

PRODUÇÃO SUSTENTÁVEL DE MUDAS DE CAFEEIRO: SUBSTITUIÇÃO DO SUBSTRATO COMERCIAL POR ESTERCO BOVINO

SUSTAINABLE PRODUCTION OF COFFEE SEEDLINGS: SUBSTITUTION OF THE COMMERCIAL SUBSTRATE FOR BOVINE MANURE

Franciane Diniz Cogo, Tais Lemos de Assis, Sérgio Luiz Santana de Almeida,
Katia Alves Campos

RESUMO

A produção de mudas de café sustentáveis é uma técnica desejada pela cafeicultura, e muitas pesquisas e comentários atribuem a sua prática a uma série de benefícios ambientais, sociais e econômicos. Nesse sentido, a substituição do substrato comercial por esterco bovino curtido como constituinte principal do substrato para formação de mudas em tubetes, seria um meio útil para amortizar o custo, e simultaneamente utilizar matéria-prima oriunda da propriedade. Para validar esta hipótese avaliou-se o efeito de diferentes doses de esterco bovino curtido adicionado aos substratos vermiculita e substrato comercial para a formação de mudas de café em tubetes. O delineamento foi blocos casualizados, com três repetições, com os tratamentos dispostos no esquema fatorial 2 x 5, sendo os substratos (comercial e vermiculita) e porcentagens de substituição desses substratos por material orgânico esterco bovino curtido (0, 20, 40, 60 e 80%). Após 180 dias do plantio foram mensurados os parâmetros de crescimento. O limite para a substituição do substrato tanto o comercial quanto a vermiculita a ser utilizado para a formação de mudas de cafeeiro em tubetes no conjunto em todas as características é 80% do substrato comercial por esterco bovino curtido.

Palavras-chave: *Coffea arabica* L., substrato alternativo, sustentabilidade, tubete.

ABSTRACT

The production of sustainable coffee seedlings is a technique desired by coffee cultivation, and much research and commentary assigns its practice to a number of environmental, social and economic benefits. In this sense, the substitution of the commercial substrate by

tanned bovine manure as the main constituent of the substrate for the formation of seedlings in tubes would be a useful means to amortize the cost and simultaneously to use raw material from the property. To validate this hypothesis the effect of different doses of tanned bovine manure added to vermiculite substrates and commercial substrate for the formation of coffee seedlings in tubes was evaluated. The design was randomized blocks, with three replications, with the treatments arranged in the 2 x 5 factorial scheme, with the substrates (commercial and vermiculite) and percentages of substitution of these substrates by organic bovine manure material tanned (0, 20, 40, 60 And 80%). After 180 days of planting, growth parameters were measured. We found that the limit for substitution of the substrate both commercial and vermiculite to be used for the formation of coffee seedlings in tubers in the set in all the characteristics is 80% of the commercial substrate by bovine manure tanned.

Key words: *Coffea arabica* L., alternative substrate, sustainability, tube.

INTRODUÇÃO

A cafeicultura é uma atividade agrícola de importância econômica mundial, ocupa uma área em torno de 10,2 milhões de hectares em 80 países tropicais e subtropicais, especialmente na África, Ásia e América Latina. No ano agrícola 2015/2016 foram exportados 73,76 milhões de sacas de arábica beneficiada, gerando de forma direta e indireta mais de 100 milhões de empregos (CAMPOS-VEJA *et al.*, 2015; ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DO CAFÉ - OIC, 2017). Diante da área ocupada pela cafeicultura, e tendo em vista alcançar a sustentabilidade a longo e/ou curto prazo nos diferentes setores da cadeia produtiva do café, no âmbito das necessidades ambientais, sociais e econômicas, Chianu *et al.*, 2010 e, contribuir com as gerações futuras e ao mesmo tempo com a segurança alimentar Temple *et al.*, 2011; Altieri *et al.*, 2012, torna-se necessário buscar práticas sustentáveis desde a produção das mudas (VIA CAMPESINA, 2010). Rapidel *et al.* (2015) chamam a atenção para uma prática com carácter sustentável na produção de mudas, com o uso de tubete, que vem crescendo por oferecer benefícios como o desembaraço das atividades operacionais, diluição custo a longo prazo e qualidade sanitária.

No sistema de produção de mudas em tubetes os canteiros são suspensos sobre cavaletes de alvenarias, de madeira ou de ferragem, com altura de 0,8-1,0m da superfície do solo com os tubetes localizados em estantes a 0,90m de altura do

solo, posição que permite melhores condições ergométricas de trabalho para os viveristas, com a facilitação dos tratos culturais e a redução do controle fitossanitário, reduz-se assim a fadiga e o “estresse” e simultaneamente se promove o aumento do bem-estar e a produtividade. Há redução, se comparado ao recipiente sacola plástica, da área ocupada pelas plantas, do volume de substrato, da quantidade de água, do período de produção, da permanência das mudas no viveiro, da densidade de plantas invasoras, da necessidade de expurgo do substrato, ainda há a eliminação de problemas com “pião torto” ou envelhecimento do sistema radicular, o isolamento das plantas quanto à proteção a doenças, cujos agentes e parasitas se desenvolvem no solo e podem levar à sua morte como os nematóides, o melhor acondicionamento e maior quantidade de mudas por caixas para transporte que gera praticidade na carga e descarga (VALLONE *et al.*, 2010; COGO *et al.*, 2012). Na implantação da lavoura a formação de mudas com o recipiente tubete permite a uniformidade no alinhamento, na profundidade e no estande de plantio no campo, essenciais para o rendimento no plantio, porque, segundo Vallone *et al.* (2010), um homem consegue plantar maior número de mudas de tubetes do que no sistema convencional/sacolas, e ainda, o tubete é reutilizável, retornando para o viveiro após o plantio.

Embora haja benefícios ambientais e sociais a utilização de tubete apresenta custo elevado, exigindo alto investimento inicial para implantação do viveiro e da aquisição de substrato para a produção das mudas de cafeeiro. Diante desta situação são necessárias novas estratégias para amortizar o custo da produção (VALLONE *et al.* 2010). O custo com a implantação do viveiro é recuperado com o decorrer dos anos e a amortização do custo com o substrato, é um ponto, ainda sem solução. Uma alternativa seria a modificação do substrato, por meio da adição de resíduos orgânicos, tendo em vista, o desenvolvimento de sistemas de produção ambientalmente sustentáveis. Benckiser, (2010) e Kahane *et al.* (2013), indicam que um caminho possível seria a produção de um substrato com mínimo de componentes externos à propriedade, e com o respectivo aumento do uso dos produtos produzidos na propriedade agrícola ou região. O uso de resíduos orgânicos faz referências as técnicas e conceitos da engenharia agroecológica (Altieri *et al.*, 2012; Lescourret *et al.*, 2015) que podem ser aplicados a um sistema convencional.

Até a presente data, são poucos os relatos sobre a utilização de resíduos orgânicos para compor o substrato produção de mudas de cafeeiro em tubetes. Os estudos localizados foram focados na utilização de resíduos orgânicos, como húmus de minhoca, cama de aviário e palha de café carbonizada na avaliação da proporção a ser utilizada como substituinte do substrato comercial e concluíram que tais resíduos orgânicos podem ser uma alternativa para a produção de mudas em tubetes, de maneira a diminuir o custo de produção de mudas neste sistema, que é considerado como o maior empecilho para a ampla utilização de tubetes na cafeicultura (Santana *et al.*, 2011).

Um interesse adicional na utilização de resíduos orgânicos, como esterco bovino curtido, na composição do substrato refere-se ao seu potencial como matéria orgânica, que resulta na tendência generalizada de contribuir com as características físicas, químicas e biológicas do substrato que servirá como suporte e fonte de nutrientes para a planta de cafeeiro, de modo a criar um ambiente adequado para o desenvolvimento das raízes e da planta como um todo. A utilização de resíduos orgânico na composição do substrato representa um amplo alcance, tornando o substrato parte de um sistema agrícola com eficiente viés agroecológico, sendo instrumento não só de uma mudança na política agrícola, necessária para influenciar comportamentos e práticas convencionais, mas também uma potente liderança capaz de incentivar novas ações sustentáveis (Kahane *et al.*, 2013). Esta linha de sustentabilidade refere-se principalmente aos múltiplos desafios diante da segurança alimentar, incentivando cada vez mais a produção convencional a inserir diversidade dentro dos sistemas agrícolas, a qual é cada vez mais reconhecida como um importante pilar de desenvolvimento agrosustentável (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION - FAO 2011, ALTIERI *et al.*, 2015).

Dada a importância da produção mudas de cafeeiro, do alto custo para formação de mudas em tubetes e da importância sócio-ambiental e econômica do uso resíduos orgânicos como esterco bovino curtido na composição do substrato, o objetivo do presente estudo foi avaliar o efeito da substituição do substrato comercial ou da vermiculita por esterco bovino curtido na produção de mudas de café (*Coffea arabica* L.) em tubetes. Por meio do estudo individual (univariada) e conjunto (multivariada – Função Discriminate de Fisher) das variáveis de crescimento

comumente avaliadas para considerar o desenvolvimento saudável das plantas. A recomendação comercial foi utilizada e tomada em consideração, de modo a permitir a avaliação da eficiência da adição de esterco bovino curtido em substituição ao substrato comercial.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido, em viveiro, no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, Sul de Minas Gerais – Campus Machado, localizado nas coordenadas 21° 70' 46", 97S, e 45° 88' 20", 23W com uma altitude média de 820 metros, no município de Machado, MG. O clima da região é classificado como Aw - tropical úmido com inverno frio e seco e verão chuvoso, de acordo com a classificação de Köppen com precipitação pluviométrica média anual de 1.801,4 mm e a temperatura média anual de 22°C.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com três repetições, com os tratamentos dispostos em esquema fatorial 2x5, sendo constituídos pelas combinações dos fatores; tipos de substrato (substrato comercial - Plantimax® e vermiculita) e porcentagens de substituição desses substratos por material orgânico - esterco de curral curtido (0, 20, 40, 60 e 80%), as combinações entre os fatores em estudo totalizam dez tratamentos. Tratamento 1 (20% de substrato comercial + 80% de esterco bovino curtido), tratamento 2 (40% de substrato comercial + 60% de esterco bovino curtido), tratamento 3 (60% de substrato comercial + 40% de esterco bovino curtido), tratamento 4 (80% de substrato comercial + 20% de esterco bovino curtido), tratamento 5 (100% de substrato comercial), tratamento 6 (20% de vermiculita + 80% de esterco bovino curtido), tratamento 7 (40% de vermiculita + 60% de esterco bovino curtido), tratamento 8 (60% de vermiculita + 40% de esterco bovino curtido), tratamento 9 (80% de vermiculita + 20% de esterco bovino curtido) e tratamento 10 (100% de vermiculita). As parcelas experimentais constaram de oito tubetes e os dados obtidos pela média das aferições feitas nesses tubetes (Firmino *et al.*, 2012).

Para a realização do experimento foram utilizadas sementes de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) da cultivar Catuaí Vermelho IAC H2077-2-5-44, pelo método de

semeadura indireta em areia lavada, onde as sementes foram acondicionadas entre duas camadas de sacos de juta, que foi irrigada diariamente durante o período de germinação. Como recipientes usaram-se tubetes de forma cônica, de material rígido (propileno), de cor preta, contendo oito estrias internamente, com dimensões de 14cm de altura, tendo respectivamente 3,5cm e 1,5cm diâmetros internos na abertura superior e na abertura inferior, possibilitando a capacidade volumétrica de 51mL. Após a semeadura as irrigações foram realizadas periodicamente e o sombreamento do viveiro feito com cobertura alta de sombrite (50%) colocada a 2m acima dos tubetes. A fertilização dos substratos foi realizada utilizando-se o fertilizante de liberação gradual fórmula NPK 15-09-12, aplicado em mistura homogênea, na dose de 1g do produto comercial por recipiente.

Após 180 dias do plantio, as mudas foram retiradas das bancadas para as avaliações das características de crescimento vegetativo: diâmetro de caule (mm); altura da planta (cm); número de folhas, número de lesões, comprimento da raiz (cm) e área foliar (cm²). Em seguida, lavaram-se os sistemas radiculares das mudas de cafeeiro imergindo-as em recipiente com água para eliminar totalmente o substrato. Em seguida, as mudas foram seccionadas na região do colo, separando a parte aérea do sistema radicular, que foram lavadas em água corrente, foi aferido o peso em gramas para obtenção da fitomassa fresca da parte aérea e radicular. Em seguida ambas foram colocadas para secar em estufa de circulação forçada de ar a temperatura de 60°C, até atingirem peso constante, quando foi aferido o peso, em gramas, para a obtenção da matéria seca. E depois foram calculadas as matéria totais, fresca e seca, por meio da adição das fitomassas da parte aérea e radicular.

De maneira a seguir para a análise de variância os dados obtidos foram verificados por meio do testes de Shapiro-Wilks para validar a normalidade de erros e, de Bartlett para homogeneidade de variâncias. Em seguida os dados foram submetidos à análise de variância, e quando as interações se mostraram significativas em nível de 5% de significância, foram desdobrados os fatores utilizando-se análise de regressão para o fator % de substituição ou o teste F para as médias do fator substrato.

Para complementar a análise univariada, os dados receberam também tratamento multivariado, por meio da utilização da técnica da função discriminante

linear de Fisher, as características das mudas que foram utilizadas para estimar a nova variável foram: altura da planta (X_1), diâmetro (X_2), comprimento radicular (X_3), massa seca aérea (X_4), massa seca radicular (X_5), área foliar (X_6) e número de folhas (X_7), por meio do cálculo do maior autovetor t que maximiza a razão $\frac{t'Ht}{t'Rt}$, em que H e R são respectivamente as matrizes de soma de quadrados e produtos devidos aos efeitos dos tratamentos e dos resíduos. Foram estimados os coeficientes (b_i) que definem a função discriminante linear de Fisher que é descrita por função discriminante linear de Fisher = $b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + b_4X_4 + b_5X_5 + b_6X_6 + b_7X_7$, em que X_i , com $i = 1, \dots, 7$ é cada característica como descrita antes, e todos os b_i , com $i = 1, \dots, 7$, são os coeficientes determinados pelo método proposto. Substituindo-se os valores observados de cada característica, obtendo-se uma nova variável (função discriminante linear de Fisher), capaz de explicar grande parte das informações contida nas características (Campos, Morais e Paixão, 2016). Todos os cálculos foram realizados no programa estatístico R (R, 2014).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A validação da análise de variância foi obtida por meio da aplicação do teste Shapiro-Wilks, que demonstrou que a hipótese de normalidade dos erros foi verificada, pois nenhum p-valor ficou inferior ao valor de corte do teste ($p < 0,01$) sendo que o menor valor de p estimado foi igual a 0,17 para a característica de qualidade das mudas, (Tabela 1).

Para a verificação da homogeneidade de variâncias foi utilizado o teste de Bartlett foi estimado para os fatores separadamente (Tabela 1). No fator substrato, a característica número de lesões apresentou o menor valor de p ($p=0,02$), resultado que pode ser explicado por se tratar de uma característica que apresenta muita variabilidade, pois algumas parcelas não apresentaram lesões, enquanto que outras apresentam elevado número de lesões. Nos fator níveis de substituição por adubo orgânico, a característica com menor valor de p foi a fitomassa fresca da parte aérea ($p=0,05$), em ambos os casos o teste de Bartlett confirmou a hipótese de homocedasticidade (valor estabelecido para o corte $p < 0,01$).

Como os pressupostos necessários para a análise de variância foram satisfeitos passou-se a estimativa do teste F, utilizando os dados sem transformação. A análise de variância individual ou univariada para cada um dos parâmetros de crescimento das mudas de cafeeiro demonstrou que a interação substrato versus dose de esterco bovino curtido foi significativa ($p < 0,05$ para o teste F). Assim passou-se para o desdobramento dos fatores, em que foi verificado não haver diferenças significativas dentro de cada tipo de substrato. Portanto, passou-se a análise de regressão, cujas equações ajustadas e seus respectivos pontos de máximo crescimento são apresentados na Tabela 2.

Nessa Tabela 2 ainda pode-se perceber que a substituição do substrato, tanto a vermiculita quanto o substrato comercial artificial, por esterco bovino curtido, no desenvolvimento das características de crescimento avaliadas; apresentou ajustes a função quadrática que podem ser considerados, pois, o menor coeficiente de determinação foi de 66,6% para o número de folhas verdadeiras.

Assim, pôde-se passar para o estudo dos pontos máximos aproveitamento, e esses variaram entre a capacidade de substituição do substrato comercial por adubo curtido bovino entre 16,0% (para a característica fitomassa fresca da parte aérea) e 33,0% (para o número de leões). Não existe consenso entre qual ou quais características devam ser utilizada das mudas, uma prática comum ao se utilizar análise de variância univariadas é recomendar o ponto de máximo ou mesmo a média das estimativas obtidas, que neste ensaio foi de 23,0%. Como não houve significância para o teste F para o fator substrato, pode-se afirmar que tanto nas mudas formadas com vermiculita quanto nas formadas com substrato comercial, pode se utilizar o esterco bovino curtido como componente do substrato.

O objetivo do experimento foi analisar individualmente e em conjunto a resposta quanto ao desempenho da planta de café em tubete, cultivados em diferentes proporções de esterco bovino curtido com os substratos comercial ou vermiculita, de acordo com um esquema de substituição, uma vez que, uma única fertilização do substrato deve satisfazer a necessidade da planta visando contemplar o máximo desenvolvimento de todos os parâmetros de crescimento, pois não é possível aplicar uma dose de fertilizante para área foliar e outra para desenvolvimento radicular, como indicado pela análise individual (Tabela 2).

Uma das críticas para a análise univariada pode ser percebida ainda na Tabela 2, em que cada parâmetro de crescimento teve um ponto diferente de ajuste, para contornar essa discrepância foi realizado o teste multivariado, por meio da estimativa da função discriminante linear de Fisher = $-0,1822774X_1 + 0,7249211X_2 + 0,112849X_3 - 0,3547318X_4 - 0,442553X_5 + 0,01560887X_6 + 0,3264935X_7$, em que X_1, \dots, X_7 representam os valores das características avaliadas, respectivamente, altura da planta (X_1), diâmetro de caule (X_2), comprimento radicular (X_3), fitomassa seca da parte aérea (X_4), fitomassa seca da parte radicular (X_5), área foliar (X_6) e número de folhas (X_7). Por meio desta expressão, os valores observados das características (X_1, \dots, X_7) foram transformados em uma nova e única variável. Os dados transformados por esta função também tiveram os pressupostos da normalidade testado por meio do teste de Shapiro-Wilks, cuja estimativa do teste foi 0,942 ($p=0,13$) e a homocedasticidade por meio do teste de Bartlett para o substrato e para a substituição por adubo bovino foram estimados respectivamente por 0,0601 ($p=0,81$) e 3,69 ($p=0,45$); portanto foram validados.

Passando à análise de variância dos dados transformados, também houve significância ($p<0,01$) para a interação entre os substratos assim, passou-se ao desdobramento do percentual de substituição em cada substrato. O substrato vermiculita apresentou efeito significativo quanto a adição de esterco bovino curtido, sendo o ajuste para a variável transformada pela função discriminante linear de Fisher descrita pela função linear $y=0,011954x-0,183687$, com $R^2=79,89\%$, indicando que o limite para a substituição do esterco bovino curtido a ser utilizado para a formação de mudas de cafeeiro em tubetes, no conjunto de todas as características é o maior nível (80%). E, para o substrato comercial não foi detectado resultado significativo para as doses de adição de esterco bovino curtido, indicando que a substituição pode ser feita por qualquer um dos níveis, pois não houve diferenças detectadas no conjunto das características de qualidade de mudas mensuradas mesmo ao substituir até 80% de substrato comercial por esterco bovino curtido, sendo assim, é possível produzir mudas de qualidade com 80% de esterco bovino + 20% de substrato comercial. Portanto, a função discriminante linear de Fisher permitiu analisar em conjunto de todas as características de crescimento, avaliada para considerar se uma planta está apta para o plantio, com confiabilidade,

mostrando assim que o uso de esterco bovino curtido em até 80% com 20% de substrato comercial ou vermiculita é uma estratégia para amortizar o custo da produção (Vallone *et al.*, 2010), uma vez que as mudas apresentaram o mesmo padrão de qualidade do tratamento controle (100% de substrato comercial).

Este resultado demonstra a possibilidade da utilização do resíduo orgânico como esterco bovino curtido como componente do substrato para a formação de mudas de cafeeiro em tubetes, haja vista os benefícios alcançados pela utilização dos tubetes (Dias *et al.*, 2009; Vallone *et al.*, 2010; Marana *et al.*, 2008), o que implica em economia e redução do custo de produção. Nesse sentido, a substituição do substrato comercial por 80% de esterco bovino, torna a utilização dos tubetes na produção de cafeeiro uma prática com caráter sustentável, uma vez que o substrato é o “gargalo” da fase de viveiro para esse sistema de produção. Este resultado torna-se relevante diante de 10,2 milhões de hectares plantados com café em 80 países tropicais e subtropicais (CAMPOS - VEJA, 2015; ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DO CAFÉ – OIC, 2017). Considerando a área ocupada pela cafeicultura e a sustentabilidade buscada pelos produtores de café, a utilização de esterco bovino curtido pode ser considerada uma tecnologia com viés agroecológico (Vía Campesina, 2010), com contribuições a longo e / ou curto prazo, tendo em vista as necessidades ambientais, sociais e econômicas (Chianu *et al.*, 2010), para as gerações futuras e ao mesmo tempo com a segurança alimentar (TEMPLE *et al.*, 2011).

Por fim, este estudo demonstra que a substituição do substrato comercial por esterco bovino curtido é um meio para reduzir o custo de produção, nesse sistema de produção de mudas de café em tubetes. E também demonstra que mudanças no paradigma tecnológico para a pesquisa agrônômica para uma melhor intensificação ecológica dos sistemas de produção convencional é possível. Este resultado sustenta que a nova produção de conhecimento envolve um viés ambiental que aos poucos deve ser aderidos por pesquisadores e produtores de café, antes de definir orientações de pesquisa e no planejamento de lavoura cafeeira, respectivamente. Deve-se lembrar também, que a produção agrícola está sempre associada a segurança alimentar, portanto a implantação de técnicas com caráter sustentável dentro de cada etapa da cadeia produtiva, neste caso a produção de mudas de café

em tubete, são essenciais para a produção sustentável. No ambiente experimental, a técnica mostrou um bom potencial para melhorar a eficiência da utilização de recursos existente na propriedade. No entanto, são necessárias outras experiências em longo prazo para demonstrar a aplicação de tal técnica bem como o transplante destas mudas em campo.

CONCLUSÃO

A análise individual das características de crescimento permitiu verificar que as doses de esterco bovino curtido podem substituir o substrato comercial substrato comercial ou vermiculita entre 16,0 a 3,03%, em média 23,0%. Estes resultados individuais expressaram uma dificuldade em definir a dose ideal de esterco bovino curtido a ser adicionada ao substrato para a produção de mudas. A análise multivariada, por meio da função discriminante linear de Fisher, mostrou que o limite para a substituição do adubo a ser utilizado para a formação de mudas de cafeeiro em tubetes, no conjunto de todas as características é o maior nível (80%).

Ainda é possível substituir o substrato comercial ou a vermiculita por esterco bovino curtido na produção de mudas de café em tubetes, e assim amortizar o custo de produção e simultaneamente inserir técnicas com caráter sustentável na cadeia produtiva do café, utilizando de recursos existentes na propriedade.

AGRADECIMENTOS

A Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG pela bolsa concedida à segunda autora. Ao Instituto Federal de Minas Gerais IFSULDEMINAS, campus Machado, pela ajuda na condução experimental e à Cooperativa dos Alunos do desse instituto (Federal de Minas Gerais campus Machado) - COETAGRI, pelo apoio financeiro

REFERÊNCIAS

Altiere M, Funes-Monzote A & Petersen F (2012) Agroecologically efficient agricultural systems for smallholder farmers: contributions to food sovereignty. *Agronomy for Sustainable Development*, 32:1–13.

Altieri MA, Nicholls CI, Henao A & Lana AM (2015) Agroecology and the design of climate change-resilient farming systems. *Agronomy for Sustainable Development*, 35:869-670.

Benckiser G (2010) Ants and sustainable agriculture. *Agronomy for Sustainable Development* 30:191–19.

Campos-Vegar, Loarca-Piña G, Vergara-Castañeda HA & Oomah BD (2015) Spent coffee grounds: A review on current research and future prospects. *Trends in Food Science & Technology* 45:24-36.

Campos KA, Morais AR & Paixao CA, Alternative for the evaluation of coffee seedlings using Fishers discriminant analysis (2015). *Revista Ciência Agronômica*, 47:299-298.

Chianu J, Nkonya EM, Mairura FS, Chianu JN & Akinnifesi FK (2010) Biological nitrogen fixation and socioeconomic factors for legume productions in sub-Saharan Africa: a review. *Agronomy for Sustainable Development*, 31:139-145.

Cogo FD, Silva EA & Campos KA (2012) Formação de mudas de cafeeiro sob doses crescentes de fósforo. *Enciclopédia Biosfera*, 8:598-605.

Dias R & Melo BD (2009) Proporção de material orgânico no substrato artificial para a produção de mudas de cafeeiro em tubetes. *Ciência e Agrotecnologia*, 33:144-152.

Firmino RA, Cogo FD, Almeida SLS, Campos KA & Morais AR (2012) Tamanho ótimo de parcela para experimentos com mudas de café Catuaí Amarelo 2SL. *Tecnologia & Ciência Agropecuária*. 6:9-13.

FAO (2011) Food agriculture and cities. Save and grow: a new paradigm of agriculture. A policymaker's guide to the sustainable intensification of smallholder crop production. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy. Disponível > <http://www.fao.org/ag/save-and-grow/>. Acessado em 06 Nov. 2017.

ICO (2017) International Coffee Organization, "ICO Annual Review 2017". Disponível em: <http://www.ico.org/>. Acessado em 06 Nov. 2017.

Kahane R, Jaenicke H, Hoogendoorn C, Hermann M, Hughes JA, Padulosi S & Looney N (2013) Agrobiodiversity for food security, health and income. *Agronomy for Sustainable Development*, 33:671.

Lescourret F, Dutoit T & Rey F. (2013) Agroecological engineering. *Agronomy for Sustainable Development*, 35:1191.

Marana JP, Miglioranza E, Fonseca EP & Kainuma RH. Índices de qualidade e crescimento em mudas de café, produzidas em tubetes (2008), *Ciência Rural*, 38:39-45.

R Development Core Team. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2014. ISBN 3-

900051-07-0. Disponível em: <https://www.gbif.org/tool/81287/r-a-language-and-environment-for-statistical-computing>. Acessado em 22 nov. 2017.

Rapidel B, Ripoché A, Allinne C, Metay A, Deheuvels O, Lamanda N, Blazy J, Valdés-Gómez H & Gary C (2015) Analysis of ecosystem services trade-offs to design agroecosystems with perennial crops. *Agronomy for Sustainable Development*, 35:1373-1379.

Santana SLS, Cogo FD, Gonçalves BO, Ribeiro BT, Campos KA & Morais AR (2011) Adição de resíduos orgânicos ao substrato para produção de mudas de café em tubete, *Agrogeoambiental*, 3:9-13.

Temple L. Kwa M & Tetang J (2011) Organizational determinant of technological innovation in food agriculture and impacts on sustainable development. *Agronomy for Sustainable Development*, 31:745-755.

Vallone HS, Guimarães RJ & Mendes NA (2010) Efeitos de recipientes e substratos utilizados na produção de mudas de cafeeiro no desenvolvimento inicial em casa de vegetação, sob estresse hídrico. *Ciência e Agrotecnologia*, 34:320-328.

Via Campesina (2010). Disponível em: <http://viacampesina.org/downloads/pdf/en/paper6-EN-FINAL.pdf>. Acessado 06 Nov. 2017.

Tabela 1. Estimativa e valor de p para o pressuposto da normalidade por meio do teste Shapiro-Wilks e homogeneidade de variâncias por meio do teste Bartlett.

Característica	Shapiro-Wilks	p-value	Bartlett/substrato	p-value	Bartlett/adubo	p-value
Altura da planta	0,96	0,23	0,03	0,86	5,90	0,21
Área foliar	0,99	0,98	0,45	0,50	3,26	0,52
Diâmetro do caule	0,97	0,50	0,10	0,75	3,72	0,45
Matéria fresca da parte aérea	0,96	0,38	1,10	0,30	9,66	0,05
Matéria fresca da raiz	0,95	0,19	2,58	0,11	6,63	0,16
Matéria fresca total	0,98	0,68	0,98	0,71	1,27	0,26
Matéria seca da parte aérea	0,95	0,22	1,45	0,23	8,67	0,07
Matéria seca radicular	0,98	0,79	3,19	0,07	4,61	0,33
Matéria seca total	0,96	0,35	1,92	0,17	6,15	0,19
Número de folhas	0,97	0,54	0,13	0,72	7,58	0,11
Número de lesões	0,96	0,40	5,50	0,02	5,15	0,27
Comprimento da raiz	0,95	0,17	0,28	0,60	5,95	0,20

Tabela 2. Equações quadráticas ajustadas para cada parâmetro de crescimento do cafeeiro, seus respectivos coeficientes de determinação e pontos máximos de substituição do substrato tanto a vermiculita quanto o substrato comercial por esterco bovino curtido.

Característica	Equação de ajuste	Coeficientes de determinação -R ² %	Pontos máximos %
Alura da planta	$y = -0,0019x^2 + 0,10137x + 13,6805$	92,9	26,0
Área foliar	$y = -0,0092x^2 + 0,52071x + 47,6914$	70,9	28,4
Diâmetro do caule	$y = -0,0002x^2 + 0,00590x + 2,5150$	98,2	18,9
Matéria fresca da parte aérea	$y = -0,0028x^2 + 0,08898x + 20,9346$	81,2	16,0
Matéria seca da parte aérea	$y = -0,0008x^2 + 0,03081x + 5,8869$	82,9	19,3
Matéria fresca radicular	$y = -0,0015x^2 + 0,07904x + 9,33914$	99,5	26,3
Matéria fresca total	$y = -0,0043x^2 + 0,16802x + 30,2737$	88,5	19,7
Matéria seca da parte aérea	$y = -0,0008x^2 + 0,03081x + 5,8869$	82,9	19,3
Matéria seca radicular	$y = -0,0002x^2 + 0,00922x + 2,99719$	98,3	18,9
Matéria seca total	$y = -0,0011x^2 + 0,04003x + 8,8841$	87,7	18,9
Número de folha	$y = -0,0010x^2 + 0,05312x + 6,60557$	66,6	25,4
Número de lesão	$y = -0,0006x^2 + 0,04048x + 2,37681$	74,8	33,0
Comprimento da raiz	$y = -0,0009x^2 + 0,05176x + 11,3557$	96,7	29,0
Média do ponto máximo			23,0

AUTORES

Franciane Diniz Cogo, Universidade Estadual de Minas Gerais, – unidade de Passos, Av. Juca Stockler, 1130 - Bairro Belo Horizonte - Passos/MG - CEP 37900-106. franciane.cogo@uemg.br

Tais Lemos de Assis, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais, Campus Machado, Rodovia Machado - Paraguaçu, km 3 - Bairro Santo Antônio - Machado - MG - CEP 37.750-000.

Sérgio Luiz Santana de Almeida, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais, Campus Machado, Rodovia Machado - Paraguaçu, km 3 - Bairro Santo Antônio - Machado - MG - CEP 37.750-000.

Katia Alves Campos, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais, Campus Machado, Rodovia Machado - Paraguaçu, km 3 - Bairro Santo Antônio - Machado - MG - CEP 37.750-000. katia.campos@ifsuldeminas.edu.br.