudas (B) e unidades experimentais (C), Manaus, AM.....24
- Figura 3.** (A) diâmetro do coleto, (B) contagem e retirada de folhas de café e (C) massa fresca das raízes de café Conilon, Manaus, AM.....25
- Figura 4.** Determinação de pH (A), quantificação de fósforo (B) e de Al + H (C) realizado no Laboratório Temático de solos e plantas do INPA, Manaus, AM.....26
- Figura 5.** Valores médios da altura da haste principal dos clones de café Conilon aos 60, 90, 120, 150 e 180 dias após o transplante, Manaus, AM. As médias seguidas por letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade.....37
- Figura 6.** Valores médios do diâmetro do coleto dos clones de café Conilon aos 60, 90, 120, 150 e 180 dias após transplante, Manaus, AM. As médias seguidas por letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade.....38
- Figura 7.** Valores médios do número de folhas dos clones de café Conilon aos 60, 90, 120, 150 e 180 dias após transplante, Manaus, AM. As médias seguidas por letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade.....40

1. INTRODUÇÃO

O café (*Coffea* sp.) é uma das *commodities* com maior importância no cenário mundial, o segundo produto mais comercializado, depois do petróleo (Talbot, 2004), sendo considerada a segunda bebida mais consumida do mundo, atrás somente da água. O Brasil é o segundo maior consumidor da bebida, com média de 4,82 quilos de café torrado por habitante (Abic, 2018). Em 2017/18, a produção mundial de café superou 158 milhões de sacas, onde aproximadamente 60% estava relacionado à produção de café Arábica (*Coffea arabica*) e 40% para o café Robusta/Conilon (*Coffea canephora*) (Ico, 2019).

O Brasil é o maior produtor e exportador de café em todo o mundo (Cândido et al., 2019), com produção total de Arábica e Conilon estimada entre 57,2 milhões a 62,02 milhões de sacas beneficiadas (Conab, 2020). A produção e demanda da espécie *Coffea canephora* tem aumentado expressivamente nos últimos anos, devido a maior participação na composição dos *blends*, e como café solúvel, por possuir maior teor de sólidos solúveis que o café Arábica e apresentar maior rendimento após o processo de torrefação (Souza et al., 2004; Ivoglo et al., 2008; Lima Filho et al., 2011; Lima Filho et al., 2015a; Teixeira et al., 2016), contribuindo para diminuir os custos finais dos produtos gerados. Pesquisas mais recentes confirmam que a adição de café Conilon no *blend* com café Arábica não resultou em alteração da aceitação sensorial da bebida, portanto, não comprometeu a qualidade final ou causou sua rejeição pelo consumidor (Lima Filho et al., 2015b; Maximino, 2018).

A produção de café Conilon é de 15 milhões de sacas, em área cultivada de 363,1 mil hectares e produtividade de 41,3 sacas por hectare (Conab, 2020). Os dados da Conab também apontam que, embora a área em formação tenha se mantido praticamente estável, em torno de 33 a 35 mil hectares, houve aumento na produtividade média do Conilon de 5,9% em relação ao ano de 2018. Estes resultados refletem o potencial produtivo e econômico da espécie, que gera renda para agricultores e trabalhadores rurais, auxiliando na permanência de inúmeras famílias no campo, aliada a uma tendência importante na otimização do manejo da cultura e à utilização de material genético mais produtivo, nas principais regiões produtoras do Brasil. Na região norte, a produção é de 1,99 milhões de sacas, sendo o estado do Amazonas o terceiro maior produtor com 7 mil sacas e produtividade de 15 sacos por hectare (Conab, 2018).

“A Secretaria de Produção Rural e Sustentabilidade (SEPROR) informa que o governo do Amazonas pretende incentivar a cafeicultura no Estado, para fazer a colheita saltar de 7 mil para 360 mil sacas anuais até o ano de 2022. A intenção é incentivar o cultivo de café, mas adaptado às condições climáticas e incrementar uma produção sustentável” (Globo Rural, 2019).

A periodicidade de crescimento vegetativo do café Conilon tem sido estudada por vários pesquisadores (Libardi et al., 1998; Amaral et al., 2007; Damatta et al.; 2007; Partelli et al., 2010; Partelli et al., 2013). Nas lavouras cafeeiras da Amazônia, predomina o cultivo do café da variedade Conilon, favorecida pelas condições de floresta tropical da região, aliada as características de rusticidade e boa adaptação às áreas com predominância de baixas altitudes, clima com temperaturas mais quentes e umidade relativa do ar mais elevada, além da influência dos altos índices pluviométricos (Souza et al., 2004).

No estado do Amazonas, o cultivo predominante de café é também da variedade Conilon, com destaque para a cultivar clonal BRS Ouro Preto, lançada pela Embrapa em 2012 com 15 clones (Ramalho et al., 2014). A variedade apresenta maturação uniforme dos frutos, menor bienalidade da produção, boa produtividade (70 sacas de 60 kg de café beneficiado por hectare), grãos graúdos e densos, boa bebida, tolerância às doenças e aos principais estresses abióticos da região (Rocha et al., 2015). A produtividade média (sacas beneficiadas de 60 kg por hectare) para os clones RO C-120 é de 70 kg, RO C-125 de 68 kg e RO C-199 com 66 kg. Quanto a resistência à ferrugem do cafeeiro (*Hemileia vastatrix*), o clone RO C-120 apresenta mediana resistência, RO C-125 suscetível a doença e RO C-199 extremamente resistente (Ramalho et al., 2014).

A adoção de clones de café Conilon oriundos de programas de melhoramento genético apresentam um elevado potencial produtivo, alta exigência nutricional (Serrano et al., 2011) e acúmulo de grande quantidade de nutrientes em seus órgãos, sobretudo nos frutos (Partelli et al., 2014). De forma que, a baixa fertilidade dos solos agrícolas da Amazônia é um dos principais fatores limitantes a obtenção de altas produtividades de cafezais (Rodrigues et al., 2015). Entre os solos de maior ocorrência na região Amazônica e de baixa fertilidade, destaque-se os latossolos, solo típico de regiões de clima tropical úmido muito utilizado para a agricultura. Solo que apresenta mais de 95% sendo distróficos e ácidos, com pH entre 4,0 e 5,5, toxidez de alumínio (solos álicos), baixa capacidade de troca de cátions, geralmente muito profundos (> 2 metros), bem drenados (com taxas de infiltração normalmente alta) e de cor amarela a vermelho-escura (dada pela variação na concentração de óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio) (Schaefer et al., 2017; Santos et al., 2018).

Diante da especificidade do solo, torna-se necessário o emprego de fontes alternativas de recuperação da fertilidade do solo para a produção cafeeira. Atualmente, há uma crescente demanda por utilização de insumos de origem biológica e renováveis, com intuito de compor fontes de adubação que visem diminuir os custos e a dependência de insumos industriais para

a cafeicultura, sem implicar em perdas significativas de produtividade e qualidade (Epamig, 2002). A utilização de resíduos orgânicos na agricultura tem se tornado uma técnica importante para aumentar a fertilidade do solo e a produção agrícola, pois permite a reciclagem de diversos nutrientes. Dentre as melhorias, cita-se o aumento da retenção de água e nutrientes e a melhora da microbiota do solo, contribuindo positivamente para as características físicas e químicas do substrato, favorecendo o desenvolvimento das plantas (Berilli et al., 2019).

A cama de frango é um resíduo do processo produtivo da avicultura, que com a intensificação da produção de frango, o volume de resíduos gerados por essa atividade também vem aumentando (Valadão et al., 2011). Caracteriza-se por ser um produto da combinação de excrementos de aves, penas, materiais orgânicos utilizados sobre os pisos das granjas, acrescidos da ração desperdiçadas dos comedouros (Alencar et al., 2016). Este material, devido a sua alta concentração de nutrientes, especialmente de carbono orgânico e nitrogênio total, cálcio, magnésio, enxofre, micronutrientes (Boateng et al., 2006; Adeli et al., 2007; Costa et al., 2009) e maior capacidade de troca catiônica; além de aumentar a capacidade de retenção de água, reduz a erosão, melhora a aeração e cria um ambiente adequado para o desenvolvimento da flora microbiana do solo (Silva et al., 2011; Alencar et al., 2016).

Outro composto orgânico que tem sido apresentado como alternativa para a melhoria das condições físicas, químicas e biológicas do solo, é o biocarvão ou “biochar”, a utilização de material vegetal carbonizado é uma fonte proposta para este fim (Kloss et al., 2014), com base principalmente nos solos de Terras Pretas de Índio (TPI’s) (Lehmann e Joseph, 2015). Entre as aplicações que vêm sendo dadas ao biocarvão estão o sequestro de carbono (Matovic, 2011; Abdel-Fattah et al., 2015); a redução de gases de efeito estufa emitidos no desenvolvimento da agricultura (Lai et al., 2013; Liu et al., 2014); a elevação da biomassa microbiana do solo (Lehmann et al., 2011; Biederman e Harpole, 2013); a melhoria das condições de agregação, infiltração e capacidade de retenção de água no solo (Busscher et al., 2010); o aumento dos teores de potássio e fósforo disponíveis às plantas e redução do alumínio trocável (Biederman e Harpole, 2013; Butnan et al., 2015).

Quando comparados a orgânica, a adubação mineral é composta de natureza inorgânica, podendo ser constituídos de compostos orgânicos sintéticos ou artificiais, disponibilizando principalmente nitrogênio, fósforo e potássio (Faquin et al., 2007). Tem por benéfico a rápida disponibilidade de nutrientes às plantas e praticidade de aplicação (Bernardi et al., 2004; Naik et al., 2013). No entanto, quando não absorvido pelas plantas, os fertilizantes nitrogenados são suscetíveis a perdas por lixiviação, mineralização, erosão e desnitrificação, já a perda de fósforo

deve-se ao escoamento superficial e imobilização, enquanto a perda de potássio é atribuída principalmente ao escoamento superficial e lixiviação (Timilsena et al., 2014), representando risco ao meio ambiente (Tedesco, 2008).

A utilização combinada de fertilizantes orgânicos e inorgânicos representa uma alternativa promissora ao manejo da nutrição de plantas, relacionada a uma visão sustentável, tanto econômica quanto ambiental. Essa prática preserva os solos e os fertilizantes minerais, além de destinar corretamente os subprodutos da produção animal e florestal, sendo utilizados como insumos agrícolas (Akande et al., 2010). Diante do exposto, a utilização de resíduos orgânicos adicionado ao solo pode assumir formas disponíveis de nutrientes às plantas.

A nutrição mineral destaca-se como um dos principais entraves relacionados ao manejo que impossibilita a obtenção de elevada produtividade na cafeicultura, pois esta cultura possui características de alta exigência nutricional em função das elevadas quantidades necessárias de nutrientes para formação dos frutos e crescimento vegetativo da planta (Laviola et al., 2007; Partelli et al., 2014). Os macronutrientes mais exigidos e acumulados pela planta de *C. canephora* são N>Ca>K>Mg>S>P na respectiva ordem (Bragança et al., 2008).

Aspectos relacionados à nutrição mineral estão ganhando espaço e importância em programas de melhoramento. Foi evidenciado comportamento diferencial entre espécies ou cultivares da mesma espécie de *C. canephora*, na absorção e também utilização de nitrogênio (Bragança et al., 1995; Bragança et al., 2008; Colodetti et al., 2014; Colodetti et al., 2015; Machado, 2015; Machado et al., 2016; Rodrigues et al., 2016), de fósforo (Bragança et al., 1995; Martinez et al., 2003; Bragança et al., 2008; Martins, 2011; Martins et al., 2013a; Prezotti e Guarconi, 2013) e de potássio (Bragança et al., 1995; Bragança et al., 2008; Valadares et al., 2013).

De acordo com Valadares et al. (2013), a demanda por cada nutriente varia de acordo com estágio do cafeeiro, sendo o potássio o mais exigido quando há alta produtividade, devido sua maior importância na fase reprodutiva, se caracterizando como o macronutriente mais exportado nos frutos. Já nitrogênio (N) tem alta demanda durante todo o ciclo, devido sua participação em todos os processos da planta, acompanhando o incremento de biomassa.

Estudos relacionados ao comportamento entre genótipos de café Conilon na fase de mudas (Colodetti et al., 2014; Colodetti et al., 2015; Rodrigues et al., 2016), quanto a tolerância diferencial entre os genótipos, submetidos à baixa disponibilidade de nitrogênio no solo, bem como aos ganhos obtidos com a adição da fertilização nitrogenada, mostraram diferenciação entre genótipos para as respostas a cada um dos parâmetros avaliados, observaram que o

aumento da disponibilidade de nitrogênio no solo aumentou o crescimento das plantas e o acúmulo de biomassa, e promoveu melhor desenvolvimento das folhas, em quantidade, área e conteúdo de pigmentos fotossintéticos. Além disso, o padrão de alocação de biomassa entre os compartimentos das plantas também foi alterado, favorecendo folhas e caules.

Entre os macronutrientes, o fósforo é o menos acumulado pelo cafeeiro Conilon, com percentual de 2% do total de macronutrientes distribuídos entre os diversos órgãos (Bragança et al., 2008; Bragança et al., 2017). No entanto, estudos sobre níveis de adubação fosfatada e eficiência nutricional do fósforo em café Conilon mostraram que o fósforo promove aumento nos valores médios de altura de plantas, diâmetro de caule, área foliar, volume e comprimento de raiz dos clones, em função do aumento dos níveis deste elemento no solo, justificado pela importância do fósforo nas funções metabólicas e fisiológicas da planta (Martins, 2011; Martins et al., 2013b). Quando as plantas foram submetidas à privação de P (0%), os valores para as variáveis mencionadas acima foram menores do que em plantas supridas adequadamente com fósforo.

O cálcio é o segundo nutriente mais acumulado pelo cafeeiro Conilon, com percentual de 31% do total de macronutrientes distribuídos entre os diversos órgãos, enquanto o magnésio ocupa o quarto lugar, com percentual de 6% do total (Bragança, 2005; Bragança et al., 2008). Com relação aos micronutrientes, segundo Bragança et al. (2007) e Bragança et al. (2017), após o Fe e o Mn, o B é o micronutriente mais acumulado pelo cafeeiro Conilon com um percentual de 5% do total de micronutrientes distribuídos entre os diversos órgãos da planta.

Em geral, a eficiência de aproveitamento de nutrientes é variável e dependente de fatores ligados à planta, ao solo, ao clima, ao manejo e a fonte de nutrientes utilizada. No caso específico de cafeeiros Conilon, a fase de crescimento vegetativo ocorre concomitantemente com a fase de produção de frutos, por isso, há forte demanda por nutrientes entre as partes vegetativas e as reprodutivas (Paye et al., 2019). Assim, para garantir a produção de cafeeiro de boa qualidade é necessário conhecer a composição nutricional do substrato, quanto a disponibilidade de quantidades adequadas dos nutrientes para suprir as demandas da planta e manter o equilíbrio nutricional das mesmas. Estes aspectos, associado ao conhecimento das características do desenvolvimento das mudas torna-se uma importante ferramenta para auxiliar na tomada de decisão quanto à implantação da lavoura cafeeira.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar a influência da adubação orgânica e mineral nas propriedades químicas do solo, no crescimento e no estado nutricional de mudas clonais de café Conilon BRS Ouro Preto em Latossolo Amarelo na Amazônia Central.

2.2 Objetivos específicos

Avaliar a influência da aplicação de adubação mineral e orgânica na fertilidade do solo cultivado com mudas de café clonal.

Avaliar parâmetros biométricos de mudas de café clonal sob influência de fontes de adubação mineral e orgânica.

Avaliar o estado nutricional de mudas de diferentes clones de café Conilon na presença e ausência da adubação orgânica e mineral.

Sprey, M.M., Falcão, N.P.S., Rodrigues, M.R.L., 2020. Efeito do biocarvão, cama de frango e NPK na fertilidade do solo, nos parâmetros de crescimento e no estado nutricional de mudas clonais de café Conilon BRS Ouro Preto na Amazônia Central, pp 18-59.

EFEITO DO BIOCARVÃO, CAMA DE FRANGO E NPK NOS PARÂMETROS DE CRESCIMENTO, FERTILIDADE DO SOLO E RESPOSTA NUTRICIONAL DE MUDAS CLONAIIS DE CAFÉ CONILON BRS OURO PRETO NA AMAZÔNIA CENTRAL

Maylla Muniz Sprey¹; Newton Paulo de Souza Falcão¹; Maria do Rosário Lobato Rodrigues²

¹Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), Caixa Postal 2223, 69.067-375, Manaus, AM, Brasil.
E-mail: Maylla_sprey@hotmail.com e nfalcao@inpa.gov.br

²Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuária (EMBRAPA), Caixa Postal 319, Manaus, AM, Brasil.
E-mail: rosario.lobato@embrapa.br

RESUMO – Os principais problemas enfrentados pelos cafeicultores destacam-se a baixa fertilidade dos solos da Amazônia. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da adubação orgânica e mineral no crescimento, na disponibilidade de nutrientes no solo e na concentração de nutrientes nas folhas de mudas de café clonal cultivadas em Latossolo Amarelo. O estudo foi desenvolvido em casa de vegetação em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial (3 x 8), com três clones de café Conilon (C-120; C-125; C-199) e oito formulações de adubação isolada e associados, avaliando os parâmetros biométricos, as mudanças na fertilidade do solo e na concentração de nutrientes nas folhas das mudas de café. Os resultados demonstram que os clones C-199 e C-120 foram superiores ao C-125 nas variáveis altura e matéria seca do sistema radicular e nos concentração de P e Mn na planta. O C-199 apresentou melhores concentrações de N, Mg, Fe e Cu nas folhas. Sendo possível concluir que o tratamento que recebeu Cama de frango + Biocarvão + NPK foi quem mais contribuiu para a melhoria da fertilidade do solo, conseqüentemente no crescimento das mudas e no estado nutricional café Conilon BRS Ouro Preto.

Palavra-chave: *Coffea canephora*, solos amazônicos, nutrição de plantas.

ABSTRACT – The main problems faced by coffee growers are the low fertility of soils in the Amazon. Thus, the objective of this work was to evaluate the effect of organic and mineral fertilization on development, availability of soil nutrients and nutrient content in the leaves of coffee clonal seedlings grown in Yellow Latosol. The study was carried out in a greenhouse in a completely randomized design, in a factorial scheme (3 x 8), with three clones of Conilon coffee (C-120; C-125; C-199) and eight isolated and associated fertilization formulations, evaluating biometric parameters, changes in soil fertility and nutrient levels in the leaves of coffee seedlings. The results show that clones C-199 and C-120 were superior to C-125 in the variables height and root dry matter. The C-199 presented better levels of N, Mg, Fe and Cu in the leaves. It can be concluded that the treatment that received chicken litter + biochar + NPK was the one that most contributed to the improvement of soil fertility, consequently in the growth of seedlings and in the nutritional status of Conilon BRS Ouro Preto coffee.

Keywords: *Coffea canephora*, Amazonian soils, plant nutrition.

INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor mundial de café canéfora (*Coffea canephora* Pierre ex A. Froehner), podendo atingir a produção anual de 16 milhões de sacas beneficiadas (Conab, 2020).

A produção de café é diretamente relacionada a vários fatores, como controle fitossanitário, condições climáticas, plantas daninhas e principalmente a fertilidade do solo e a nutrição de plantas (Serafim et al., 2013). O desequilíbrio nutricional impacta diretamente no rendimento da cultura. A adoção de sistemas de manejo no solo que melhoram a fertilidade e o ciclo biológico de nutrientes são cruciais para assegurar a produtividade (Asfaw et al., 2019).

Os solos amazônicos têm como características, alta acidez, baixa capacidade de troca de cátions (Freitas et al., 2015) com fortes limitações nutricionais, o que promove baixo potencial produtivo e insustentabilidade econômica, mas apresenta características físicas adequadas ao uso agrícola (Vale Junior et al., 2011). Nesse contexto, o uso da adubação se torna fundamental para a redução da acidez do solo, e como fonte de nutrientes indispensáveis ao crescimento inicial das plantas (Favare et al., 2012).

A necessidade de buscar novas tecnologias mais sustentáveis é uma das soluções para a manutenção da competitividade no setor produtivo cafeeiro. Dentre as que têm surgido, destacam-se aquelas referentes à nutrição de mudas, etapa fundamental para a obtenção de plantas vigorosas, saudáveis e com máximo potencial de sobrevivência (Amaral et al., 2011). De acordo com Rodrigues et al. (2017), a qualidade das mudas de café é um fator importante e até limita a produtividade da lavoura. Mudanças mal nutridas ou deformadas, especialmente com restrições ao crescimento do sistema radicular, limitam o desempenho das plantas no campo, e os efeitos negativos somente ficarão evidentes alguns anos após o plantio, não havendo maneira prática de corrigi-los com baixo custo (Schiavo e Martins, 2003; Martinez et al., 2007; Espindula et al., 2015).

Neste contexto, a adição de matéria orgânica assume papel relevante para a melhoria da qualidade do substrato. O uso de resíduos orgânicos carbonizados vem sendo uma alternativa para melhorar a qualidade do solo. Através da decomposição térmica de biomassa em condições limitadas de suprimento de oxigênio e em temperaturas relativamente altas, o material produzido, conhecido como biocarvão, contribui para a manutenção da qualidade do solo (Dong et al., 2017). Quando aplicado ao solo, o biocarvão proporciona o aumento do pH, CTC e retenção de água e nutrientes (Ding et al., 2016), sequestro de carbono (Woolf et al., 2010), retenção de metais pesados (Wang et al., 2017) alteração na abundância e funcionamento de fungos micorrízicos e promover refúgio para microrganismos nos microporos do biocarvão (Trazzi et al., 2018).

De acordo com Fraga e Salcedo (2004), o uso de adubação orgânica proporciona melhorias nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo por meio da incorporação de

material orgânico. Os resíduos orgânicos quando adicionados no solo estabilizam o pH e aumentam a disponibilidade de nutrientes (Wei et al., 2015), promovem a redução do carbono atmosférico, além de constituírem como fonte de energia para os microrganismos benéficos do solo (Campiolo e Silva, 2006). Dentre os materiais orgânicos, o uso de esterco animal ocupa lugar de destaque que possibilita a substituição total ou parcial da adubação mineral (Ribeiro et al., 2017), na melhoria das características químicas e físicas do solo (Ribeiro et al., 2016). Pelo exposto, fica evidente a importância do uso de um substrato que apresente características químicas e físicas que favoreçam o crescimento e desenvolvimento das plantas e garanta um fornecimento ideal de nutrientes.

Aspectos relacionados à nutrição mineral do cafeeiro também estão ganhando espaço e importância em programas de melhoramento (Martinez et al., 2014). Estudos relacionados ao comportamento entre genótipos de café Conilon na fase de mudas, apontam a tolerância diferencial entre os genótipos, e evidenciam a influência da adubação sobre os parâmetros de crescimento, e sobre a concentração e acúmulo dos nutrientes nas folhas e frutos (Bragança, 2005; Bragança et al., 2007; Bragança et al., 2008; Martins et al., 2011; Martins et al., 2013b; Colodetti et al., 2014; Colodetti et al., 2015; Machado, 2015; Rodrigues et al., 2016; Bragança et al., 2017; Paye et al., 2019). Os macronutrientes mais exigidos e acumulados pela planta de *C. canephora* são N>Ca>K>Mg>S>P, na respectiva ordem (Bragança et al., 2008).

De acordo com Valadares et al. (2013), o potássio é o nutriente mais exigido quando há alta produtividade, devido sua maior importância na fase reprodutiva, se caracterizando como o macronutriente mais exportado nos frutos. Já o nitrogênio, tem alta demanda durante todo o ciclo, devido sua participação em todos os processos da planta, acompanhando o incremento de biomassa. O cálcio é o segundo nutriente mais acumulado pelo cafeeiro, sendo que, do total de Ca alocado entre os órgãos do Conilon, aproximadamente, 33% são alocados para as folhas (Bragança, 2005; Bragança et al., 2008).

O fósforo, embora seja o macronutriente menos exigido pelo cafeeiro Conilon, com percentual de 2% do total de macronutrientes distribuídos entre os diversos órgãos (Bragança et al., 2008), sua importância na fase juvenil está relacionada com a capacidade de aumentar significativamente o sistema radicular. De acordo com Damatta et al. (2007), mudas cultivadas em substrato com deficiência de fósforo, apresentam desenvolvimento irregular e insatisfatório do sistema radicular, e também da parte aérea.

A necessidade do setor cafeeiro de aumentar a eficiência produtiva acompanhada de redução de custos de produção, para maior competitividade, coloca em evidência a importância

da pesquisa em gerar novas fontes alternativas de produção para apoiar os cafeicultores da Amazônia. Deste modo, o objetivo do trabalho foi avaliar a influência da adubação orgânica e mineral, sobre as propriedades químicas do solo, no desenvolvimento e resposta nutricional de mudas de diferentes clones de café Conilon BRS Ouro Preto cultivados em Latossolo Amarelo, no Estado do Amazonas.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi conduzido em casa de vegetação, localizada no Campus III (V8) do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA) (3°5'30.64"S e 59°59'33.02"O), município de Manaus, Estado do Amazonas. De acordo com a classificação de Köppen (1948) o clima é classificado em Am (Tropical úmido e subúmido) com temperatura média de 26,7 °C, mínima de 23,3 °C e máxima de 31,4 °C, precipitação média anual de 2.286 mm e umidade relativa do ar de 80% (Alvares et al., 2013).

Solo

O solo utilizado foi coletado da camada superficial (5-15 cm) de um Latossolo Amarelo distrófico (LAd) de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Santos et al., 2018), de uma área de capoeira com mais de 30 anos, localizada na Estação Experimental de Fruticultura Tropical – EEFT/INPA (02°37'12"S e 60°02'27"O) no município de Manaus, Estado do Amazonas. Amostras desse solo foram retiradas de forma homogênea, transformadas em Terra Fina Seca ao Ar (TFSA) e posteriormente levadas para caracterização química e física no Laboratório Temático de Solos e Plantas (LTSP) do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), Manaus, AM (Tabela 1).

Tabela 1. Propriedades químicas e físicas do Latossolo Amarelo distrófico procedente da Estação Experimental de Fruticultura do INPA, Manaus, AM.

pH	Ca	Mg	Al	H + Al	K	P	Fe	Zn	Mn	Cu
H ₂ O	—cmol _c kg ⁻¹ —				—mg kg ⁻¹ —					
4,42	0,47	0,21	0,78	9,39	42,5	8,85	315,1	26,9	4,6	0,3
C	N	MO	T	t	v	m	Argila	Areia	Silte	
—g kg ⁻¹ —			—cmol _c kg ⁻¹ —		—%—		—g kg ⁻¹ —			
10,96	0,71	18,89	10,12	1,51	7,79	51,65	450	535	15	

H+Al: acidez potencial; T: capacidade de troca de cátions potencial; t: capacidade de troca de cátions efetiva; v: saturação por bases; m: saturação por alumínio.

Delimitação experimental e tratamentos

Adotou-se um delineamento inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial de 3 x 8, considerando os três clones de café Conilon (C-120; C-125; C-199) e oito formulações de adubação (SA - sem adubação; CF - cama de frango; BC - biocarvão; NPK; CF+NPK; CF+BC; BC+NPK; CF+BC+NPK), totalizando 24 tratamentos com 4 repetições e 96 unidades experimentais (Tabela 2).

Tabela 2. Formulações das adubações minerais e orgânicas utilizadas na composição dos tratamentos, Manaus, AM.

Tratamentos ¹	Biocarvão		Cama de frango		Nitrogênio*		Fosforo**		Potássio***	
	t ha ⁻¹	g/vaso	t ha ⁻¹	g/vaso	kg ha ⁻¹	g/vaso	kg ha ⁻¹	g/vaso	kg ha ⁻¹	g/vaso
T1 SA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
T2 CF	-	-	10	75	-	-	-	-	-	-
T3 BC	20	150	-	-	-	-	-	-	-	-
T4 NPK	-	-	-	-	480	9	254,66	4,25	176,8	2,21
T5 CF+NPK	-	-	10	75	480	9	254,66	4,25	176,8	2,21
T6 CF+BC	20	150	10	75	-	-	-	-	-	-
T7 BC+NPK	20	150	-	-	480	9	254,66	4,25	176,8	2,21
T8 CF+BC+NPK	20	150	10	75	480	9	254,66	4,25	176,8	2,21

SA = sem adubação; CF = cama de frango; BC = biocarvão.

* Ureia 45% de N ** Superfosfato Triplo 45% de P₂O₅ *** Cloreto de Potássio 60% de K₂O.

¹ Para os tratamentos que receberam NPK, as doses totais apresentadas de nitrogênio e potássio foram parceladas em duas aplicações, sendo metade aplicada no preparo do substrato e a outra metade aos 60 dias após o transplantio.

O solo utilizado foi peneirado em malha de 4 mm e homogêneo com as adubações, conforme descrito na Tabela 2, posteriormente transferido para as unidades experimentais (vasos plásticos com capacidade de 20 kg) preenchidos com 15 kg de terra, em função de cada tratamento. Os vasos foram dispostos, de forma casualizada sobre plataforma de madeira a 30 cm do nível do solo (Figura 1).



Figura 1. Visão geral do experimento e das unidades experimentais dispostas na casa de vegetação do INPA, Manaus, AM.

Biocarvão

O biocarvão foi coletado no depósito de resíduos da termoeletrica BK energia (3°3'22"S e 58°43'46"O), situada no município de Itacoatiara, Estado do Amazonas. Oriundo de termoeletrica que consome os resíduos de madeira fornecidos pela empresa Mil Madeireira Itacoatiara Ltda. O biocarvão foi produzido a partir da combustão de biomassa residual de serraria que funciona como combustível de requeima para uma caldeira com temperatura de 900 °C. Com o material residual da requeima, foi realizado análises das propriedades químicas (Tabela 3), utilizando a metodologia padronizada para análise de material orgânico de acordo com metodologia proposto pela Embrapa (1999).

Tabela 3. Atributos químicos do biocarvão proveniente da requeima de resíduos de madeira, produzido através da produção de energia em uma caldeira à 900 °C, Manaus, AM.

pH	Ca	Mg	Al	N	K	P	Fe	Zn	Mn	Cu	C	Cinza
H ₂ O	g kg ⁻¹						mg kg ⁻¹				%	%
8,61	26,8	7,05	0,01	2,19	0,11	1,01	8521,6	13,4	250,2	9,0	39	32

Cama de frango

A cama de frango foi oriunda da granja de frango Ovos São Pedro, situada no município de Manaus, Estado do Amazonas. A empresa tem como prioridade a produção de ovos, de frango e de carne, sendo a cama de frango um subproduto da cadeia produtiva. Com a cama de frango, foi realizado análises das propriedades químicas (Tabela 4), utilizando a metodologia proposta para análise de material orgânico pela Embrapa (1999).

Tabela 4. Atributos químicos da cama de frango, proveniente da granja Ovos São Pedro, Manaus, AM.

pH	Ca	Mg	Al	N	K	P	Fe	Zn	Mn	Cu	C	Cinza
H ₂ O	g kg ⁻¹						mg kg ⁻¹				%	%
10,09	202	9,60	0	19,58	44	14,97	396,2	689,2	671,4	119,6	16	48

Produção, seleção e implantação das mudas de café Conilon

As mudas de café Conilon foram adquiridas do viveiro da Associação Solidariedade Amazonas (ASA), localizado no município de Silves (2°50'07.74"S e 58°13'03.83"O), Estado do Amazonas. O processo de produção das mudas foi por meio de estacas de brotamento das hastes ortotrópicas, contendo de 4 a 6 nós com pares de folhas saudias e com presença de ramos plagiotrópicas. Foi realizado a caracterização inicial dos clones por meio de avaliação biométrica de 25 plantas por clone. A média geral foi de 9,21 cm de altura, 2,55 mm de diâmetro do coleto, 4,4 folhas completamente expandidas e apenas um ramo ortotrópico (Tabela 5). Os

critérios de seleção das mudas incluíram a uniformidade de tamanho, o estado fitossanitário e o vigor (Figura 2).

Tabela 5. Características iniciais de mudas dos clones que compõem a variedade clonal BRS Ouro Preto, Manaus, AM.

Características	Altura da haste principal (cm)	Diâmetro do coleto (mm)	Número de folhas
C-120	9,02	2,57	4,36
C-125	9,34	2,59	4,4
C-199	9,28	2,51	4,44
Média	9,21	2,55	4,4

Variáveis geradas através da avaliação biométrica realizada antes do transplante em 25 mudas por clone.

Posteriormente a adubação, as mudas foram transplantadas às unidades experimentais, realizando o corte de 3 cm do sistema radicular, retiradas do antigo recipiente e transferidas na forma de “raiz nua” (Figura 2). Em todo o período, procurou-se manter a umidade do solo em torno de 30% (capacidade de campo para Latossolos em relação ao peso do solo seco) (Casaroli e Lier, 2008) levando-se em consideração os diferentes tratamentos. Foi realizada a casualização das mudas a cada 15 dias ao longo do experimento, a fim de evitar a formação de microclima que prejudicasse o desenvolvimento das plantas.



Figura 2. Mudas de café Conilon (A), transplante das mudas (B) e unidades experimentais (C), Manaus, AM.

A adubação complementar foi realizada 60 dias após o transplante das mudas na forma de solução nutritiva com ureia, cloreto de potássio e micronutrientes equivalente a 2 kg ha⁻¹ de FTE BR 12 (0,02 g/vaso), com a seguinte formulação B (1,8%), Cu (0,8%), Fe (3,0%), Mn (3,0%), Mo (0,1%) e Zn (9,0%), aplicada em todo o experimento.

Na fase final do experimento, verificou-se a presença de cochonilha (*Dactylopius coccus*) e bicho mineiro (*Leucoptera coffeella*), identificados pelo laboratório de fitopatologia

do INPA, sendo realizado semanalmente o controle alternativo com inseticida natural de extrato de alho (*Allium sativum*) e pimenta dedo de moça (*Capsicum baccatum*).

Características avaliadas

As variáveis biométricas foram determinadas a partir do 2º mês após o transplântio e a cada 30 dias até o final do período de experimentação (180 dias), totalizando cinco avaliações (60, 90, 120, 150 e 180 dias após o transplântio). Neste período, realizou-se o monitoramento do número de folhas lançadas, consideradas apenas as folhas totalmente expandidas sendo determinada por contagem, a altura da haste principal (colo até a gema apical) utilizando-se fita métrica e o diâmetro do coleto (a 3 cm do nível do solo) utilizando paquímetro digital (precisão de 0,02 mm), conforme a figura 3.

Ao final do experimento (180 dias após o transplântio), as plantas foram seccionadas, dividindo-as em parte aérea (folhas e caule) e sistema radicular, sendo acondicionadas em sacos de papel separadamente, em função dos tratamentos. As raízes foram cuidadosamente retiradas dos vasos, lavadas e mensurado o comprimento da raiz principal (CRP). Posteriormente, o material vegetal foi submetido a lavagem e à secagem em estufa de circulação de ar forçada a 65 °C por aproximadamente 72 horas, sendo o peso seco determinado com o uso de balança digital de precisão obtendo-se, a matéria seca da parte aérea (MSPA) e a matéria seca radicular (MSR).



Figura 3. (A) diâmetro do coleto, (B) contagem e retirada de folhas de café e (C) massa fresca das raízes de café Conilon, Manaus, AM.

Para a determinação dos atributos químicos do solo foram coletadas três amostras simples em cada unidade experimental, transformadas em amostra composta em função dos tratamentos. A coleta do solo foi realizada com ajuda de uma pá de jardinagem nas profundidades de 0-20 cm e encaminhadas para secagem e destorroamento, em seguida peneiradas (malha 2 mm), sendo transformadas em terra fina seca ao ar (TFSA). Posteriormente

levadas para caracterização química no Laboratório Temático de Solos e Plantas (LTSP) do INPA.

O $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ foi determinado por meio de eletrodo imerso em suspensão da solução na relação solo:água (1:2,5). O pH_{KCl} foi determinado por meio de eletrodo imerso em suspensão da solução solo:KCl1M. A acidez potencial (H+Al) foi extraída por acetato de cálcio $\text{Ca}(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_2$ 0,5 mol L^{-1} e determinada por titulometria com hidróxido de sódio NaOH 0,025 mol L^{-1} . O alumínio trocável (Al^{+3}), o cálcio (Ca) e o magnésio (Mg) foram extraídos por solução de cloreto de potássio (KCl) 1 mol L^{-1} , sendo o Al^{+3} determinado por titulometria com NaOH e o Ca e Mg determinados por espectrofotometria de absorção atômica. O fósforo (P), o potássio (K) e os micronutrientes Fe, Zn e Mn foram extraídos com solução Mehlich 1 (HCl 0.05 M + H_2SO_4 0.0125 M), determinando-se o P por espectrofotometria ($\lambda=660$ nm) e o K e micronutrientes (Fe, Zn, Mn e Cu) espectrofotometria de absorção atômica. A matéria orgânica (M.O.) foi determinado pelo método de Walkley-Black. O N total foi determinado pelo método de Kjeldahl (Embrapa, 1999) (Figura 4).

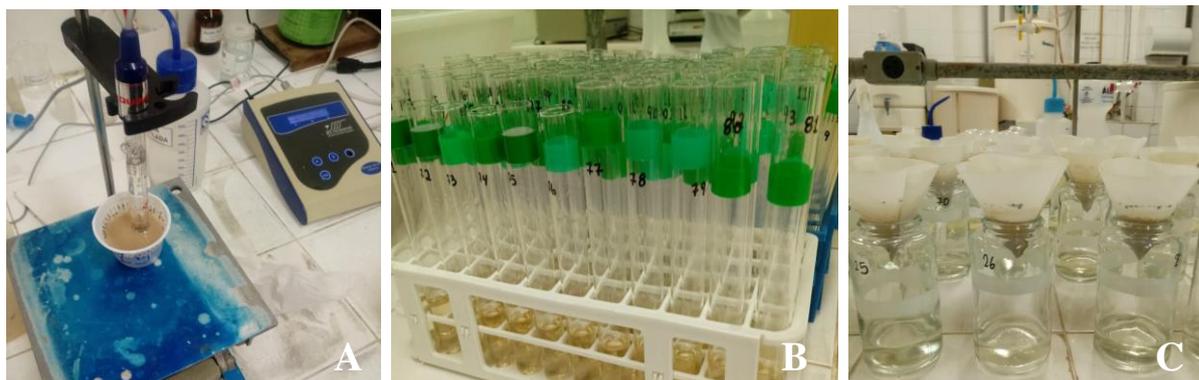


Figura 4. Determinação de pH (A), quantificação de fósforo (B) e de Al + H (C), realizado no Laboratório Temático de solos e plantas do INPA, Manaus, AM.

Os nutrientes presentes nas folhas foram determinados ao final do experimento (180 dias após o transplantio), por meio de seleção foliar mediana, considerando o aspecto das folhas completamente expandidas. Após a secagem, as amostras foliares foram trituradas em moinho tipo Wiley. Em seguida, levou-se o material ao laboratório temático de solos e plantas do INPA para determinação das concentrações de macronutrientes (N, P, K, Ca e Mg) e micronutrientes (Fe, Zn, Mn e Cu).

Para avaliar as concentrações de P, K, Ca, Mg, Fe, Zn, Mn e Cu, pesou-se 0,5 g do material moído submetendo-o a digestão nitro-perclórica em temperatura controlada de 50 em 50 °C em intervalos de 30 minutos até atingir 210 °C. A partir do mesmo extrato, determinou-se o P por espectrofotometria a 725 nm e o K, Ca, Mg, Fe, Zn, Mn e Cu por espectrometria de

absorção atômica (Malavolta et al., 1997). Para as concentrações de N pesou-se 0,1 g do material seco, submetendo-o a pré-digestão durante aproximadamente 12 horas, com posterior digestão sulfúrica ($\text{H}_2\text{O}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4$) em temperatura gradativa até 350 °C. Posteriormente, determinou-se o N utilizando a metodologia de Kjeldahl, a partir de uma alíquota de 25 mL do extrato puro (Miyzawa et al., 1999).

Análise estatística

Os dados obtidos a partir de cada variável foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro Wilk, comparados pela à análise de variância, obtendo-se resposta significativa para o teste F, foi realizado o teste de Tukey (5%) para comparação de médias utilizando o software estatístico R (Venables e Smith, 2005).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Atributos do solo

A caracterização inicial do solo (Tabela 1) evidenciou sua acidez ($\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}} = 4,42$ $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ e acidez potencial = $9,39$ $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$), baixa soma de bases ($\text{SB} = 0,78$ $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$) e elevada saturação por alumínio ($m = 51,65\%$), atributos comumente observados em Latossolo Amarelo distrófico típico. Nestas condições, o aporte de adubo orgânico e químico faz-se necessário para aumentar a fertilidade e a capacidade do substrato em disponibilizar os nutrientes indispensáveis ao crescimento e qualidade das mudas de café Conilon.

Nas condições deste trabalho foi observado, pela análise de variância, que a adubação afetou, com significância pelo teste F de $p < 0,05$, todos os atributos (pH em H_2O e KCl , Al^{3+} , $\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$) e parâmetros de fertilidade do solo avaliados (M.O., N, P, K, Ca, Mg, Fe, Zn e Mn). No entanto, para o fator clone foi observado efeito significativo ($p < 0,05$), apenas para os valores das variáveis M.O. e N no solo e, para a interação clone x adubação somente para M.O., com exceção do Cu que não apresentou resultado significativo para nenhum dos fatores avaliados (Tabela 6).

Tabela 6. Resumo da análise de variância dos atributos químicos do solo, para o efeito das adubações e dos clones após cultivo em Latossolo Amarelo distrófico típico, Manaus, AM.

F.V.	pH H₂O	pH KCl	Al³⁺	H⁺+Al³⁺	M.O.
Cl	0,16 ^{ns}	0,13 ^{ns}	3,25 ^{ns}	0,82 ^{ns}	16,92 ^{**}
Ad	51,79 ^{**}	32,12 ^{**}	133,28 ^{**}	29,14 ^{**}	14,61 ^{**}
Cl x Ad	0,3 ^{ns}	0,37 ^{ns}	1,08 ^{ns}	0,79 ^{ns}	3,93 ^{**}
CV (%)	8,42	9,66	38,07	7,88	9,21
F.V.	N	P	K	Ca	Mg
Cl	6,1 ^{**}	0,81 ^{ns}	0,75 ^{ns}	2,51 ^{ns}	0,04 ^{ns}
Ad	4,78 ^{**}	15,84 ^{**}	41,61 ^{**}	37,18 ^{**}	5,66 ^{**}
Cl x Ad	1,64 ^{ns}	0,46 ^{ns}	0,72 ^{ns}	1,34 ^{ns}	0,62 ^{ns}
CV (%)	19,16	75,46	33,02	31,52	107,66
F.V.	Fe	Zn	Mn	Cu	
Cl	0,42 ^{ns}	0,53 ^{ns}	0,01 ^{ns}	1,38 ^{ns}	
Ad	2,3 [*]	3,2 ^{**}	6,97 ^{**}	0,75 ^{ns}	
Cl x Ad	1,26 ^{ns}	1,34 ^{ns}	0,89 ^{ns}	0,82 ^{ns}	
CV (%)	37,62	35,52	51,16	116,37	

** e * significativo a 1 e 5% pelo teste de F, respectivamente; ns: não significativo; F.V.: Fatores de Variação; Cl: clone; Ad: adubação; Cl x Ad: Interação clone x adubação; CV: Coeficiente de Variação.

A influência da adubação orgânica e mineral nos índices de acidez do latossolo utilizado no experimento, após 180 dias de cultivo com os clones de cafeeiro Conilon são apresentados na Tabela 7. Observa-se que, em geral, a aplicação da adubação orgânica (CF e BC) promoveu uma redução nos valores médios dos índices de acidez, quando comparados aos índices de acidez inicial do solo. Vários trabalhos ressaltam, entre os benefícios da utilização da adubação orgânica, sua capacidade de elevar o pH do solo no decorrer do tempo e reduzir o teor de alumínio trocável (Magalhães et al., 2012; Ribeiro et al., 2016).

A análise de solo realizada após 180 de cultivo das mudas mostrou que a adubação orgânica CF e DC diminuiu significativamente os índices de acidez do solo, mas não diferiram entre si. O tratamento que recebeu a adubação de cama de frango + biocarvão apresentou pH superior aos demais, com média de 6,31 em H₂O e de 5,99 em KCl. Isso ocorreu por conta da alcalinidade da cama de frango que é de 10,09 e o teor de Ca da cama de frango (202 g kg⁻¹) (Tabela 4), da alcalinidade do biocarvão de 8,61 e o teor de Ca de 26,80 g kg⁻¹ (Tabela 3), além do teor de cinza nas amostras (cama de frango = 48% e biocarvão = 32%), pois a cinza constituir-se um importante fornecedor de Ca e Mg ao fornecer carbonatos de Ca e Mg ao solo promovendo a neutralização da acidez (Maeda et al., 2007). Vários trabalhos ressaltam, que a adição de biocarvão e da cama de frango ao solo incrementam o valor de pH e o teor de Ca em latossolos (Andrade et al., 2015; Fernandes et al., 2019; Ribeiro et al., 2019), como observado nas condições desse trabalho.

Quando comparado com o tratamento sem adubação ($H_2O = 3,96$ e $KCl = 3,84$) (Tabela 7), é possível concluir que qualquer fonte de adubação tem um efeito positivo no pH, isso porque todos os tratamentos tiveram um acréscimo no seu índice. Contudo, destaca-se que o aumento de mais de uma unidade no valor do pH_{H_2O} tanto para o tratamento CF (1,42) quanto para o BC (1,71), resulta em um aumento superior (2,35) quando se associa as duas fontes (CF+BC). A faixa ideal do pH para o cultivo de café é de 5,5 - 6,5 (Guarçoni, 2017), com isso é possível recomendar o tratamento biocarvão como uma alternativa, sendo o pH em H_2O elevado para 5,67. Segundo Malavolta (1993), solo com $pH < 5,5$, são prejudiciais ao crescimento do cafeeiro devido ao excesso de Al, Fe e Mn tóxicos, e os baixos teores de Ca e Mg e $pH > 5,6$ já não apresentam níveis tóxicos de Al.

Também foi observado nas condições deste trabalho que a cama de frango e o biocarvão aplicados individualmente, combinados ou em associação com outros tratamentos, reduziram o teor de alumínio do solo comparados ao tratamento sem adubação (SA), que mostrou o maior teor de alumínio ($0,94 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$), seguido pela adubação NPK ($0,53 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$), significativamente superior aos demais tratamentos (Tabela 7).

Comportamento semelhante foi observado com relação à acidez potencial dos tratamentos sem adubação (SA) e com adubação NPK, onde os menores valores de pH e os maiores de Al^{3+} refletiram no aumento da acidez potencial ($H^+ + Al^{3+}$) desses tratamentos, que apresentaram valores médios (SA = $5,67 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ e NPK = $5,64 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$) superiores aos tratamentos CF, BC, CF+BC, CF+NPK e CF+BC+NPK. Os maiores índices de acidez do solo observados nos tratamentos sem adubação e com adubação NPK são esperados, considerando que o tratamento que não recebeu adubo (SA) apresentou características iniciais de solo, ácido e álico, com baixa soma de bases (Tabela 1), e o tratamento NPK, composto por fertilizantes que passaram por tratamento ácido na sua fabricação, tem comportamento de acidificar o solo, além de não conter em sua composição bases neutralizantes na proporção aplicada nos tratamentos com cama de frango e biocarvão (Tabela 7). Isso ocorreu devido a utilização de grandes doses de resíduos orgânicos, elevando o pH do solo no decorrer do tempo e reduzindo o teor de alumínio trocável no solo (Ribeiro et al., 2016). De acordo com Schmidt e Heckenberger (2010), pH em torno de 5,5, os teores de Al trocável no solo são geralmente baixos, formando assim íons de hidróxido de Al que são fixados com os colóides de argila ou matéria orgânica.

Tabela 7. Valores médios do $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$, pH_{KCl} , Al^{3+} e $\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$, após cultivo dos clones em Latossolo Amarelo distrófico típico, em função dos tratamentos, Manaus, AM.

Adubação	pH H ₂ O	pH KCl	Al ³⁺ (cmolc kg ⁻¹)	H ⁺ + Al ³⁺ (cmolc kg ⁻¹)	M.O. (g kg ⁻¹)
SA	3,96 d	3,84 c	0,94 a	5,67 a	17,96 cd
CF	5,38 bc	5,07 b	0,08 d	4,82 cd	18,31 bcd
BC	5,67 b	5,17 b	0,03 d	4,39 de	18,27 bcd
NPK	4,06 d	3,91 c	0,53 b	5,64 a	15,72 e
CF+BC	6,31 a	5,99 a	0,01 d	3,95 e	19,56 abc
CF+NPK	4,87 c	4,77 b	0,09 d	5,03 bc	16,49 de
BC+NPK	4,14 d	4,05 c	0,29 c	5,49 ab	20,27 ab
CF+BC+NPK	5,11 c	5,02 b	0,06 d	4,85 cd	21,39 a
Solo inicial	4,42	3,93	0,78	9,39	18,89
CV (%)	8,42	9,66	38,07	7,88	9,21

SA = sem adubação; CF = cama de frango; BC = biocarvão.

As médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 1%.

Foi possível observar também que o tratamento com NPK, resultou em menor diâmetro do coleto aos 180 DAT, quando comparado aos outros tratamentos (Tabela 11). Entretanto, segundo Prezotti e Bragança (2013), o excesso de Al no solo causa o engrossamento das raízes do cafeeiro, reduz o seu crescimento e impede a formação de pelos radiculares, prejudicando a absorção de água e nutrientes, não interferindo diretamente no diâmetro.

Pela análise de variância evidencia-se que o fator clone (Cl), adubação (Ad) e a interação entre eles influenciaram os teores de matéria orgânica (MO), após 180 dias de cultivo das mudas (Tabela 6). Foi possível observar que os tratamentos com biocarvão combinado com outras fontes de adubação (CF+BC, BC+NPK e CF+BC+NPK) não diferem entre si teor de M.O. no solo (Tabela 7), comportamento justificado pelo maior teor de C presente no biocarvão (Tabela 3) quando comparado com as outras fontes, cama de frango e NPK. O menor teor de M.O. determinado no Latossolo Amarelo, aos 180 dias de cultivo dos clones de café Conilon foi para o tratamento com NPK (15,72 g kg⁻¹). De acordo com Machado et al. (2014), o processo de decomposição da matéria orgânica no solo está relacionado com a relação C/N, o que resulta em perda mais acelerada de nitrogênio do que carbono, principalmente na fase inicial de mineração onde a liberação de nitrogênio ocorre de forma mais rápida devido a baixar relação C/N no solo, acelerando assim o processo de decomposição da matéria orgânica.

Quando comparado com o teor adequado no solo de 2-3 g kg⁻¹ de M.O. (Bragança et al., 2001), todos os tratamentos se mostraram superiores, o que já era de se esperar devido ao alto teor encontrado nas características iniciais de solo (M.O. = 18,89 g kg⁻¹) (Tabela 1). Silva et al. (2015), encontraram um aumento linear no teor de C orgânico e, conseqüentemente, na matéria

orgânica do solo, em resposta às aplicações superficiais do composto orgânico contendo casca de café no cultivo de café. Segundo Carnier et al. (2019), a utilização de película e do pó de café vencido como fertilizantes orgânicos, comprovou um aumento no teor de C orgânico e consequentemente no teor de M.O., pois o uso desses resíduos como condicionadores de solo é promissor devido ao seu alto teor de C orgânico.

Entre os nutrientes presentes no solo após o seu cultivo (Tabela 8), apenas os teores de nitrogênio diferiram para o fator clone, sendo que o C-199 apresentou teor inferior ($0,65 \text{ g kg}^{-1}$) aos clones C-120 (77 g kg^{-1}) e C-125 (74 g kg^{-1}). O menor teor de N no solo cultivado com o C-199, pode ser explicado pela maior eficiência de absorção de N (Tabela 15) do C-199 quando comparado com os outros clones (C-120 e C-125). Em relação à adubação, os níveis de N no solo diferiram em função dos tratamentos aplicados, sendo o menor teor de N observado para o tratamento que não recebeu adubação ($SA = 0,58 \text{ g kg}^{-1}$), seguido pelos tratamentos BC ($0,60 \text{ g kg}^{-1}$), CF ($0,72 \text{ g kg}^{-1}$) e NPK ($0,73 \text{ g kg}^{-1}$) que, no entanto, não diferiram entre si. De acordo com Guimarães et al. (2017), a aplicação de biocarvão pode ser efetiva na mitigação das emissões de N_2O e na redução da lixiviação de N-inorgânico dos solos, entretanto, segundo Bai et al. (2016) esse efeito não foi observado com 6 meses, sendo relatado o aumento de nitrogênio após 1, 2 e 10 anos da aplicação do biocarvão.

Os teores de fósforo, potássio, cálcio e magnésio, não mostraram diferença significativa para o clone, entretanto, houve diferença para a adubação. Só o tratamento completo (CF+BC+NPK) difere quando comparado com a testemunha (SA) mostrou maior teor de fósforo, potássio, cálcio e magnésio após 180 dias de cultivo em Latossolo Amarelo com clones de café (Tabela 8), evidenciando a importância da adição da matéria orgânica para melhoria da qualidade do solo utilizado. Os resultados obtidos corroboram a premissa de que nas condições do solo utilizado, distrófico, ácido, com saturação por bases muito baixa e consequentemente baixa capacidade de troca de cátions (Tabela 1), a adição de fontes alternativas de material orgânico melhora a disponibilidade de nutrientes necessários para suprir as demandas da planta, resultando em mudas de cafeeiro de melhor qualidade quanto ao crescimento e desenvolvimento, como pode ser observado pelas variáveis biométricas (Tabelas 10, 11, 12 e 13).

Tabela 8. Teores de macro e micronutrientes, após cultivo dos clones em Latossolo Amarelo distrófico típico, em função dos tratamentos, Manaus AM.

Clone	N (g kg ⁻¹)	P (mg kg ⁻¹)	K (cmolc kg ⁻¹)	Ca (cmolc kg ⁻¹)	Mg (cmolc kg ⁻¹)
C-120	0,77 a	140,15 a	0,94 a	2,49 a	1,15 a
C-125	0,74 a	166,43 a	0,88 a	2,96 a	1,24 a
C-199	0,65 b	132,93 a	0,85 a	2,85 a	1,22 a
Adubação					
SA	0,58 c	5,80 c	0,08 f	0,30 d	0,17 b
CF	0,72 abc	199,24 ab	1,07 bc	2,95 bc	1,17 b
BC	0,60 bc	10,82 c	0,31 ef	2,92 bc	1,61 ab
NPK	0,73 abc	48,13 c	0,51 de	0,76 d	0,25 b
CF+BC	0,77 ab	273,04 a	1,32 ab	3,68 bc	1,54 ab
CF+NPK	0,77 ab	294,59 a	1,54 a	3,91 ab	0,83 b
BC+NPK	0,77 ab	62,40 bc	0,82 cd	2,77 c	1,07 b
CF+BC+NPK	0,83 a	278,00 a	1,47 a	4,83 a	2,99 a
Solo inicial	0,71	8,85	0,11	0,47	0,21
Teor adequado¹	-	15 - 20	0,25 - 0,3	3 - 4	0,8 - 1
CV (%)	19,16	75,46	33,02	31,52	107,66
Adubação	Fe (mg kg ⁻¹)	Zn (mg kg ⁻¹)	Mn (mg kg ⁻¹)	Cu (mg kg ⁻¹)	
SA	249,50 b	8,21 b	4,96 c	1,63 a	
CF	353,25 ab	11,36 ab	11,30 bc	2,23 a	
BC	311,13 ab	9,24 b	11,44 bc	1,58 a	
NPK	257,42 b	12,18 ab	8,13 bc	2,65 a	
CF+BC	302,42 ab	11,53 ab	21,03 a	3,46 a	
CF+NPK	410,42 a	14,67 a	11,96 bc	1,83 a	
BC+NPK	325,38 ab	9,55 b	12,33 bc	1,74 a	
CF+BC+NPK	298,00 ab	10,78 ab	13,95 ab	2,36 a	
Solo inicial	315,1	26,9	4,6	0,3	
Teor adequado¹	100 - 200	2 - 3	5 - 10	0,5 - 1	
CV (%)	37,62	35,52	51,16	116,37	

SA = sem adubação; CF = cama de frango; BC = biocarvão.

As médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% (*), a 1% (**), e não significativo (ns).

¹Bragança et al., 2001.

Para o fósforo, houve um incremento em todos os tratamentos que receberam cama de frango (CF = 199,24 mg kg⁻¹; CF+BC = 273,04 mg kg⁻¹; CF+NPK = 294,59 mg kg⁻¹; CF+BC+NPK = 278 mg kg⁻¹ de P) (Tabela 8). Grande parte do fósforo adicionado na ração não é hidrolisada pelo sistema digestivo das aves, sendo então liberado nas fezes, podendo contribuir para o aumento do teor de fósforo do solo, como pode ser observado pelo teor de P na CF (Tabela 4). Comprovado por Ribeiro et al. (2019), que com a utilização de cama de peru foi possível elevar os teores de fósforo de um Latossolo Vermelho. Semelhantemente por Lourenzi et al. (2016), afirmando que a aplicação de dejetos líquidos de suínos com maravalha

proporcionou incrementos nos teores de P no solo de um Latossolo Vermelho. O teor de P no solo considerado adequado ao desenvolvimento de café Conilon está na faixa de 15 - 20 mg kg⁻¹ (Bragança et al., 2001), no entanto nas condições deste trabalho foi observado para os tratamentos CF, NPK e BC+NPK, teores superiores ao necessário, e para os tratamentos sem adubação (5,80 mg kg⁻¹) e biocarvão (10,82 mg kg⁻¹) teores inferiores a faixa considerada adequada.

Os tratamentos com cama de frango associada a outra fonte de adubação (CF+BC; CF+NPK e CF+BC+NPK), proporcionaram maiores teores de K (Tabela 8). Esse resultado foi atribuído pela concentração de K encontrado na cama de frango (Pacheco et al., 2018), pela capacidade de retenção de água e pela capacidade de troca de cátions (CTC) da cama de frango em reter o K. Sendo o K um elemento solúvel e móvel no solo, facilmente lixiviado para camadas mais profundas do solo. Resultados obtidos por Pacheco et al. (2018), foi possível observar uma maior concentração de K após 6 anos de cultivo de mangueira 'UBÁ' em consórcio com braquiária no tratamento de adubação orgânica (cama de frango o equivalente à adubação mineral) quando comparado com a adubação mineral. Comprovado também por Schalleberger et al. (2018), quando os teores de potássio dos tratamentos com aplicação de cama de aviário apresentaram-se maiores em relação à mata nativa.

Os teores de cálcio foram influenciados pelos tratamentos CF+NPK e CF+BC+NPK (Tabela 8), sendo o esterco de frango rico em minerais como o cálcio e magnésio presentes na ração dos animais, entretanto a cama de frango utilizada apresentou baixa concentração de Mg quando comparado com o Ca (Tabela 4). Silveira Junior et al. (2015) trabalhando com *Urochloa brizantha* cv. Piatã aplicando adubação química e diferentes níveis de biofertilizantes de cama de aviário, também verificaram aumento dos teores de cálcio e magnésio do solo em todos os tratamentos.

Os teores de magnésio foram afetados pelo biocarvão (BC, CF+BC e CF+BC+NPK) (Tabela 8) sendo possível que não houve diferença para os tratamentos, mesmo a concentração de Mg da cama de frango sendo maior que a do biocarvão, o biocarvão ajudou a diminuir a perda de Mg por lixiviação através da adsorção desse nutriente. Quando comparado com o tratamento completo (CF+BC+NPK), foi encontrado um maior teor de Mg para o tratamento quando comparado com os tratamentos SA, CF, NPK, CF+NPK e BC+NPK. Segundo Woiciechowski et al. (2018), a elevação nos teores de Ca e Mg aos 180 dias deve estar relacionada com a constituição do material incorporado, esses valores foram quase sempre superiores à testemunha quando comparado doses de biocarvão com e sem adubação com NPK.

Em relação aos teores de micronutrientes no solo, todos apresentaram diferenças para as fontes de adubação com exceção somente do cobre (Tabela 8), que não mostrou efeito significativo para nem um dos fatores analisados (Tabela 6).

Os tratamentos sem adubação e com a adubação mineral (NPK) resultaram em menores teores de ferro, comparado aos tratamentos que continham adubação orgânica (Tabela 8). Acredita-se que isso se dá pelo alto teor de ferro nas fontes orgânicas, sendo 8521,6 mg kg⁻¹ no biocarvão (Tabela 3) e 396,2 mg kg⁻¹ na cama de frango (Tabela 4). Segundo Lana et al. (2007), os baixos teores encontrados em Latossolo Vermelho distrófico após cultivo com cana-de-açúcar está relacionado com os baixos teores de Fe encontrados nos resíduos orgânicos utilizados. Para Demattê et al. (2003) a dinâmica do Fe no solo, entre a matéria orgânica e a presença do Fe nos solos tropicais, ainda não está totalmente compreendida, o que dificulta a prática deste elemento em estudos. Entretanto, o alto teor de Fe presente no solo inicial (Tabela 1), está relacionado ao tipo de material de origem do solo, o que é esperado considerando que os Latossolos são rico em minerais com a hematita (Fe₂O₃), olivina ((MgFe)₂SiO₄) e goethita (FeO(OH)) (Wastowski et al. 2010).

Altos teores de óxidos de ferro conferem aos solos tropicais uma alta capacidade de adsorção de fósforo (Fink et al., 2016), assim neste estudo observa-se que o tratamentos que receberam (CF, CF+BC, CF+NPK e CF+BC+NPK (Tabela 8)) foram os mesmo tratamentos que apresentaram alta concentração de fósforo (Tabela 8). Segundo Fink et al. (2016), isso ocorre devido as variações temporais das condições de oxidação e redução dos solos afetando a sua cristalinidade, influenciando nas diferentes taxas de solubilização de Fe e, indiretamente, nas concentrações de P na solução dos solos reduzidos.

As formas de como o Fe atua na sorção de P, é explicado durante o processo de redução dos óxidos férricos a óxidos ferrosos, resultando em cargas superficiais positivas, favorecendo a sorção de P (Schwertmann e Taylor, 1989) no solo ou devido ao aumento das concentrações de P e Fe na solução, proporcionando a precipitação de fosfatos de ferro, sendo possível comprovar esse efeito no tratamento NPK (257,42 mg kg⁻¹) (Tabela 8) quando comparado com o solo inicial (315,1 mg kg⁻¹) (Tabela 1), isso ocorre devido a adição de P disponível ao solo, fazendo com que o Fe presente na solução do solo seja precipitado.

Em relação ao zinco, os tratamentos (CF, NPK, CF+BC, CF+BC+NPK) mostraram concentrações mais elevadas nos teores de Zn (Tabela 8). Esse maior incremento se justifica, devido ao Zn apresentar afinidade por grupos funcionais da matéria orgânica e a maior quantidade de Zn aplicada com a cama de frango (689,2 mg kg⁻¹) (Tabela 4). Resultado

semelhante ao encontrado por Lourenzi et al. (2016), após observar o teor de Zn de Latossolo após sucessivas aplicações de composto orgânico de dejetos líquidos de suínos com maravalha. Neste estudo, todos os tratamentos resultaram em alto teor de Zn (valor médio = 10,94) (Tabela 8), Quando comparado com o valor (2-3 mg kg⁻¹) considerado o necessário para o desenvolvimento do café (Bragança et al., 2001), entretanto os valores observados, estão muito inferiores a teor de Zn, apresentado nas características iniciais de solo (26,9 mg kg⁻¹) (Tabela 1).

Os tratamentos CF, CF+BC, CF+NPK e CF+BC+NPK foram os mesmos tratamentos que apresentaram alta concentração de fósforo e zinco no solo (Tabela 8). Existe muita controvérsia quando se discute a interação P-Zn solo-planta, pois a interação P-Zn constitui um exemplo da interferência de um elemento sobre o outro, sendo que altos teores de P podem afetar a disponibilidade de Zn, alguns autores afirmam que os problemas gerados pela interação ocorrem no solo (Muner et al. 2011), outros, porém relatam que a interação ocorre na planta em função do efeito de diluição ou interferência do P na absorção, translocação e utilização do Zn pela planta (Correa et al., 2014). Segundo Muner et al. (2011), quando o P é adicionado ao solo ocorre mudanças na carga de superfície, em virtude da adsorção dos fosfatos pelos colóides e pela precipitação do Zn com o fosfato (fosfato de zinco), formando Zn₃(PO₄)₂, resultado que não foi observado nos teores de Zn no solo.

Em relação ao manganês, somente os tratamentos com a combinação cama de frango e biocarvão (CF+BC e CF+BC+NPK) foram satisfatórios devido a concentração de Mn presente nas duas fontes CF = 671,4 mg kg⁻¹ (Tabela 4) e BC = 250,2 mg kg⁻¹ (Tabela 3) quando combinados (Tabela 8), foi possível observar que o biocarvão e a cama de frango podem ter retido o Mn, diminuindo sua lixiviação (Tabela 8). Segundo Novak et al. (2009) avaliando a influência da adição de biocarvão de casca do fruto de noqueira-pecã no solo, após 67 dias em casa de vegetação, concluiu que o biocarvão apresentou alta capacidade de sorção de nutrientes, principalmente Ca, P, Zn e Mn. Araujo et al. (2007), também observou alto teor de Mn no solo para o cultivo do café com adubação mineral (ureia, superfosfato simples e cloreto de potássio), adubação orgânica (esterco de galinha, casca de café e palha de feijão na proporção de 1:22) e adubação mineral + orgânica, 204 dias após o transplante.

Variáveis biométricas

A caracterização inicial das mudas, evidenciou valores médios para a altura da haste principal de 9,21 cm, diâmetro do coleto de 2,55 mm e número de folhas de 4,4 folhas (Tabela 5). A Tabela 9, mostra o resumo da anova para as variáveis biométricas de crescimento, medidas mensalmente até o final do experimento (180 dias). Nas condições deste trabalho foi observado, que a altura da planta, para o fator clone diferiu significativamente no decorrer de todo o experimento ($p < 0,01$) (Tabela 9). Diferença significativa também foi observado para o fator clone, para o diâmetro aos 60 dias e massa seca da raiz (Tabela 9). O diâmetro da planta durante todo o experimento para o fator adubação foi observado efeito significativo ($p < 0,01$). A adubação afetou com significância pelo teste F de $p < 0,01$, o número de folhas avaliado mensalmente até os 180 dias, assim como também afetou a massa seca da parte aérea e comprimento da raiz principal. Não foi observado efeito significativo na interação Cl x Ad, para nem uma das variáveis biométricas avaliadas.

Tabela 9. Resumo ANOVA das variáveis biométricas de crescimento, para o efeito das adubações e dos clones após cultivo em Latossolo Amarelo distrófico típico, Manaus, AM.

F.V.	Altura de haste principal (DAT)				
	60	90	120	150	180
Cl	13,27 ^{**}	11,99 ^{**}	9,86 ^{**}	8,60 ^{**}	8,53 ^{**}
Ad	1,07 ^{ns}	1,30 ^{ns}	1,42 ^{ns}	1,83 ^{ns}	1,79 ^{ns}
Cl x Ad	0,92 ^{ns}	1,04 ^{ns}	0,76 ^{ns}	0,49 ^{ns}	0,63 ^{ns}
CV (%)	26,97	23,83	24,44	23,83	23,69
F.V.	Diâmetro de planta (DAT)				
	60	90	120	150	180
Cl	3,51 [*]	2,44 ^{ns}	2,51 ^{ns}	1,73 ^{ns}	2,07 ^{ns}
Ad	1,35 ^{ns}	1,33 ^{ns}	2,02 ^{ns}	2,19 ^{ns}	2,22 [*]
Cl x Ad	0,71 ^{ns}	0,77 ^{ns}	0,75 ^{ns}	0,96 ^{ns}	0,93 ^{ns}
CV (%)	13,81	13,89	13,35	13,14	12,51
F.V.	Número de folhas (DAT)				
	60	90	120	150	180
Cl	1,96 ^{ns}	0,73 ^{ns}	0,58 ^{ns}	0,001 ^{ns}	0,62 ^{ns}
Ad	3,01 ^{**}	4,32 ^{**}	5,67 ^{**}	4,39 ^{**}	3,77 ^{**}
Cl x Ad	0,96 ^{ns}	1,27 ^{ns}	1,65 ^{ns}	1,46 ^{ns}	1,49 ^{ns}
CV (%)	30,22	28,85	26,71	27,28	28,59
F.V.	Após 180 DAT (g)				
	MSR	MSPA	CRP		
Cl	3,72 [*]	0,03 ^{ns}	0,11 ^{ns}		
Ad	2,09 ^{ns}	3,53 ^{**}	1,72 ^{**}		
Cl x Ad	1,61 ^{ns}	0,71 ^{ns}	0,74 ^{ns}		
CV (%)	33,69	32,39	25,47		

^{**} e ^{*} significativo a 1 e 5% pelo teste de F, respectivamente; ns: não significativo; F.V.: Fatores de Variação; Cl: clone; Ad: adubação; Cl x Ad: Interação clone x adubação; CV: Coeficiente de Variação.

As análises de altura da haste principal realizadas durante os 180 dias de cultivo das mudas mostraram que os clones C-125 e C-199 (média de 24,60 cm e 22,09 cm), tiveram crescimento superior em relação ao clone C-120 (19,23 cm) que apresentou crescimento tardio (Figura 5). Os resultados obtidos por Partelli et al., (2011), mostraram altura média de 22,55 a 32,67 cm, avaliando o desenvolvimento inicial de 25 genótipos de mudas de café Conilon, após 112 dias de transplântio, em condições de campo.

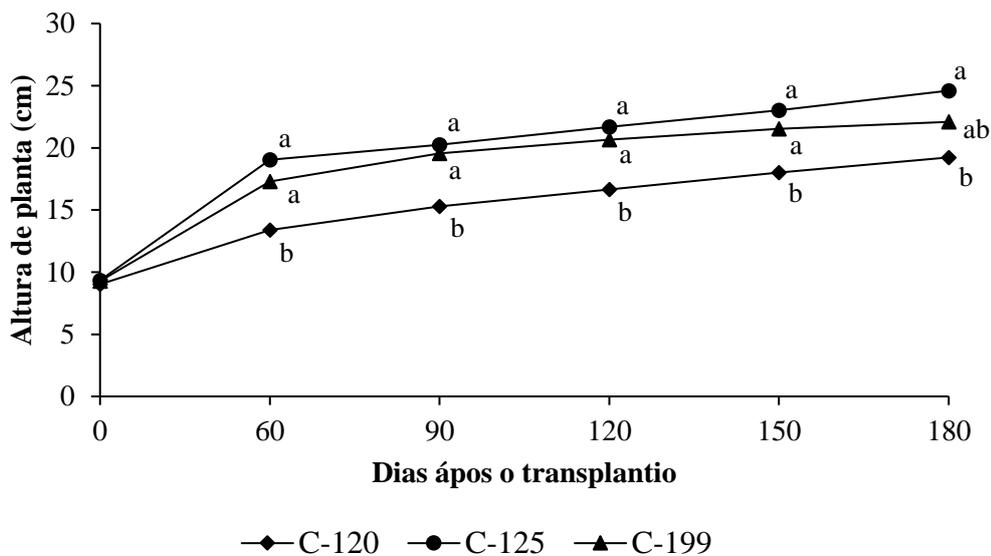


Figura 5. Valores médios da altura da haste principal dos clones de café Conilon aos 60, 90, 120, 150 e 180 dias após transplântio, Manaus, AM. As médias seguidas por letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade.

Tabela 10. Altura da haste principal, referentes as avaliações realizadas aos 60, 90, 120, 150 e 180 dias após transplântio de mudas clonais em Latossolo Amarelo distrófico típico, em função dos tratamentos, Manaus, AM.

Adubação	60 DAT	90 DAT	120 DAT	150 DAT	180 DAT
SA	16,25 a	17,37 a	17,66 a	18,41 a	19,16 a
CF	17,54 a	19,54 a	21,95 a	24,20 a	25,16 a
BC	16,16 a	17,79 a	18,75 a	19,33 a	20,58 a
NPK	14,70 a	16,91 a	18,25 a	19,00 a	19,75 a
CF+ BC	14,95 a	16,29 a	18,08 a	20,25 a	23,45 a
CF+ NPK	16,87 a	19,50 a	20,58 a	21,75 a	22,41 a
BC+ NPK	18,70 a	20,16 a	21,20 a	21,66 a	22,37 a
CF+BC+NPK	17,37 a	19,33 a	20,83 a	22,16 a	22,91 a
CV (%)	30,22	28,85	26,71	27,28	28,59

SA = sem adubação; CF = cama de frango; BC = biocarvão. NPK= ureia, superfosfato triplo e cloreto de potássio.

DAT: dias após transplântio.

** - comparação entre testemunha e tratamento, significativo pelo teste F em nível de 1%.

Médias seguidas de mesma letra, na coluna e dentro de cada fator, não diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

Para o diâmetro do coleto, apenas a avaliação realizada aos 60 dias após o transplante (DAT) diferenciou-se em relação ao fator clone. O C-120 e C-199 mostraram melhor desempenho para o diâmetro do coleto comparado ao C-125 na mesma avaliação (60 dias), apresentando a seguinte sequência: C-199 (3,56 mm) > C-120 (3,44 mm) > C-125 (3,25 mm) (Figura 6). Resultados semelhantes aos observados neste trabalho para os valores de diâmetro do coleto, que variara de 3,25 a 4,42 mm, também foram obtidos por Crove et al., (2013), avaliando o diâmetro do coleto de mudas clonais de *Coffea canephora*, variedade ‘Vitória Incaper 8142’, comprovou uma variação média de 2,82mm a 3,86 mm para diferentes genótipos de café, aos 210 dias após estaquia.

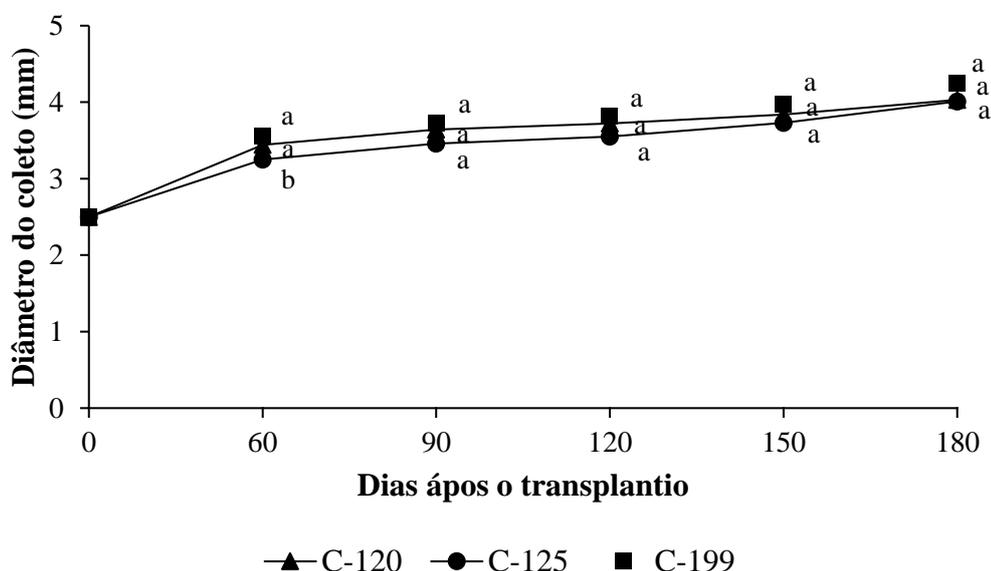


Figura 6. Valores médios do diâmetro do coleto dos clones de café Conilon aos 60, 90, 120, 150 e 180 dias após transplante, Manaus, AM. As médias seguidas por letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade.

Em relação a interferência da adubação no diâmetro do coleto, só foi possível observar diferença significativa aos 180 DAP (Tabela 11). O tratamento com NPK acarretou diminuição do diâmetro, sendo que essa redução do diâmetro pode ser devido ao fato dos nutrientes no solo estarem mais disponíveis para a planta, podendo mais facilmente causar toxidez, levando assim a um prejuízo no desenvolvimento da planta, ou mesmo, devido a condição de acidez mais elevada do solo associada a um menor teor de matéria orgânica (Tabela 7), criando assim condições menos favoráveis para a disponibilidade dos nutrientes e desenvolvimento das mudas. Neste trabalho, a média geral obtida aos 180 dias foi de 4,1 mm, sendo que o maior diâmetro

médio observado foi para o tratamento CF+BC+NPK (4,42 mm). Neiva Junior et al. (2019), obteve resultados similares (4,4 mm) para o diâmetro plantas de *Coffea arabica* (Catuaí IAC 51) após 180 dias tanto com adubação mineral como com a adubação orgânica (solo misturado com esterco bovino na proporção de 30%).

Tabela 11. Diâmetro do coleto (mm) da avaliação realizada 60, 90, 120, 150 e 180 dias após transplântio (DAT) em Latossolo Amarelo distrófico típico, em função dos tratamentos, Manaus, AM.

Adubação	60 DAT	90 DAT	120 DAT	150 DAT	180 DAT
SA	3,24 a	3,43 a	3,52 a	3,62 a	3,92 ab
CF	3,67 a	3,89 a	4,01 a	4,13 a	4,32 ab
BC	3,29 a	3,45 a	3,58 a	3,74 a	4,07 ab
NPK	3,38 a	3,56 a	3,44 a	3,58 a	3,70 b
CF+BC	3,29 a	3,52 a	3,68 a	3,87 a	4,14 ab
CF+NPK	3,38 a	3,56 a	3,64 a	3,80 a	4,09 ab
BC+NPK	3,48 a	3,64 a	3,73 a	3,88 a	4,10 ab
CF+BC+NPK	3,63 a	3,82 a	3,96 a	4,18 a	4,42 a
CV (%)	13,81	13,89	13,35	13,14	12,51

SA = sem adubação; CF = cama de frango; BC = biocarvão.

DAT: dias após transplântio.

As médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 1%.

Os números de folhas foram significativamente influenciados pela adubação em todas as avaliações realizadas (Tabela 12). Quando comparado com o número de folhas que as mudas possuíam quando foram transplantadas (4,4 folhas) (Tabela 5), todos os tratamentos obtiveram um acréscimo, com exceção da testemunha (SA) e do tratamento somente com BC (Tabela 12). Isso aconteceu pelos baixos teores de N, P e K no solo nos tratamentos SA e BC (Tabela 7), e refletem a importância do fornecimento adequado desses nutrientes nas fases iniciais de desenvolvimento do cafeeiro, uma vez que N e P estão vinculados às funções energéticas das plantas. Contudo, é interessante observar que os maiores incrementos no número de folhas foram obtidos ao longo do desenvolvimento das plantas para o tratamento BC+NPK, que resulta na associação de um condicionador de solo (BC) a adubação mineral (NPK). Esses resultados evidenciam os efeitos benéficos do uso de fontes alternativas de material orgânica a adubação mineral. Resultados obtidos por Berilli et al. (2014), foi possível observar um efeito positivo no número de folhas de café Conilon após 120 dias do transplântio com utilização de lodo de curtume como adubação alternativa.

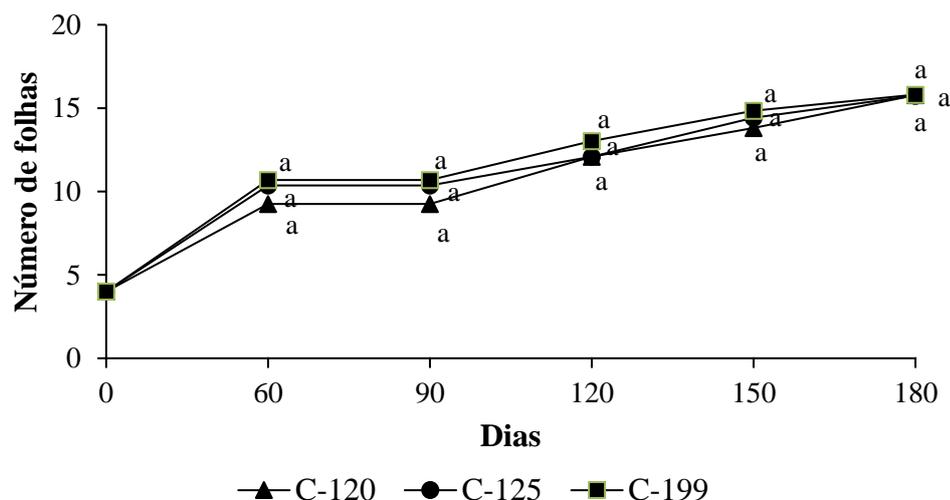


Figura 7. Valores médios do número de folhas dos clones de café Conilon aos 60, 90, 120, 150 e 180 dias após transplântio, Manaus, AM. As médias seguidas por letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade.

Tabela 12. Número de folhas referentes as avaliações realizadas aos 60, 90, 120, 150 e 180 dias após transplântio (DAT), em Latossolo Amarelo distrófico típico, em função dos tratamentos, Manaus, AM.

Adubação	60 DAT	90 DAT	120 DAT	150 DAT	180 DAT
SA	8,33 b	9,50 c	10,91 b	11,66 c	12,75 c
CF	10,08 ab	12,50 abc	14,66 ab	16,16 abc	16,91 abc
BC	8,16 b	11,00 bc	11,91 b	13,66 bc	14,50 bc
NPK	9,25 ab	11,00 bc	12,25 b	13,91 bc	15,08 abc
CF+BC	11,33 ab	14,08 ab	17,41 a	18,66 ab	19,83 ab
CF+NPK	11,58 ab	13,08 abc	15,08 ab	16,75 abc	18,25 abc
BC+NPK	12,33 a	16,41 a	18,41 a	19,41 a	20,66 a
CF+BC+NPK	9,70 ab	11,66 bc	14,25 ab	16,00 abc	16,58 abc
CV (%)	30,22	28,85	26,71	27,28	28,59

SA = sem adubação; CF = cama de frango; BC = biocarvão.

DAT: dias após transplântio.

As médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 1%.

Quanto a matéria seca radicular (MSR) a adubação não interferiu nos resultados (Tabela 13). Entretanto, o C-120 se mostrou inferior aos outros clones no desenvolvimento radicular, resultado expresso também na altura da planta (Figura 6). Segundo Starling et al. (2018) quando avaliando variabilidade e balanço nutricional entre genótipos de café Conilon BRS Ouro Preto na seca versus suprimento adequado de água, os genótipos C-125 e C-155 acumularam maiores quantidades de biomassa quando comparados aos demais independente do suprimento de água, comprovando que cada clone responde de um jeito a cada tipo de manejo. Resultado também observado por Covre et al. (2013), quando avaliado a massa seca da raiz de um grupo com

desempenho significativamente maior, constituído por genótipos (V2, V4, V8, V9, V10 e V12) de café Conilon.

Para a variável matéria seca da parte aérea (MSPA) e comprimento da raiz principal (CRP) todos os tratamentos diferiram em relação à testemunha (SA) (Tabela 13). Isso é procedente da maior disponibilidade de nutrientes para planta no solo, em relação a não utilização de fontes de adubação no desenvolvimento vegetativo da parte aérea e no comprimento da raiz. Resultados obtidos por Viqui et al. (2016), comprovam um incremento no desenvolvimento da parte aérea das mudas do cafeeiro Conilon provavelmente devido aos efeitos da matéria orgânica líquida na melhoria das características físicas e químicas do solo, que proporcionam efeitos diretos no crescimento das plantas após 120 dias.

Tabela 13. Média matéria seca radicular (MSR), da matéria seca da parte aérea (MSPA) e do comprimento da raiz principal (CRP) após 180 dias do transplântio, sob interferência da adubação em um Latossolo Amarelo, Manaus, AM.

Clone	MSR (g)	MSPA (g)	CRP (cm)
C-120	1,33 b	6,86 a	56,81 a
C-125	1,62 ab	6,99 a	57,34 a
C-199	1,65 a	7,00 a	55,62 a
Adubação			
SA	1,52 a	4,83 b	49,75 b
CF	1,85 a	8,03 a	57,66 ab
BC	1,59 a	5,83 ab	51,91 ab
NPK	1,26 a	5,96 ab	56,33 ab
CF+ BC	1,54 a	7,63 ab	57,16 ab
CF+ NPK	1,35 a	7,71 a	54,50 ab
BC+ NPK	1,82 a	7,95 a	68,16 a
CF+BC+NPK	1,35 a	7,68 ab	57,25 ab
CV (%)	33,69	32,39	25,47

SA = sem adubação; CF = cama de frango; BC = biocarvão

DAT: dias após transplântio.

As médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% (*) e a 1% (**).

As adubações interferiram positivamente na variável, comprimento da raiz principal. Entretanto, o resultado mostrou um efeito negativo na variável das mudas quando não adubada (Tabela 13). Segundo Rezende (2011), diversas plantas se desenvolvem em solos levemente ácidos, ou seja, em solos com pH entre 5 e 6, o que não ocorrera toxidez de Al para as plantas, as concentrações tóxicas de Al no solo afetam o desenvolvimento ocasionando danos nas raízes das plantas devido a ligação do Al aos ácidos nucleicos, inibindo a divisão das células radiculares. Foi possível observar uma acidificação no solo pelos teores de pH em H₂O, pH em KCl e Al (Tabela 7), quando comparado com as características de solo inicial (Tabela 1),

entretanto, só é possível observar toxidez de Al em genótipos de café a nível de $1,8 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$ no solo (Braccini et al. (2000).

Teores dos nutrientes na folha

Nas condições deste trabalho foi possível observar, pela análise de variância, que adubação afetou, com significância pelo teste F de $p < 0,01$, os teores foliares de todos os nutrientes avaliados (N, P, K, Ca, Mg, Z, Mn e Cu), com exceção do Fe. Já para o fator clone foi observado efeito significativo ($p < 0,01$), para os teores foliares de N, P, K, Mg, Fe, Mn e Cu e, para a interação clone x adubação, somente para P, K e Cu (Tabela 14).

Tabela 14. Resumo da análise de variância dos teores nutricionais nas folhas, para o efeito do clone, da adubação e da interação adubação x clone após cultivo em Latossolo Amarelo distrófico. Manaus, AM.

F.V.	N	P	K	Ca	Mg
Cl	7,52**	3,27*	14,23**	2,34 ^{ns}	12,79**
Ad	9,85**	11,26**	7,94**	14,32**	32,46**
Cl x Ad	1,8 ^{ns}	2,07*	1,96*	0,58 ^{ns}	1,3 ^{ns}
CV (%)	8,44	24,73	16,71	28,7	20,58
F.V.	Fe	Zn	Mn	Cu	
Cl	11,48**	1,49 ^{ns}	3,88**	51,55**	
Ad	1,6 ^{ns}	7,6**	20,95**	2,94**	
Cl x Ad	0,98 ^{ns}	1,74 ^{ns}	0,62 ^{ns}	2,05*	
CV (%)	26,1	27,33	23,8	28,09	

** e * significativo a 1 e 5% pelo teste de F, respectivamente; ns: não significativo; F. V.: Fatores de Variação; Cl: clone; Ad: adubação; Cl x Ad: Interação clone x adubação; CV: Coeficiente de Variação.

A adubação contendo N, do tratamento NPK, proporcionou o maior teor desse nutriente nas folhas do cafeeiro Conilon ($34,53 \text{ g kg}^{-1}$) e, quando associado ao tratamento CF e BC, promoveu aumentos nos teores foliares de nitrogênio desses tratamentos (CF+NPK; BC+NPK e CF+BC+NPK), enquanto o tratamento CF+BC mostrou o menor teor ($27,09 \text{ g kg}^{-1}$), seguido pelos tratamentos SA, BC e CF, não diferindo entre si (Tabela 15). Portanto, foi possível observar que todos os tratamentos que receberam ureia apresentaram maior teor de N nas folhas, o que já era de se esperar devido a ureia ser uma fonte de adubo de alta solubilidade, alta taxa de absorção foliar e de disponibilidade imediata para as plantas (Yano et al., 2005; Malavolta, 2006), o que torna o N prontamente disponível na solução do solo para absorção pela planta, além de ser o nutriente requerido em grande quantidade pelo cafeeiro (Malavolta, 1993).

Tabela 15. Teores de macro e micronutrientes nas folhas, após 180 dias do transplantio nos clones fatores dos clones e da adubação em um Latossolo Amarelo, Manaus, AM.

Clone	N (g kg ⁻¹)	P (g kg ⁻¹)	K (g kg ⁻¹)	Ca (g kg ⁻¹)	Mg (g kg ⁻¹)
C-120	29,16 b	0,86 b	43,79 a	13,13 a	2,54 b
C-125	29,85 b	0,91 ab	35,38 b	15,25 a	2,37 b
C-199	31,57 a	1,00 a	42,44 a	14,82 a	3,03 a
Adubação					
SA	28,67 bc	0,62 c	29,17 c	21,09 a	3,09 b
CF	29,01 bc	1,17 a	45,15 a	12,59 b	2,28 cd
BC	28,82 bc	0,68 c	35,44 bc	21,47 a	4,25 a
NPK	34,53 a	0,86 bc	42,00 ab	9,47 b	1,31 e
CF + BC	27,09 c	1,21 a	45,42 a	13,80 b	2,95 bc
CF + NPK	31,39 ab	0,99 ab	42,47 ab	10,19 b	1,74 de
BC + NPK	31,55 ab	0,78 bc	42,10 ab	13,19 b	2,75 bc
CF + BC + NPK	30,50 b	1,06 ab	42,53 ab	13,44 b	2,80 bc
Faixa ideal¹	29-32	1,2 – 1,6	18 – 22	10-13	3,1-4,5
CV (%)	8,44	24,73	16,71	28,7	20,58
Clone	Fe (mg kg ⁻¹)	Zn (mg kg ⁻¹)	Mn (mg kg ⁻¹)	Cu (mg kg ⁻¹)	
C-120	449,36 b	50,83 a	98,50 b	4,23 c	
C-125	500,34 b	50,22 a	114,12 a	7,42 b	
C-199	608,44 a	55,86 a	114,18 a	9,08 a	
Adubação					
SA	492,21 a	79,36 a	180,05 a	6,48 ab	
CF	478,76 a	50,96 b	86,53 cd	7,26 ab	
BC	481,56 a	47,58 b	90,50 cd	6,50 ab	
NPK	542,01 a	48,61 b	90,38 cd	5,53 b	
CF+ BC	516,48 a	46,90 b	78,05 d	8,08 a	
CF+ NPK	467,11 a	42,71 b	94,33 cd	6,40 ab	
BC+ NPK	605,63 a	53,71 b	136,73 b	8,45 a	
CF+BC+NPK	571,28 a	48,58 b	114,91 bc	6,58 ab	
Faixa ideal¹	70-180	10-20	50-200	8-16	
CV (%)	26,1	27,33	23,8	25,47	

SA = sem adubação; CF = cama de frango; BC = biocarvão

DAT: dias após transplantio.

As médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% (*) e a 1% (**).

¹Prezotti et al., 2007.

De acordo com Prezotti et al. (2007), o teor de nitrogênio adequado nas folhas em desenvolvimento de café canéfora que é de 29-32 g kg⁻¹. Neste trabalho, foi possível observar que todos os tratamentos apresentaram teores dentro da faixa mencionada, independente da fonte de adubação, com exceção somente do tratamento cama de frango + biocarvão (Tabela 15), devido o N nos adubos minerais já estarem na forma disponível e no adubo orgânico o N está imobilizado e será mineralizado. Segundo Sorrenti et al. (2008), quando se realiza a adubação exclusiva com adubos orgânicos, na fase inicial pode determinar uma parcial

imobilização de nitrogênio no solo devido ao aumento da demanda por parte da microflora e microfauna do solo, determinando uma carência temporária desse elemento para as plantas.

Ao agrupar os clones quanto ao comportamento nutricional em resposta as adubações, observa-se que o C-199 se destacou apresentando teores médios mais elevados para a maior parte dos nutrientes (N, P, Mg, Fe, Zn, Mn, Cu), quando comparado com os clones C-120 e C-125 (Tabela 15). Embora os teores de N nas folhas de todos os clones (C-120 = 29,16; C-125 = 29,85 e C-199 = 31,57 g kg⁻¹), estejam dentro do teor adequado para a cultura (Prezotti et al., 2007) (Tabela 15), o clone C-199 foi estatisticamente superior aos demais, mostrando maior eficiência na absorção do nitrogênio. Martins et al. (2015), comparando espécie e genótipos de café em relação à eficiência de absorção, concluíram que esse comportamento diferencial é explicado pela variabilidade genética, que pode ser conceituada como um genótipo de característica hereditária que mostra diferença significativa em relação ao outro genótipo.

Foi observado, nas condições deste trabalho, que os teores de fósforo nas folhas, foi influenciado pela adubação com CF, resultando em um teor médio de 1,17 g kg⁻¹, considerando os teores observados para os tratamentos CF, CF+BC, CF+NPK e CF+BC+NPK (Tabela 15), enquanto os menores teores foram observados para os tratamentos SA (0,62 g kg⁻¹) e para o BC (0,68 g kg⁻¹), valores que estão muito abaixo da concentração de P adequada para a cultura do *C. canephora* (1,2-1,6 g kg⁻¹) (Prezotti et al., 2007). A explicação para estes resultados está no baixo teor de P do solo utilizado (tratamento sem adubação) (Tabela 1) e do biocarvão (Tabela 3). A adição ao solo do equivalente a 20 t ha⁻¹ de biocarvão, que apresentava um teor de apenas 1,01 g kg⁻¹ de P, não foi suficiente para suprir as demandas do cafeeiro na fase de muda. A absorção de fósforo pela planta sofreu influência positiva dos tratamentos com cama de frango, adicionado ao solo ao equivalente a 10 t ha⁻¹, com teor de P de 15 g kg⁻¹ (Tabela 4). Isso também pode ocorrer porque o P é predominantemente encontrado na forma inorgânica no esterco, prontamente disponível para as plantas (Lourenzi et al., 2014). Estes resultados refletem a importância da composição nutricional do substrato, quanto a disponibilidade de quantidades adequadas de todos nutrientes para suprir as exigências das mudas e com isso manter o equilíbrio nutricional.

Para os teores foliares de P nos clones, foi possível observar maior absorção desse nutriente nos clones C-125 e C-199 (Tabela 17). Segundo Martins et al. (2013b) resultados indicam que os genótipos Conilon exibem um comportamento significativamente diferente, dependendo dos níveis de oferta de P₂O₅ no solo, quando avaliado a eficiência nutricional em clones de café Conilon para o fósforo. O tratamento SA e somente com BC, promoveu menores

teores de P nas folhas para os três clones (Tabela 15), o que é esperado considerando que os tratamentos apresentaram baixos teores de P disponível (Tabela 8), demonstrando que a nutrição adequada da planta está totalmente ligada a capacidade do solo em fornecer nutrientes para as plantas (Prado et al., 2009).

Comportamento similar ao fósforo foi observado para o teor de K nas folhas dos clones, sendo os menores teores de K obtidos para os tratamentos SA e BC (29,17 e 35,445 g kg⁻¹, respectivamente) (Tabela 15), resultado que já era esperado devido à baixa disponibilidade do nutriente no solo (Tabela 8) e ao baixo teor no biocarvão (0,11 g kg⁻¹, Tabela 3). Entretanto, todos os tratamentos inclusive o SA, apresentaram valores acima do adequado para o desenvolvimento da cultura (18-22 g kg⁻¹) (Bragança et al., 2001). Os clones C-120 e o C-199 apresentaram teores superiores quando comparado com o C-125 (35,38 g kg⁻¹) (Tabela 15).

Os teores foliares de cálcio apresentaram um comportamento diferente daqueles observados para o N, P e K. A aplicação da adubação BC resultou em teores foliares significativamente superior a aplicação das demais fontes de adubação, isoladas ou em associação, mas não diferiu do tratamento SA (Tabela 15). A cinza presente no biocarvão é predominantemente constituída por óxidos (MgO e CaO), e devido às reações de dissociação os nutrientes Ca e Mg são disponibilizados prontamente para as plantas (Woiciechowski et al., 2018).

O Mg mostrou comportamento similar ao do Ca, apresentando para o tratamento BC teor foliar de Mg significativamente superior a todos os outros tratamentos (Tabela 15). Em relação ao teor de 3,2 g kg⁻¹ considerado adequado para o desenvolvimento da cultura (Bragança et al., 2001), somente o tratamento BC foi superior (4,25 g kg⁻¹), enquanto que o menor teor de Mg foi observado para o tratamento NPK (1,31 g kg⁻¹) (Tabela 15). O baixo teor foliar de Mg observado para o tratamento NPK, muito abaixo do considerado adequado por vários autores para a cultura do café Conilon (Bragança et al., 2001, Prezotti et al., 2007; Dias et al., 2014), em razão da ausência desse nutriente no tratamento NPK e das interações ocorridas no solo, devido o aporte pelo tratamento, principalmente, de nitrogênio e potássio. Muito provavelmente, essas condições criaram um desbalanço no equilíbrio dos cátions, confirmada pelos teores foliares muito elevado de potássio em detrimento aos baixos teores de magnésio.

Em relação os clones quanto ao teor de Mg, foi possível observar que houve diferença significativa entre os clones, sendo que o C-199 apresentou a maior média (3,03 g kg⁻¹), e o C-120 e C-125, as menores médias (2,54 e 2,37 g kg⁻¹, respectivamente) (Tabela 15).

Foi observado nas condições deste trabalho, que o teor de Fe presentes nas folhas, apresentou uma alta concentração de Fe no clone C-199, quando comparado com os outros clones C-120 e C-125. Entretanto, todos os tratamentos apresentaram alto teor de Fe, sendo o teor considerado adequado ao desenvolvimento de café canéfora o equivalente 70-180 mg kg⁻¹ (Bragança et al., 2001). No entanto, nas condições desse trabalho, o menor teor de Fe foi para o tratamento CF+NPK, com o equivalente a 467,11 mg kg⁻¹, três vezes maior do que o necessário para a cultura (Tabela 15). Isso pode ser justificado pelo alto teor de Fe presente na características de solo inicial (315,1 mg kg⁻¹) (Tabela 1), do alto teor presente nas fontes de adubação orgânica (Tabela 3 e 4) e da aplicação de 2 kg ha⁻¹ de FTE BR 12 (com 3% de Fe) em todos os tratamentos.

O teor de Zn nas folhas diferiu entre o tratamento SA e os demais tratamentos, sendo o maior teor encontrado no SA (79,36 mg kg⁻¹), sendo possível observar que o Zn não sofre interferência da adubação e estando disponível para a cultura no tratamento SA (Tabela 15). Quando comparado com a faixa de teor adequado para a cultura (10-20 mg kg⁻¹) (Prozotti et al., 2007), é possível observar que o teor mínimo encontrado é o equivalente a duas vezes o adequado, para o tratamento CF+NPK, com o equivalente a 42,71 mg kg⁻¹. Os clones não diferiram entre si para o teor foliar de Zn (Tabela 15). Este resultado pode ser atribuído, em parte, a concentração inicial já muito elevada de Zn (26,9 mg kg⁻¹), considerando as condições de Latossolo Amarelo distrófico do solo utilizado (Tabela 1), somado aos aportes do elemento adicionado pela adubação CB (13,4 mg kg⁻¹) (Tabela 3), do CF (289,2 mg kg⁻¹) (Tabela 4) e do FTE BR 12 (9% de Zn).

No teor foliar de Mn foi possível observar o efeito entre os clones e as fontes de adubação. O clone C-120 (98,50 mg kg⁻¹) foi inferior quando comparado com os outros clones C-125 e C-199. Em relação ao efeito da adubação, o tratamento SA foi significativamente superior (180,05 mg kg⁻¹) e o tratamento CF+BC inferior (78,05 mg kg⁻¹), mas só diferiu dos tratamentos SA, BC+NPK e CF+BC+NPK (Tabela 15). Todos os teores observados estão dentro da faixa ideal de 50-200 mg kg⁻¹, indicada por Prezotti et al. (2007). Entretanto, Bragança et al. (2007), cita como faixa de suficiência os teores de 60-80 mg kg⁻¹. Há uma certa semelhança no comportamento apresentado pelo Zn em relação ao Mn, quanto aos aportes significativos de Mn adicionado pela adubação CB (250,2 mg kg⁻¹) (Tabela 3), do CF (71,4 mg kg⁻¹) (Tabela 4) somado ao FTE BR 12 (3% de Mn) adicionado a todos os tratamentos.

Para o teor de Cu nas folhas, os fatores clones e adubações apresentaram efeito significativo, sendo, no entanto, o maior efeito discriminatório observado para o fator clone,

que diferiram significativamente entre si quanto ao teor foliar do Mn, na seguinte sequência: C-199 (9,08 mg kg⁻¹) > C-125 (7,42 mg kg⁻¹) > C-120 (4,23 mg kg⁻¹) (Tabela 15). foi possível observar um menor teor de adsorção nos clones pelo tratamento AS (Tabela 15), entretanto, quando determinado no solo, não foi possível observar que não houve efeito no teor de Cu (Tabela 8). O menor teor foliar de Cu observado em função dos tratamentos aplicados foi para o tratamento NPK de 5,53 mg kg⁻¹, sendo esse teor está abaixo da faixa considerada adequada na folha (8-16 mg kg⁻¹) do cafeeiro Conilon (Prezotti et al., 2007). Também se observa que os teores de Cu para os clones C-120 e C-125, independente da adubação, foram inferiores ao necessário (Tabela 15). A argila e a matéria orgânica são os componentes principais envolvidos na retenção do cobre no solo. Segundo Seidel et al. (2009), a matéria orgânica no solo reduz a disponibilidade de Cu no solo devido à formação de complexos estáveis e conseqüentemente o teor de Cu na planta, entretanto, o teor de Cu no solo não apresentou diferença quanto aos tratamentos (Tabela 8).

CONCLUSÃO

O tratamento que recebeu somente adubação mineral foi quem apresentou os maiores teores de N no solo e na concentração de N nas folhas.

O tratamento que recebeu cama de frango + biocarvão + NPK foi quem mais contribuiu para a melhoria da fertilidade do solo, conseqüentemente no crescimento das mudas e no estado nutricional das mudas.

Todos os tratamentos testados, exceto o controle, influenciaram nos parâmetros biométricos das mudas clonais de café Conilon.

REFERÊNCIAS

- Abdel-Fattah, T.M., Mahmoud, M.E., Ahmed, S.B., Huff, M.D., Lee, J.W., Kumar, S., 2015. Biochar from woody biomass for removing metal contaminants and carbon sequestration. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*. 22, 103-109.
- Adeli, A., Sistani, K.R., Rowe, D.E., Tewolde, H. 2007. Effects of broiler litter applied to no-till and tillage cotton on selected soil properties. *Soil Science Society of America Journal*. 71, 974-983.
- Akande, M.O., Oluwatoyinbo, F.I., Makinde, E.A., Adepoju, A.S., Adepoju, I.S., 2010. Response of Okra to organic and inorganic fertilization. *Nature and Science*. 8 (11), 261-266.
- Alencar, A.P., Netto, A.J., Nogueira, B.D., 2016. Efeito de substratos na produção e multiplicação de *Eisenia fétida* Savigny (1826). *Revista Acta Kariri*. 1 (1), 21-28.
- Alvares, C.A., Stape, J.L., Sentelhas, P.C., Gonçalves, J.L.M., Sparovek, G., 2013. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*. 22 (6), 711-728.
- Amaral, J.A.T., Lopes, J.C., Amaral, J.F.T., Saraiva, S.H., Jesus Jr, W.C., 2007. Crescimento vegetativo e produtividade de cafeeiros Conilon propagados por estacas em tubetes. *Ciência e Agrotecnologia*. 31 (6), 1624-1629.
- Amaral, J.B., Martins, L., Forti, V.A., Cícero, S.M., Marcos Filho, J., 2011. Teste de raios X para avaliação do potencial fisiológico de sementes de ipê-roxo. *Revista Brasileira de Sementes*. 33 (4), 601-607.
- Andrade, C.A., Bibar, M.P.S., Coscione, A.R., Pires, A.M.M., Soares, A.G., 2015. Mineralização e efeitos de biocarvão de cama de frango sobre a capacidade de troca catiônica do solo. *Pesquisa agropecuária brasileira*, 50, 407-416.
- Araújo, J.B.S., Carvalho, G.J., Guimarães, R.J., Carvalho, J.G., 2007. Composto orgânico e biofertilizante na nutrição do cafeeiro em formação no sistema orgânico: teores foliares. *Coffee Science*, 2 (1), 20-28.
- Asfaw, M., Geta, E., Mitiku, F., 2019. Economic efficiency of smallholder farmers in wheat production: the case of abuna gindeberet district, western ethiopia. *Review of Agricultural and Applied Economics*. 22 (1), 65-75.
- Associação Brasileira da Indústria de Café (ABIC), 2018. Indicadores da indústria de café. <https://www.abic.com.br/estatisticas/indicadores-da-industria/indicadores-da-industria-de-cafe-2018-2/>.
- Bai, S.H., Reverchon, F., Xu, C.Y., Xu, Z., Blumfield, T.J., Zhao, H., Van, Z.L., Wallace, H.M., 2015. Wood biochar increases nitrogen retention in field settings mainly through abiotic processes. *Soil Biology Biochemistry*. 90, 232-240.

Berilli, S.S., Quiuqui, J.P.C., Rembinski, J., Salla, P.H.H., Berilli, A.P.C.G., Louzada, J.M., 2014. Utilização de lodo de curtume como substrato alternativo para produção de mudas de café Conilon. *Coffe Science*. 9 (4), 472-479.

Berilli, S.S., Sales, R.A., Berilli, A.P.C.G., Martineli, L., Hell, L.R., 2019. Propagação de mudas clonais de café Conilon com resíduos alternativos, in: Partelli, F.L., Espindula, M.C. (Eds.). *Café Conilon: conhecimento para superar desafios*. Alegre, ES:CAUFES, pp 151-164.

Bernardi, A.C., Faria, R.T., Carvalho, J.F.R.P., Unemoto, L.K., Assis, A.M., 2004. Desenvolvimento vegetativo de plantas de *Dendrobium nobile* Lindl. fertirrigadas com diferentes concentrações da solução nutritiva de sarruge. *Semina*. 25, 13-20.

Biederman, L.A., Harpole, S., 2013. Biochar and its effects on plant productivity and nutrient cycling: a meta-analysis. *Global Change Biology Bioenergy*. 5, 202-214.

Boateng, S.A., Zickermann, J., Kornahrens, M., 2006. Poultry manure effect on growth and yield of maize. *West African Journal of Applied Ecology*. 9 (1), 1-11.

Braccini, M.C.L., Martinez, H.E.P., Braccini, A.L., Mendonça, S.M., 2000. Avaliação do pH da rizosfera de genótipos de café em resposta à toxidez de alumínio no solo. *Bragantia*. 59 (1), 83-88.

Bragança, S.M., 2005. Crescimento e acúmulo de nutrientes pelo cafeeiro Conilon (*Coffea canephora* Pierre). Dissertação (Doutorado em Fitotecnia), Universidade Federal de Viçosa, pp 103.

Bragança, S.M., Carvalho, C.H.S., Dessaune Filho, N., Venegas, V.H.A., Lani, J.A., Fonseca, A.F.A., Silveira, J.S.M., 1995. Nutrição e adubação do café *Coffea canephora* cv. Conilon, cultivado em Latossolo Amarelo coeso. I. Nitrogênio-fósforo-potássio, in: Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, Caxambú-MG. Resumos... Rio de Janeiro: IBC/GERCA, pp. 111-113.

Bragança, S.M., Lani, J.A., Muner, L.H., 2001. *Café Conilon: adubação e calagem*. Vitória: INCAPER, pp 31.

Bragança, S.M., Martinez, H.H.P., Leite, H.G., Santos, L.P., Sedyama, C.S., Venegas, V.H.A., Lani, J.A., 2008. Accumulation of macronutrients for the Conilon Coffee Tree. *Journal of Plant Nutrition*. 31, 103-120.

Bragança, S.M., Martinez, H.H.P., Leite, H.G., Santos, L.P., Sedyama, C.S., Venegas, V.H.A., Lani, J.A., 2007. Acúmulo de B, Cu, Fe, Mn e Zn pelo cafeeiro Conilon. *Revista Ceres*. 54, 398-404.

Bragança, S.M., Prezotti, L.C., Lani, J.A., 2017. Nutrição do Cafeeiro Conilon, in: Ferrao, R.G., Fonseca, F.A., Ferrao, M.A.G., Muner, L.H. (Eds.), *Café Conilon*. 2 ed. Vitoria, ES: Incaper, pp. 327-345.

Busscher, W.J., Novak, J. M., Evans, D.E., Watts, D.W., Niandou, M.A.S., Ahmedna, M., 2010. Influence of pecan biochar on physical properties of a norfolk loamy sand. *Soil Science*. 175, 10-14.

Butnan, S., Deenik, J.L., Toomsan, B., Antal, M.J., Vityakon, P., 2015. Biochar characteristics and application rates affecting corn growth and properties of soils contrasting in texture and mineralogy. *Geoderma*. 237/238, 105-116.

Campiollo, F.A., Silva, F.F., 2006. Orgânicos: Garantia de saúde e possibilidade de sucesso econômico para o Brasil. *Revista Cesumar - Ciências Humanas e Sociais Aplicadas*. 11 (2), 145-165.

Cândido, T.A.T., Sepini, P.P., Abrão, P.F.C., Oliveira, R., Campos, K.A., Paiva, L.C., 2019. Effect of induced biological fermentations on coffee sensory quality. *Coffee Science*. 14 (4), 473-476.

Carnier, R.C., Berton, R.S., Coscione, A.R., Pires, A.M.M., Corbo, J.Z., 2019. Coffee silverskin and expired coffee powder used as organic fertilizers. *Coffee Science*, 14 (1), 24-32.

Casaroli, D., Lier, Q.J.V., 2008. Critérios para determinação da capacidade de vaso. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*. 32, 59-66.

Colodetti, T.V., Rodrigues, W.N., Martins, L.D., Brinate, S.V.B., Tomaz, M.A., Amaral, J.F.T., Verdin Filho, A.C., 2015. Nitrogen availability modulating the growth of improved genotypes of *Coffea canephora*. *African Journal of Agricultural Research*. 10, 3150-3156.

Colodetti, T.V., Rodrigues, W.N., Martins, L.D., Tomaz, M.A., 2014. Differential tolerance between genotypes of Conilon coffee (*Coffea canephora*) to low availability of nitrogen in the soil. *Australian Journal of Crop Science*. 8, 1648-1657.

Correa, M.C.M., Almeida, B.E.I., Marques, V.B., Silva, J.C.V., Aquino, B.F., 2014. Crescimento inicial de pitaia em função de combinações de fósforo-zinco. *Revista Brasileira de Fruticultura*. 36 (1), 261-270.

Costa, A.M., Borges, E.N., Silva, A.A., Nolla, A., Guimarães, E.C., 2009. Potencial de recuperação física de um Latossolo Vermelho, sob pastagem degradada, influenciado pela aplicação de cama de frango. *Revista Ciência e Agrotecnologia*. 33, 1991-1998.

Companhia Nacional de Abastecimento (Conab), 2020. Acompanhamento da safra brasileira de café. <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cafes/boletim-da-safra-de-caffe>.

Companhia Nacional de Abastecimento (Conab), 2018. Acompanhamento da safra brasileira de café. <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cafes/boletim-da-safra-de-caffe>.

Covre, A.M., Partelli, F.L., Mauri, A.L., Dias, M.A., 2013. Crescimento e desenvolvimento inicial de genótipos de café Conilon. *Revista Agroambiente*. 7(2), 193-202.

Damatta, F.M., Ronchi, C.P., Maestri, M., Barros, R.S., 2007. Ecophysiology of coffee growth and production. *Brazilian Journal of Plant Physiology*. 19 (4), 485-510.

Demattê, J.A.M., Epiphânio, J.C.N., Formaggio, A.R., 2003. Influência da matéria orgânica e de formas de ferro na reflectância de solos tropicais. *Bragantia*. 62 (3), 451-464.

Dias, J.R.M., Schmidt, R., Dubberstein, D., Wadt, P.G.S., Espindula, M.C., Partelli, F.L., Perez, D.V., 2014. Manejo nutricional de cafeeiros clonais na Amazônia Ocidental, in: Wadt, P.G.S., Marcolan, A.L., Matoso, S.C.G., Pereira, M.G. (Eds.), Manejo dos solos e a sustentabilidade da produção agrícola na Amazônia Ocidental. Porto Velho: SBCS, pp 137-160.

Ding, Y., Liu, Y., Liu, S., Li, Z., Tan, X., Huang, X., Zeng, G., Zheng, B., 2016. Biochar to improve soil fertility. *Agronomy for Sustainable Development*, 36 (2), 1-18.

Dong, X., Li, G., Lin, Q., Zhao, X., 2017. Quantity and quality changes of biochar aged for 5 years in soil under field conditions. *Catena*. 159, 136-143.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa). 1999. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. Embrapa Informação Tecnológica, Brasília.

Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), 2002. Café orgânico. http://www.sapc.embrapa.br/arquivos/consorcio/informe_agropecuario/ia_cafe_orgânico.pdf.

Espindula, M.C., Mauri, A.L., Ramalho, A.R., Dias, J.R.M., Ferreira, M.G.R., Santos, R.A., Marcolan, A.L., 2015. Produção de mudas, in: Marcolan, A.L., Espindula, M.C. (Eds.), Café na Amazônia. Embrapa Rondônia, pp 129-154.

Faquin, V., Fernandes, L.A., Costa, E.T.S., Melo, E.E.C., 2007. Fertilizantes e o meio ambiente. Lavras, UFLA/FAEPE, pp 86.

Favare, L.G., Guerrini, I.A., Backes, C., 2012. Níveis crescentes de saturação por bases e desenvolvimento inicial de teca em um Latossolo de textura média. *Ciência Florestal*. 22 (4), 693-702.

Fernandes, J.D., Chaves, I.H.G., Mendes, J.S., Chaves, I.B. Tito, G.A., 2019. Alterations in soil salinity with the use of different biochar doses. *Revista de ciências Agrárias*. 42, 89-98.

Fink, J.R., Inda, A.V., Bavaresco, J., Barrón, V., Torrent, J., Bayer, C., 2016. Adsorptions and desorption of phosphorus in subtropical soils as affected by management system and mineralogy. *Soil and Tillage Research* 155, 62-68.

Fraga, C.S., Salcedo, I.H., 2004. Declines of organic nutrient pools in tropical semi-arid soils under subsistence farming. *Soil Science Society of America Journal*. 68, 215-224.

Freitas, L., Casagrande, J.C., Oliveira, L.A., Campos, M.C.C., 2015. Atributos químicos de Latossolo vermelho submetido a diferentes manejos. *Revista Floresta*. 45 (2), 229-240.

Globo Rural, 2019. Amazonas que formentar produção de café Conilon. <https://revistagloborural.globo.com/Noticias/Agricultura/Cafe/noticia/2019/02/amazonas-que-fomentar-producao-de-cafe-conilon.html>.

Guarçoni, A., 2017. Saturação por bases para o cafeeiro baseada no pH do solo e no suprimento de Ca e Mg. *Coffee Science*. 12 (3), 327-336.

Guimarães, R.S., Padinha, F.J., Cedano, J.C.C., Damaceno, J.B.D., Gama, R.T., Oliveira, D.M., Teixeira, W.G., Falcão, N.P.S., 2017. Efeito residual de biocarvão e pó de serra nos teores de carbono e nitrogênio total em Latossolo Amarelo na Amazônia. *Revista Virtual de Química*. 9 (5), 1944-1956.

International Coffee Organization (ICO), 2019. Café. http://www.sapc.embrapa.br/arquivos/consorcio/informe_estatistico/Sumario_Cafe_Agosto_2019.pdf.

Ivoglo, M.G., Fazuoli, L.C., Oliveira, A.C.B., Gallo, P.B., Mistro, J.C., Silvarolla, M.B., Braghini, M.T., 2008. Divergência genética entre progênies de café robusta. *Bragantia*. 67 (4), 823-831.

Kloss, S., Zehetner, F., Wimmer, B., Buecker, J., Rempt, F., Soja, G., 2014. Biochar application to temperate soils: effects on soil fertility and crop growth under greenhouse conditions. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*. 177, 3-15.

Koppen, W., 1948. *Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra*. México: Fondo de cultura Economica, pp 478.

Lai, W.Y., Lai, C.M., Ke, G.R., Chung, R.S., Chen, C.T., Cheng, C.H., Pai, C.W., Chen, S.Y., Chen, C.C., 2013. The effects of woodchip biochar application on crop yield, carbon sequestration and greenhouse gas emissions from soils planted with rice or leaf beet. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*. 44, 1039-1044.

Lana, R.M.Q., Rezende, R.V., Vitorino, L.B. Borges, E.N., 2007. Avaliação de ferro no perfil do solo, em cana-de-açúcar adubada com resíduos orgânicos. IX Encontro interno e XIII seminário de iniciação científica. pp 1-9.

Laviola, B.G., Martinez, H.E.P., Salomão, L.C.C., Cruz, C.D., Mendonça, S.M., Rosado, L.D.S., 2007. Acúmulo de nutrientes em frutos de cafeeiro em duas altitudes de cultivo: Micronutrientes. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. 31 (1), 1439-1449.

Lehmann, J., Joseph, S., 2015. Biochar for Environmental Management: An Introduction, in: Lehmann, J., Joseph, S. (Eds.), *Biochar for Environmental Management*. Science and Technology, 2ed. Earthscan, pp 1-9.

Lehmann, J., Rillig, M.C., Thies, J., Masiello, C.A., Hockaday, W.C., Crowley, D., 2011. Biochar effects on soil biota: a review. *Soil Biology and Biochemistry*. 43, 1812-1836.

Libardi, V.C.M., Amaral, J.A.T., Amaral, J.F.T., 1998. Crescimento vegetativo sazonal do cafeeiro (*Coffea canephora* Pierre var. Conilon) no sul do Estado do Espírito Santo. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*. 6 (1), 23-28.

Liu, X., Ye, Y., Liu, Y., Zhang, A., Zhang, X., Li, L., Pan, G., Kibue, G.W., Zheng, J., Zheng, J., 2014. Sustainable biochar effects for low carbon crop production: A 5-crop season field experiment on a low fertility soil from Central China. *Agricultural Systems*. 129, 22-29.

Lima Filho, T., Della, L.S.M., Saraiva, S.H., Carneiro, J.C.S., Roberto, C.D., 2011. Perfil sensorial e aceitabilidade de bebidas de café tipo expresso preparadas a partir de *blends* de café arábica e Conilon. *Enciclopédia Biosfera*. 7, 1-17.

- Lima Filho, T., Lucia, S.M.D., Saraiva, S.H.L., Rondinelli, M., 2015b. Características físico-químicas de bebidas de café tipo expresso preparadas a partir de *blends* de café arábica e Conilon. *Revista Ceres*. 62 (4), 333-339.
- Lima Filho, T., Minim, V.P.R., Silva, R.C.S.N., Della Lucia, S.M., Minim, L.A., 2015a. Methodology for determination of two new sensory thresholds: Compromised acceptance threshold and rejection threshold. *Food Research International*. 76, 561-566.
- Lourenzi, C.R., Ceretta, C.A., Cerini, J.B., Ferreira, P.A.A., Lorensin, F., Girotto, E., Tiecher, T.L., Schapanski, D.E., Brunetto, G., 2014. Available content, surface runoff and leaching of phosphorus forms in a typic hapludalf treated with organic and mineral nutrient sources. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. 38 (2), 544-556.
- Lourenzi, C.R., Scherer, E.E., Ceretta, C.A., Tiecher, T.L., Cancian, A., Ferreira, P.A.A., Brunetto, G., 2016. Atributos químicos de Latossolo após sucessivas aplicações de composto orgânico de dejetos líquido de suínos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 51 (3), 233-242.
- Machado, L.S., 2015. Eficiência nutricional de clones de cafeeiro Conilon no estágio inicial de crescimento quanto ao nitrogênio. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal), Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias. pp 78.
- Machado, L.S., Martins, L.D., Rodrigues, W.N., Ferreira, D.S., Côgo, A.D., Tomaz, M.A., Amaral, J.F.T., 2016. Efficiency and response of Conilon coffee genotypes to nitrogen supply. *African Journal of Biotechnology*. 15 (35), 1892-1892.
- Machado, L.V., Rangel, O.J.P., Mendonça, E.S., Machado, R.V., Ferrari, J.L., 2014. Fertilidade e compartimentos da matéria orgânica do solo sob diferentes sistemas de manejo. *Coffee Science*. 9 (3), 285-299.
- Maeda, S., Silva, H.D., Bellote, A.F.J., Santana, D.L.Q., Saldanha, I.A.A., Dedecek, R.A., Lima, E.A., 2007. Cinza de Biomassa Florestal como Insumo para Plantio de *Pinus taeda* em Cambissolo e Latossolo em Vargem Bonita, SC. Embrapa Colombo. Comunicado Técnico, pp 1-6.
- Magalhães, C.A.S., Lima, J.M., Costa, A.L., Silva, E.G., Silva, C.A., Bettiol, W., Nóbrega, J.C.A., Guimarães, P.T.G., 2012. Sorção e lixiviação de tiametoxam em solos tratados com lodo de esgoto e cultivados com cafeeiro. *Química Nova*. 35 (5), 871-875.
- Malavolta, E., 1993. Nutrição mineral e adubação do cafeeiro: colheitas econômicas máximas. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, pp 210.
- Malavolta, E., 2006. Manual de nutrição de plantas. São Paulo: Agronômica Ceres, pp 631.
- Malavolta, E., Vitti, G.C., Oliveira, S.A., 1997. Avaliação do Estado Nutricional das Plantas - Princípios e Aplicações. 2 ed. Piracicaba, SP: Potafós, pp 319.
- Martinez, H.E.P., Clemente, J.M., Lacerda, J.S., Neves, Y.P., Pedrosa, A.W., 2014. Nutrição mineral do cafeeiro e qualidade da bebida. *Revista Ceres*. 61, 838-848.

- Martinez, H.E.P., Menezes, J.F.S., Souza, R.B., Venegas, V.H.A., Guimarães, P.T.G., 2003. Faixas críticas de concentrações de nutrientes e avaliação do estado nutricional de cafeeiros em quatro regiões de Minas Gerais. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 38 (6), 703-713.
- Martinez, H.E.P., Tomaz, M.A., Sakiyama, N.S., 2007. Guia de acompanhamento das aulas de cafeicultura. 3. ed. Viçosa, MG: UFV, pp 152.
- Martins, L.D., 2011. Eficiência nutricional de fósforo de clones de cafeeiro Conilon. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal), Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias, pp 106.
- Martins, C.A.S., Uliana, E.M., Reis, E.F., Silva, J.G.F., Bernardes, C.O., 2011. Balanço hídrico da cultura do Café Conilon nas condições edafoclimáticas do município de Ecoporanga-ES. *Enciclopédia Biosfera*. 7 (12), 1-16.
- Martins, L.D., Tomaz, M.A., Amaral, J.F.T., Braganca, S.M., Martinez, H.E.P., 2013b. Efficiency and response of Conilon coffee clones to phosphorus fertilization. *Revista Ceres*. 60, 406-411.
- Martins, L.D., Tomaz, M.A., Amaral, J.F.T., Braganca, S.M., Reis, E.F., Rodrigues, W.N., 2013a. Nutritional efficiency in clones of Conilon coffee for phosphorus. *Journal of Agricultural Science*. 5, 130-140.
- Martins, S.J., Soares, A.C., Medeiros, F.H.V., Santos, D.B.C., Pozza, E.A., 2015. Contribution of host and environmental factors to the hyperparasitism of coffee rust under field conditions. *Australasian Plant Pathology*. 44, 605-610.
- Matovic, D., 2011. Biochar as a viable carbon sequestration option: Global and Canadian perspective. *Energy*. 36, 2011-2016.
- Maximino, R.C., 2018. Limiares sensoriais para concentração de café Conilon (*Coffea canephora*) no café Arábica (*Coffea arabica*), perfil sensorial pela análise tempo-intensidade e percepção dos consumidores em relação à bebida. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos), Universidade Federal do Espírito Santo, pp 100.
- Miyazawa, M.; Pavan, M.A.; Muraoka, T.; Carmo, C.A.F.S.; Melo, W.J., 1999. Análise química de tecidos vegetais, in: Silva, F.C. (Ed.), *Manual de Análise Química de Solos, Plantas e Fertilizantes*. Embrapa Brasília, pp 172-223.
- Muner, L.H., Ruiz, H.A., Venegas, V.H.A., Neves, J.C.L., Freire, F.J., Freire, M.B.G.S., 2011. Disponibilidade de zinco para milho em resposta à localização de fósforo no solo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. 15 (1), 29-36.
- Naik, S.K., Barman, D., Rampal, R., Medhi, R.P., 2013. Evaluation of electrical conductivity of the fertilizer solution on growth and flowering of a *Cymbidium hybrid*. *South African Journal of Plant Soil*. 30, 33-39.
- Neiva Junior, E., França, A.C., Porto, D.W.B., Machado, C.M.M., Sardinha, L.T., Franco, M.H.R., 2019. Fertilizante organomineral para crescimento de mudas e plantas jovens de café arábica. *Revista Científica Semana Acadêmica*. 1 (174), 1-19.

- Novak, J.M., Busscher, W.J., Laird, D.L., Mohamed, A., Watts, D.W., Niandou, M.A.S., 2009. Impact of biochar amendment on fertility of a southeastern coastal plain soil. *Soil Science*. 174, 105-112.
- Pacheco, A.L.V., Borges, K.S., Freitas, G.B., Vieira, G., 2018. Fertilidade do solo e nutrição da mangueira 'ubá' em consórcio com braquiária e sob adubação mineral, orgânica e organomineral. *Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável*. 8 (1), 65-73.
- Partelli, F.L., Espindola, M.C., Marré, W.B., Vieira, D.V., 2014. Dry matter and macronutrient accumulation in fruits of Conilon coffee with different ripening cycles. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. 38 (1), 214-222.
- Partelli, F.L., Golynski, A., Mauri, A.L., Ramalho, J.C.R., Martins, M.H., Melo, B.J., Castro, Y.O., Oliveira, R.T., 2011. Avaliação do crescimento inicial de genótipos de café Conilon no Estado de Goiás, in: Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, Poços de Caldas. Anais... Brasília, DF: Embrapa Café.
- Partelli, F.L., Marré, W.B., Falqueto, A.R., Vieira, H.D., Cavatti, P.C., 2013. Seasonal vegetative growth in genotypes of *Coffea canephora*, as related to climatic factors. *Journal of Agricultural Science*. 5 (8), 108-116.
- Partelli, F.L., Vieira, H.D., Silva, M.G., Ramalho, J.C., 2010. Seasonal vegetative growth of different age branches of Conilon coffee tree. *Semina: Ciências Agrárias*. 31 (3), 619-626.
- Paye, H.S., Partelli, F.L., Martins, A.G., Siebeneicher, E.A., 2019. Recomendação de adubação e calagem, in: Partelli, F.L., Espindola, M.C. (Eds.), *Café Conilon: conhecimento para superar desafios*. Alegre, ES: CAUFES, pp 75-98.
- Prado, R.M., Rozane, D.E., Camarotti, G.S., Correia, M.A.R., Natale, W., Barbosa, J.C., 2009. Nitrogênio, fósforo e potássio na nutrição e no crescimento de mudas de laranjeira Valência, enxertadas sobre limoeiro Cravo. *Ciência e Agrotécologia*. 33 (6). 1560-1568.
- Prezotti, L.C., Bragança, S.M., 2013. Acúmulo de massa seca, N, P e K em diferentes materiais genéticos de café Conilon. *Coffee Science*. 8 (3), 284-294.
- Prezotti, L.C., Guarconi, M., 2013. Guia de interpretação de análise de solo e foliar. Vitória, ES: Incaper, pp 104.
- Prezotti, L.C., Gomes, J.A., Dadalto, G.G., Oliveira, J.A., 2007. Manual de Recomendação de Calagem e Adubação para o Estado do Espírito Santo - 5ª aproximação. Vitória: SEEA/ INCAPER/CEDAGRO, pp 301.
- Ramalho, A.R., Rocha, R.B., Veneziano, W., Santos, M.M., 2014. Cultivar de cafeeiro Conilon BRS Ouro Preto: características agrônomicas e agroindustriais. Embrapa Rondônia. pp 1-10.
- Rezende, P.M., 2011. Fertilidade do solo correção e manutenção. Universidade Federal de Lavras (UFLA), Lavras MG.

- Ribeiro, D.O., Carballal, M.R., Silva, A.J., Santos, T.E.B., Ferreira, L., Cunha, F.F., 2016. Produtividade de cana-de-açúcar e atributos de solo em função da aplicação de cama de peru. *Revista de Ciências Agrárias*. 59 (3), 259-264.
- Ribeiro, D.O., Castoldi, G., Rodrigues, C.R., Silva, A. J., Pereira, R.M., Kuss, G.M., 2019. Atributos físicos e químicos de um Latossolo submetido a aplicações sucessivas de cama de peru em pastejo rotacionado. *Colloquium Agrariae*. 15 (5), 11-23.
- Ribeiro, M.D.S., Sousa, V.F.O., Leitão, E.T.C., Santos, J.J.F., Farias, J.A., Ferreira, A.P.N., Sousa, J.O., 2017. Desenvolvimento de mudas de maracujazeiro amarelo em função de diferentes lâminas de irrigação e concentração de esterco bovino no substrato, in: XVI Encontro regional de Agroecologia do Nordeste, pp 1-5.
- Rodrigues, V.S.S., Costa, R.S.C., Leônidas, F.C., Mendes, A.M., 2015. Sistemas agroflorestais com cafeeiro, in: Marcolan, A.L., Espindula, M.C. (Eds.), *Café na Amazônia*. Embrapa Rondônia. pp 435-445.
- Rodrigues, W.N., Brinate, S.B.V., Martins, L.D., Colodetti, T.V., Tomaz, M.A., 2017. Genetic variability and expression of agromorphological traits among genotypes of *Coffea arabica* being promoted by supplementary irrigation. *Genetics and Molecular Research*. 16 (2), 1-12.
- Rodrigues, W.N., Colodetti, T.V., Martins, L.D., Brinate, S.V.B., Tomaz, M.A., 2016. Biometric evaluation of monthly growth rate as a criterion to study the genetic diversity in *Coffea canephora*. *African Journal of Agricultural Research*. 11, 2499-2507.
- Rocha, R.B., Teixeira, A.L., Ramalho, A.R., Souza, F.F., 2015. Melhoramento de *Coffea canephora*: considerações e metodologias, in: Marcola, A.L., Espindula, M.C. (Eds.), *Café na Amazônia*. Embrapa Rondônia, pp 101-122.
- Santos, H.G., Jacomine, P.K.T., Anjos, L.H.C., Oliveira, V.A., Lumbrreras, J.F., Coelho, M.R., Almeida, J.A., Araujo Filho, J.C., Oliveira, J.B., Cunha, T.J.F., 2018. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. *Embrapa Soils*. 5, 1-356.
- Schaefer, C.E.G.R., Lima, H.N., Teixeira, W.G., Vale Junior, J.F., Souza, K.W., Corrêia, G.R., Mendonça, B.A.F., Amaral, E.F., Campos, M.C.C., Ruivo, M.L.P., 2017. Solos da região amazônica, in: Curi, N., Ker, J.C., Novais, R.F., Vidal-Torrado, P., Schaefer, C.E.G.R. (Eds.), *Pedologia: solos dos biomas brasileiros*. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. pp 111-175.
- Schalleberger, J.B., Matsuoka, M., Paveglio, S.S., Lazzaretti, G., Bettio, I. Ros, C.O., 2019. Efeito da Utilização de Cama de Aviário como Adubo Orgânico na Qualidade Química e Microbiológica do Solo. *Anuário do Instituto de Geociências*, 42 (1), 580-592.
- Schiavo, J.A., Martins, M.A., 2003. Produção de mudas de acácia colonizadas com micorrizas e rizóbio em diferentes recipientes. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 38 (2), 173-178.
- Schmidt, M.J., Heckenberger, M.J., 2010. Formação de Terra Preta na região do Alto Xingu: Resultados preliminares, in: Teixeira, W.G., Kern, D.C., Madari, B.E., Lima, H.N., Woods, W. (Eds.), *As Terras Pretas de Índio da Amazônia: Sua caracterização e uso deste conhecimento na criação de novas áreas*. 1. Embrapa Amazônia Ocidental, pp 103-126.

- Seidel, E.P., Costa, A.C.S., Lana, M.C., 2009. Fitodisponibilidade de cobre e produção de matéria seca por plantas de milho em resposta à aplicação de dejetos de suínos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. 33, 1871-1878.
- Serafim, M.E., Oliveira, G.C., Lima, J.M., Silva, B.M., Zeviani, W.M., Lima, V.M.P., 2013. Disponibilidade hídrica e distinção de ambientes para cultivo de cafeeiros. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. 17 (4), 362-370.
- Serrano, L.A.L., Silva, V.M., Formentini, E.A., 2011. Uso de compostos orgânicos no plantio de cafeeiro Conilon. *Revista Ceres*. 58 (1), 100-107.
- Silva, T., Menezes, J.F.S., Simon, G.A., Assis, R.L., Santos, C.J.L., Gomes, G.V., 2011. Cultivo do milho e disponibilidade de fósforo sob adubação com cama de frango. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. 15 (9), 903-910.
- Silva, V.M., Teixeira, A.F.R., Souza, J.L., Guimarães, G.P., Benassi, A.C., Mendonça, E.S., 2015. Estoques de carbono e nitrogênio e densidade do solo em sistemas de adubação orgânica de café Conilon. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 39 (5), 1436-1444.
- Silveira Junior, O., Santos, A.C. dos, Rocha, J.M.L., Ferreira, C.L.S., Oliveira, L.B.T., Rodrigues, M.O.D., Rodrigues, M.O.D., 2015. Implantação de pastagens sob sistema monocultivo e integrado com lavoura utilizando biofertilizante de cama de aviário como adubação de cobertura. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*. 16 (3), 499-512.
- Schwertmann, U., Taylor, R.M., 1989. Iron Oxides, in: Dixon, J.B. Weed, S.B. (Eds.), *Minerals in soil environments*. Soil Science Society of America, pp 379-438.
- Sorrenti, G.B., Fachinello, J.C., Castilhos, D.D., Bianchi, V.J., Marangoni, B., 2008. Influência da adubação orgânica no crescimento de tangerineira cv Clemenules e nos atributos químicos e microbiológicos do solo. *Revista Brasileira de fruticultura*, 30 (4), 1129-1135.
- Souza, C.A.S., Corrêa, F.L.O., Mendonça, V., Vichiato, M., Carvalho, J.G., 2006. Doses de fósforo e zinco no acúmulo de macro e micronutrientes em mudas de cacaueteiro. *Agrotropica*. 18, 25-38.
- Souza, F.F., Santos, J.C.F., Costa, J.N.M., Santos, M.M., 2004. Características das principais variedades de café cultivadas em Rondônia. *Embrapa Rondônia*. pp 1-21.
- Starling, L.C.T., Martins, L.D., Rodrigues, W.N., Reinicke, T.M., Amaral, J.F.T., Tomaz, M.A., Espindula, M.C., 2018. Variability and nutritional balance among genotypes of *Coffea canephora* (Rubiaceae) in drought versus adequate water supply. *Genetics and Molecular Research*. 17 (4), 1-13.
- Talbot, J.M., 2004. *Grounds for agrément: the political economy of the coffee commodity chain*, Lanham: Rowman and Littlefield, pp 238.
- Tedesco, M.J., Selbach, P.A., Gianello, C., Camargo, F.A.O., 2008. Resíduos orgânicos no solo e os impactos no ambiente, in: Santos, G.A., Silva, L.S., Canellas, L.P., Camargo, F.A.O. (Eds.), *Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais*. 2. Ed. Porto Alegre: Metropole, pp 113-136.

- Teixeira, O.R., Passos, F.R., Mendes, F.G., 2016. Qualidade físico-química e microscópica de 14 marcas comerciais de café torrada e moído. *Coffee Science*. 11 (3), 395-402.
- Timilsena, Y.P., Adhikari, R., Phil, C., Muster, T., Gill, H., Adhikari, B., 2014. Enhanced efficiency fertilizers: a review of formulation and nutrient release patterns. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 95, 1131-1142.
- Trazzi, P.A., Higa, A.R., Dieckow, J., Mangrich, A.S., Higa, R.C.V., 2018. Biocarvão: realidade e potencial de uso no meio florestal. *Ciência Florestal*. 28 (2), 875-887.
- Valadão, F.C.A., Maas, K.D.B., Weber, O.S., Júnior, D.D.V., Silva, T.J., 2011. Variação nos atributos do solo em sistemas de manejo com adição de cama de frango. *Revista Brasileira de Ciência do solo*. 35 (6), 2073-2082.
- Valadares, S.V., Neves, J.C.L., Rosa, G.N.G.P., Martinez, H.E.P., Venegas, V.H.A., Lima, P.C., 2013. Produtividade e bionalidade da produção de cafezais adensados, sob diferentes doses de N e K. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 48 (3), 296-303.
- Vale Júnior, J.F., Souza, M.I.L., Nascimento, P.P.R.R., Cruz, D.L.S., 2011. Solos da Amazônia: etnopedologia e desenvolvimento sustentável. *Revista Agro@mbiente*, 5 (2), 158-165.
- Venables, W.N., Smith, D.M., 2005. The R development core team. *An Introduction to R. Notes on R: Programming Environment for Data Analysis and Graphics*. Version 2.2.0. Áustria.
- Viqui, L.M., Nunes, L.C.N., Posse, S.C.P., Cattaneo, L.F., Arantes, S.D., Machado Filho, J.A., Rastoldo, L.S., 2016. Eficiência da matéria orgânica líquida na formação de mudas de cafeeiro Conilon. *Revista Ifes Ciência*. 2 (2), 47-57.
- Wang, T., Sun, H., Ren, X., Li, B., Mao, H., 2017. Evaluation of biochars from different stock materials as carriers of bacterial strain for remediation of heavy metal-contaminated soil. *Scientific Reports*. 7 (12114), 1-10.
- Wastowski, A.D., Rosa, G.M., Cherubin, M.R., Rigon, J.P.G., 2010. Caracterização dos níveis de elementos químicos em solo, submetido a diferentes sistemas de uso e manejo, utilizando espectrometria de fluorescência de raios-x por energia dispersiva (EDXRF). *Química Nova*. 33 (7), 1449-1452.
- Wei, Z., Matsui, H., Alonso, A.D.C., Zhou, S., Wang, H., Di, J., Sun, Y., Fu, J., 2015. Biocompatible PEG-Chitosan@Carbon Dots Hybrid Nanogels for Two-Photon Fluorescence Imaging, Near-Infrared Light/pH Dual-Responsive Drug Carrier, and Synergistic Therapy. *Advanced Functional Materials*. 25, 5537-5547.
- Woiciechowski, T., Lombardi, K.C., Garcia, F.A.O., Gomes, G.S., 2018. Nutrientes e umidade do solo após a incorporação de biocarvão em um plantio de *Eucalyptus benthamii*. *Ciência Florestal*. 28 (4), 1455-1464.
- Wolf, D., Amonette, J.E., Street-Perrot, F.A., Lehmann, J., Joseph, S., 2010. Sustainable biochar to mitigate global climate change. *Nature Communications*. 1, 1-9.

Yano, G.T., Takahashi, H.T., Watanabe, T.S., 2005. Avaliação de fontes de nitrogênio e épocas de aplicação em cobertura para o cultivo do trigo. *Semina: Ciências Agrárias*. 26 (2), 141-148.