

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

TONY JOSÉ BALBINO

SUBSTRATOS ALTERNATIVOS PARA A PRODUÇÃO DE MUDAS CLONAIS DE
Coffea canephora **EM TUBETE**

ROLIM DE MOURA

2016

TONY JOSÉ BALBINO

SUBSTRATOS ALTERNATIVOS PARA A PRODUÇÃO DE MUDAS CLONAIS DE
Coffea canephora **EM TUBETE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais, sob a orientação do Pesq. Dr. Marcelo Curitiba Espindula e co-orientação do Pesq. Dr. Alexsandro Lara Teixeira e Prof. Dr. Jairo Rafael Machado Dias.

ROLIM DE MOURA

2016

Ficha catalográfica elaborada por
Nágila Nerval Chaves CRB 6/363

B172s Balbino, Tony José -

Substratos alternativos para a produção de mudas clonais de *Coffea Canephora* em tubete / Tony José Balbino; orientação Marcelo Curitiba Espindula. – 2016.

56f. ; il.

Dissertação (Pós-Graduação)- Fundação Universidade Federal de Rondônia. Campus de Rolim de Moura. Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Rolim de Moura-RO, 2016.

1. Café. 2. Propagação vegetativa. 3. Tubos retornáveis. 4. Substratos orgânicos. 5. Atributos físicos. I.Espindula, Marcelo Curitiba. II. Título.

CDU- 633.73

TONY JOSÉ BALBINO

Substratos alternativos para a produção de mudas clonais de *Coffea canephora* em tubete

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais, sob a orientação do Pesq. Dr. Marcelo Curitiba Espindula e co-orientação do Pesq. Dr. Alessandro Lara Teixeira e Prof. Dr. Jairo Rafael Machado Dias.

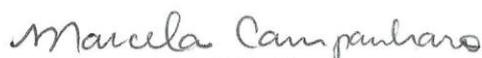
APROVADA: 25 de julho de 2016



Pesq. Dr. Marcelo Curitiba Espindula
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Orientador)



Prof. Dr. Jairo Rafael Machado Dias
Universidade Federal de Rondônia (Membro Externo)



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

À minha esposa Richelly, ao meu filho Antonio, aos meus pais Gilvanio e Aélza, dedico este trabalho.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela proteção, inspiração e pela vida.

À Richelly Gisela Pasqualotto Teixeira, pelo apoio incondicional e pelos esforços dedicados em todas as etapas de realização deste trabalho e pelo companheirismo, amor e incentivo.

Aos meus pais Gilvanio e Aélza Balbino pelos esforços dedicados à minha formação, serei sempre grato à vocês.

Ao Ricardo e Ivonete Teixeira, que contribuíram imensamente para possibilitar a conclusão de mais esta etapa.

Ao Dr. Marcelo Curitiba Espindula pela orientação e confiança.

Ao Dr. Jairo Rafael Machado Dias e ao Dr. Alexandro Lara Teixeira pela contribuição no desenvolvimento deste trabalho

À equipe de profissionais do Campo experimental da EMBRAPA em Ouro Preto do Oeste – RO, pelo imenso esforço dedicado ao sucesso desta pesquisa.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais – PGCA/UNIR, pela oportunidade de aprimoramento profissional.

À CAPES pela concessão da bolsa.

A todos que contribuíram direta e indiretamente para a realização deste trabalho.

RESUMO

A qualidade do substrato é um dos fatores mais importantes para boa formação de mudas clonais de *Coffea canephora*, sendo responsável por dar suporte às estacas, além de disponibilizar ar, água e nutrientes. Ele deve ser livre de pragas e doenças e satisfazer as exigências físicas e químicas para o bom desenvolvimento das mudas. O substrato padrão, utilizado na produção de mudas de café, tem como principal componente o subsolo peneirado. No entanto, o uso de solo promove risco à sanidade e qualidade da muda. Deste modo, o objetivo neste trabalho foi avaliar o desempenho de substratos alternativos na produção de mudas clonais de *C. canephora* em tubetes. O experimento foi conduzido no Campo Experimental da Embrapa no município de Ouro Preto do Oeste, Rondônia. Foram utilizados como substratos biomassa de palha de café, de capim elefante e de cana-de-açúcar, bioestabilizadas por meio de compostagem, além de substrato comercial e vermiculita puros ou em combinações. O delineamento experimental foi em blocos casualizados com 20 tratamentos e três repetições para as análises químicas e físicas e 21 tratamentos e quatro blocos para a avaliação biométrica das mudas. Os tratamentos foram formados pelos substratos T1= Palha de Café compostada (PC), T2= Capim Elefante compostado (CE), T3= Cana-de-açúcar compostada (CN), T4= Substrato Comercial Vida Verde Tropstrato HT[®] (SC), T5= Vermiculita (VM), e pelas combinações destes em iguais proporções: T6= PC+CE, T7= PC+CA, T8= PC+SC, T9= PC+VM, T10= CE+CA, T11= CE+SC, T12= CE+VM, T13= CA+SC, T14= CA+VM, T15= PC+CA+CE, T16= PC+CA+CE+SC, T17= PC+CA+CE+SC+VM, T18= PC+CA+VM, T19= PC+CE+VM, T20= PC+CE+CA+VM e testemunha (T21) o substrato padrão para a produção de mudas de café contendo solo. Todos os tratamentos testados, exceto palha de café, podem ser empregados na produção de mudas de *C. canephora* em tubetes. A palha de café não é recomendada como substrato único para a produção de mudas de café. As combinações capim elefante + substrato comercial; capim elefante + vermiculita; cana-de-açúcar + vermiculita; palha de café + cana-de-açúcar + vermiculita e palha de café + cana-de-açúcar + capim elefante + vermiculita proporcionam desempenho vegetativo superior, em mudas de *C. canephora* propagadas por estaca, comparado ao substrato padrão (solo). Os índices de qualidade devem variar de 4,5 a 5,2 para RCD, de 2,6 a 3,3 para RPAR e entre 0,5 e 0,6 para o IQD.

Palavras-chave: Café. Propagação vegetativa. Tubos retornáveis. Substratos orgânicos. Atributos físicos.

ABSTRACT

The quality of the substrate is one of the most important factors for good formation of clonal seedlings of *Coffea canephora*, responsible for supporting the cuttings in addition to providing air, water and nutrients. He should be free of pests and disease and meet the physical and chemical needs for the proper development of the seedlings. The standard substrate used in the production of coffee seedlings, has as main component the sieved soil. However, the use of soil promotes risk to sanitation and quality seedlings. Thus, the objective of this work was to evaluate the performance of alternative substrates in the production of clonal seedlings of *C. canephora* in plastic tubes. The experiment was conducted at the Embrapa Experimental Field in Ouro Preto do Oeste, Rondônia. They were used as substrates biomass coffee straw, elephant grass and sugarcane, stabilized by the composting process, and commercial substrate and vermiculite, pure or in combinations. The experimental design was a randomized block with 20 treatments and 3 repetitions for the chemical and physical analysis and 21 treatments and 4 blocks for biometric evaluation of the seedlings. The treatments were formed by the substrates T1 = composted Coffee Husk (PC), T2 = elephant grass composted (EC), T3 = cane sugar composted (CN), T4 = Commercial Substrate Vida Verde Tropstrato HT® (SC) T5 = Vermiculite (VM), and the combinations of these in equal proportions: T6 = PC + EC, T7 = PC + CA, T8 = PC + SC, T9 = PC + VM, T10 = CE + CA, T11 = CE + SC, T12 = CE + VM, T13 = CA + SC, T14 = CA + VM, T15 = PC + CA + CE, T16 = PC + CA + CE + SC, T17 = PC + CA + CE + SC + VM, T18 = PC + CA + VM, T19 = PC + EC + VM, T20 = PC + EC + CA + VM and control (T21) the standard substrate for the production of coffee seedlings containing soil. All treatments except coffee straw, can be used in the production of *C. canephora* seedlings in plastic tubes. The coffee straw is not recommended as the sole substrate for coffee seedlings production. The grass combinations elephant + commercial substrate; elephant grass + vermiculite; sugarcane + vermiculite; coffee straw + sugarcane + vermiculite and coffee straw + sugarcane + elephant grass + vermiculite provide superior vegetative performance at *C. canephora* seedlings propagated from cuttings, compared to the normal substrate (soil). The quality indices should vary from 4.5 to 5.2 for RCD, from 2.6 to 3.3 for RPA and between 0.5 and 0.6 for IQD.

Keywords: Coffee. Vegetative propagation. Returnable tubes. Organic substrates. Physical attributes.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Matérias-primas utilizadas no preparo de substratos alternativos para a produção de mudas clonais de <i>Coffea canephora</i> em tubete. (a) palha de café, (b) capim elefante, (c) cana-de-açúcar.....	23
Figura 2 - Processamento das matérias-primas de capim elefante e cana-de-açúcar empregadas no preparo de substratos alternativos para a produção de mudas clonais de <i>Coffea canephora</i> em tubete. Entrada (A), e saída (B) dos materiais no triturador.....	23
Figura 3 - Distribuição de ureia nas camadas do composto (a), montagem das pilhas de compostos (b) e pilhas de palha de café (ao fundo), capim elefante (à esquerda) e cana-de-açúcar (à direita) no início do processo de compostagem (c).	24
Figura 4 – Variação da temperatura ambiente (°C) e da umidade do ar (%) durante o processo de compostagem.	25
Figura 5 - Variação de temperatura as 9:00, 11:00 e 15:00 horas durante o processo de compostagem de biomassa de palha de café (PC) na superfície, a 10 cm e 30 cm de profundidade na pilha.....	26
Figura 6 - Variação de temperatura as 9:00, 11:00 e 15:00 horas durante o processo de compostagem de biomassa de capim elefante (CE) na superfície, a 10 cm e 30 cm de profundidade na pilha.	27
Figura 7 - Variação de temperatura as 9:00, 11:00 e 15:00 horas durante o processo de compostagem de biomassa de Cana-de-açúcar (CA) na superfície, a 10 cm e 30 cm de profundidade na pilha.	27
Figura 8- Tubetes de 280 cm ³ preenchidos com os substratos palha de café (PC), capim elefante (CE), cana-de-açúcar (CA), substrato comercial (SC), vermiculita expandida (VM) e diferentes combinações destes materiais.....	29
Figura 9 - Mudas de <i>Coffea canephora</i> formadas em substratos alternativos, sendo T1 à T21 (da esquerda para a direita). T1= Palha de Café compostada (PC), T2= Capim Elefante compostado (CE), T3= Cana-de-açúcar compostada (CN), T4= Substrato Comercial Vida Verde® (SC), T5= Vermiculita (VM), as combinações destes: T6= PC+CE (1:1), T7= PC+CA (1:1), T8= PC+SC (1:1), T9= PC+VM (1:1), T10= CE+CA (1:1), T11= CE+SC (1:1), T12= CE+VM (1:1), T13= CA+SC (1:1), T14= CA+VM (1:1), T15= PC+CA+CE (1:1:1), T16= PC+CA+CE+SC (1:1:1:1), T17= PC+CA+CE+SC+VM (1:1:1:1:1), T18= PC+CA+VM (1:1:1), T19= PC+CE+VM (1:1:1), T20= PC+CE+CA+VM (1:1:1:1).....	30

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Componentes químicos dos materiais empregados no preparo de substratos para produção de mudas clonais de <i>Coffea canephora</i> em tubete.	28
Tabela 2- Atributos químicos do solo utilizado no preparo de substrato padrão para produção de mudas clonais de <i>Coffea canephora</i>	29
Tabela 3 - Resumo da análise de variância para as características químicas e físicas de substratos formados a partir de resíduos orgânicos para a produção de mudas clonais de <i>Coffea Canephora</i> em tubetes.....	32
Tabela 4 - Condutividade elétrica (CE), Potencial hidrogeniônico (pH) de substratos formados a partir de resíduos orgânicos para a produção de mudas clonais de <i>Coffea Canephora</i> em tubetes.	33
Tabela 5 - Densidade úmida (DU), Densidade seca (DS) e Umidade atual (UA) de substratos alternativos para a produção de mudas clonais de <i>C. Canephora</i> em tubetes.	35
Tabela 6 - Porosidade total (PT), o espaço de aeração (EA), a água disponível (AD), a água facilmente disponível (AFD), a água tamponante (AT) e a água remanescente (AR) de substratos alternativos para produção de mudas clonais de <i>Coffea canephora</i> em tubetes.	36
Tabela 7 - Resumo da análise de variância para os componentes vegetativos de mudas clonais de <i>Coffea canephora</i> produzidas em tubetes com diferentes substratos.....	38
Tabela 8 - Comprimento do Caule (CC), Diâmetro do caule (DC), Volume de Raiz (VR), Número de Nós (NN), Número de Raízes (NR) e Número de Folhas (NF) de mudas de <i>Coffea canephora</i> produzidas em tubetes com diferentes substratos....	39
Tabela 9 - Correlação simples entre as variáveis de biometria e condutividade elétrica.....	40
Tabela 10 - Massa seca do caule (MSC), Massa seca da raiz (MSR), Massa seca das folhas (MSF), Massa seca da parte aérea (MSPA), Massa seca total (MST) e Área foliar (AF) de mudas de <i>Coffea canephora</i> produzidas em tubetes com diferentes substratos.....	41
Tabela 11 - Relação Comprimento/diâmetro do caule (RCD), relação parte aérea/raiz (RPAR) e índice de qualidade de Dickson (IQD) de mudas de <i>Coffea canephora</i> produzidas em tubetes com diferentes substratos.....	42

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	10
2 OBJETIVOS	12
2.1 Objetivo geral	12
2.2 Objetivos específicos	12
3 REVISÃO DE LITERATURA	13
3.1 Produção de mudas clonais de <i>C. canephora</i>	13
3.2 Características físicas e químicas dos substratos.....	15
3.3 Materiais alternativos para a produção de substratos	17
3.4 Palha de café	18
3.5 Capim elefante	19
3.6 Cana-de-açúcar.....	20
4 MATERIAL E MÉTODOS	22
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
6. CONCLUSÕES	46
REFERÊNCIAS.....	47

1 INTRODUÇÃO

A formação e a nutrição das mudas de *Coffea canephora*, influenciam diretamente na sua qualidade. Uma muda bem desenvolvida deve apresentar boa formação da parte aérea, caule resistente e abundância de raízes absorventes (HENRIQUE et al., 2011). Para isso, é indispensável o emprego de um substrato capaz de dar suporte às estacas, satisfazer as exigências físicas e químicas da planta, disponibilizar, água e nutrientes em quantidade suficiente, além de ser livre de pragas e doença, de fácil acesso e economicamente viável (SILVA et al., 2010; KLEIN, 2015).

O substrato padrão, recomendado para produção de mudas de café é composto de 70 a 80% de subsolo e de 20 a 30% de esterco bem curtidos e é indicado para o preenchimento de sacos de polietileno (FONSECA et al., 2007; ESPINDULA et al., 2015a). Porém, a produção comercial de mudas de café requer um elevado volume de substrato, demandando uma grande quantidade de solo para o enchimento dos recipientes, o que provoca a insustentabilidade da atividade, com degradação ambiental em diferentes proporções (SCHAFER et al., 2015). Além disto, o emprego de solo como substrato, pode acarretar risco biológico, pela contaminação por patógenos (ETHURL et al., 2007; ESPINDULA et al., 2015a).

Substratos orgânicos, principalmente quando associados ao uso de tubos retornáveis, conhecidos como tubetes, também são empregados na formação das mudas. Esses substratos apresentam diferentes composições e, de acordo com a sua composição, promovem diferentes resultados para o desenvolvimento das mudas (AMARAL et al., 2007; SILVA et al., 2010).

Diferentes materiais, em sua maioria, resíduos agroindustriais e industriais, têm sido empregados na produção de substratos orgânicos. Porém, estes materiais podem sofrer variação em suas características físicas e químicas de acordo com a origem e a forma de produção da matéria-prima, além de não serem acessíveis a todas as regiões, se restringindo ao local onde o resíduo é abundante (KLEIN, 2015).

Com isto, o uso de biomassa de espécies vegetais, com boa adaptabilidade e produção elevada, aparecem como alternativa. O capim elefante e a cana-de-açúcar são plantas que se adaptam bem à maioria das regiões brasileiras e tem sido muito utilizadas na produção de silagem para a alimentação animal devido ao elevado volume de biomassa produzido por estas gramíneas (SOBRINHO et al., 2007; CÓSER et al., 2008; SILVA et al., 2014a). A palha de café, resíduo oriundo do beneficiamento dos frutos, também tem potencial para produção de biomassa, além de ser abundante nas regiões produtoras e muito utilizada na adubação das lavouras adultas (CALDEIRA et al., 2013; FERNANDES et al., 2013).

Diante da crescente demanda por mudas clonais, da necessidade de reduzir os impactos ambientais pela movimentação de solo e da necessidade de reduzir o custo de produção de mudas de *C. canephora*, o uso de substratos oriundos de materiais de baixo custo e disponível em grandes volumes é imprescindível para sustentabilidade da cafeicultura clonal.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar substratos alternativos na produção de mudas clonais de *C. Canephora* em tubetes.

2.2 Objetivos específicos

Determinar as principais características físicas e químicas para substratos empregados na produção de mudas clonais de *C. canephora* em tubetes;

Avaliar o desempenho vegetativo de mudas clonais de *C. canephora* em substratos alternativos.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Produção de mudas clonais de *C. canephora*

Coffea canephora é uma planta alógama com mecanismos, como a autoincompatibilidade gametofítica e o florescimento sincronizado, que favorecem a fecundação cruzada. Isto, somado à grande variabilidade genética da espécie, resulta em uma elevada heterogeneidade entre as plantas propagadas por semente, o que dificulta o manejo e reduz a produtividade da lavoura (DIAS et al., 2012; ROCHA et al., 2015; RAMALHO et al., 2016).

Segundo Ramalho et al. (2016), a clonagem, seja pelo método de estaquia ou por cultura de tecidos, permite a exploração por completo do valor genotípico da planta matriz. Esta forma de propagação possibilita a reprodução de plantas de interesse agrônomico, mesmo que heterozigóticas, mantendo suas características genéticas e promovendo a homogeneidade, produtividade e resistência da lavoura (PARTELLI et al., 2006; ESPINDULA et al., 2015a).

A clonagem por estaquia é o principal método de multiplicação comercial de *C. canephora* (PARTELLI et al., 2006; CARVALHO et al., 2008; TATAGIBA et al., 2010; COVRE et al., 2013). As estacas são obtidas a partir de ramos ortotrópicos pouco lignificados, com quatro a oito nós contendo pares de folhas saudias e com presença de ramos plagiotrópicos. Para o preparo da estaca retiram-se os ramos produtivos e 2/3 do limbo de cada folha. Posteriormente as estacas são individualizadas, sendo removidas a cerca de 1 cm da inserção dos ramos produtivos e 4 a 5 cm abaixo da inserção das folhas, para obtenção de uma estaca com comprimento de aproximadamente 5 a 7 cm. As estacas são inseridas a 2 ou 3 cm no substrato que deve ser pressionado levemente aumentando o contato com a estaca (PARTELLI et al., 2006; FONSECA et al., 2007; ESPINDULA et al., 2015a).

O sistema mais empregado para a produção de mudas de *C. canephora* utiliza, como recipiente, sacos de polietileno nas dimensões de 11 cm de largura x 20 cm de comprimento e, como substrato, emprega-se solo de horizontes subsuperficiais, retirado da camada abaixo dos primeiros 10 a 30 cm do solo, acrescidos de material orgânico e fertilizantes minerais. Cada metro cúbico de substrato utiliza 0,7 a 0,8 m³ de subsolo peneirado, 0,2 a 0,3 m³ de esterco bovino ou palha de café curtidos, adicionando 1,5 a 2 kg de calcário dolomítico, 5 kg de superfosfato simples e 0,5 kg de cloreto de potássio. As mudas permanecem no viveiro por

120 a 180 dias (FONSECA et al., 2007; MARCOLAN et al., 2009; ESPINDULA et al., 2015a).

Na escolha do solo para produção de substratos, devem ser evitados aqueles com alto teor de argila e, se necessário, adicionar areia média ou palhada (ESPINDULA et al., 2015a). O solo utilizado no substrato não deve ser coletado em áreas em uso ou já utilizadas com lavouras de café, hortas, viveiros comerciais de mudas de café, banana e floricultura tropical evitando a contaminação por patógenos (MARCOLAN et al., 2009). Entre os patógenos habitantes do solo estão, principalmente, diversos gêneros de fungos, tais como *Pythium*, *Rhizoctonia*, *Phytophthora*, *Fusarium*, *Verticillium*, *Colletotrichum*, *Sclerotium* e *Sclerotinia*; bactérias, tais como *Ralstonia*; e nematoides, especialmente, do gênero *Meloidogyne* (AMBRÓSIO et al., 2009; FERRAZ et al., 2011; FIGUEIRA et al., 2011). O controle químico destes parasitas tem seu uso cada vez mais restrito, por ser altamente tóxico, danoso ao meio ambiente e de custo elevado (DONG e ZHANG, 2006).

Além do risco biológico, o uso de solo ainda apresenta um alto custo no transporte, menor rendimento no plantio e necessidade de grande volume de substrato (ANDRADE NETO et al., 1999). De acordo com as recomendações de Fonseca et al. (2007) e Espindula et al. (2015a), para a produção de 1400 mudas é necessário 1 m³ de substrato, que requer entre 700 e 800 litros de subsolo peneirado. Com isso, pode-se inferir que para cada 500.000 mudas utiliza-se 250 m³ de subsolo peneirado. O revolvimento de solo é ainda maior se considerar que os autores ainda recomendam a retirada da camada superficial (primeiros 10 a 30 cm) para prevenção de contaminação das mudas por pragas e doenças. Segundo Schafer et al. (2015), a utilização de grandes quantidades de solo em viveiros leva à insustentabilidade, uma vez que a sua extração provoca degradação ambiental em diferentes proporções.

Uma opção para reduzir o consumo de substrato é o emprego de tubete. Os tubetes apresentam como vantagens a menor ocupação de área no viveiro, menor massa do conjunto muda + substrato, facilidade no manejo das mudas no viveiro, redução dos custos de transporte das mudas e desenvolvimento do sistema radicular sem enovelamento proporcionado pela presença de arestas longitudinais internas que conduzem as raízes de forma vertical ao fundo do recipiente (BLANK et al., 2009).

No caso de tubetes, os substratos mais utilizados para preenchimento dos recipientes são os compostos, fabricados à partir de resíduos orgânicos. Segundo Schafer et al. (2015) os materiais básicos encontrados com maior frequência nos substratos são turfa, cascas de árvores (pinus, eucalipto e acácia negra), solo mineral, areia, cama de aviário, casca de coco e

casca de arroz carbonizada. Já os complementos mais observados são a vermiculita, a casca de arroz carbonizada ou queimada, cinzas e esterco de animais.

3.2 Características físicas e químicas dos substratos

O substrato é o material usado para dar suporte às plantas no cultivo em recipientes, tendo também, a função de disponibilizar água e nutrientes para as raízes (BARROSO et al., 2010). De acordo com Schafer et al. (2015), em virtude da diversidade de constituintes empregados para formação de substratos, grande parte dos produtos tem problemas em suas características físicas e químicas.

Para caracterizar os substratos, quanto aos seus usos e limitações é preciso conhecer suas propriedades físicas e químicas. Os principais atributos indispensáveis para a caracterização dos materiais são a porosidade total, o espaço de aeração, a retenção de água a baixas tensões de umidade, a densidade, o valor do pH, condutividade elétrica e/ou teor total de sais solúveis e os teores de nutrientes disponíveis (KAMPF, 2006; SCHAFER et al., 2015).

A porosidade total representa os macro e microporos, com valores ideais próximos a 85% do volume do substrato, sendo 15% de sólidos. Este valor se divide em espaço de aeração, água disponível, água facilmente disponível, água tamponante e água remanescente (DE BOODT e VERDONCK, 1972; KAMPF, 2005).

O espaço de aeração é representado pelos macroporos e seu volume é igual a água liberada quando o substrato é saturado e submetido a tensões entre 0 e 10 hPa, sendo o ideal para esta característica, valores entre 20 e 30% do volume do substrato (DE BOODT e VERDONCK, 1972, ZORZETO et al., 2014). Substratos com valores elevados de espaço de aeração retêm menos água, já os de menor valor apresentam maior retenção de umidade, o que deve ser considerado no manejo da irrigação (SCHAFER et al., 2015).

A água disponível é equivalente à água removida quando aplicada a tensão entre 10 e 100 hPa e se divide em água facilmente disponível, obtida com entre as tensões 10 e 50 hPa e água tamponante, referente a água drenada entre as tensões de 50 e 100 hPa (DE BOODT e VERDONCK, 1972, ZORZETO et al., 2014). Para água disponível os valores de referência são entre 25 e 35%, sendo 20 a 30% de água facilmente disponível e 5% de água tamponante (DE BOODT e VERDONCK, 1972; SCHAFER et al., 2008).

Em substratos com baixas disponibilidade de água, Schafer et al. (2015), recomendaram aumentar o número de irrigações e diminuir o volume aplicado, ou usar condicionadores para aumentar estes valores. Silva et al. (2011), relataram que a baixa capacidade de retenção hídrica no substratos resulta na necessidade de irrigações mais

frequentes no viveiro, aumentando o consumo de água com conseqüente elevação no custo de produção.

A água remanescente, equivalente a água que permanece no substrato depois de aplicada a tensão de 100 hPa e os valores ideais estão entre 20 e 30% do volume do substrato (DE BOODT e VERDONCK, 1972; ZORZETO et al., 2014). Valores maiores que 30% apresentam má drenagem da água podendo causar morte das raízes (KAMPF, 2005; SCHAFER et al., 2015).

A densidade e a capacidade de retenção de água dos compostos são inversamente proporcionais, desse modo substratos muito densos possuem menor porosidade total e com isso, retêm pouca água e apresentam reduzido espaço de areação (SILVA et al., 2011), o que prejudica o desenvolvimento das raízes. Comportamento semelhante foi observado por Fernandes et al. (2006b) que, avaliando diferentes substratos empregados no cultivo de tomate cereja, verificaram aumento na porosidade com a redução da densidade dos substratos. Por outro lado, substratos com densidade muito baixa não promoveram boa fixação e equilíbrio das plantas nos recipientes (SCHMITZ et al., 2002).

A densidade refere-se à relação entre a massa e o volume do material, normalmente expressa nas embalagens em kg m^{-3} e deve ser definida de acordo com a altura do recipiente que será preenchido. Para bandejas multicelulares os valores recomendados são de 100 a 300 kg m^{-3} , de 200 a 400 kg m^{-3} para recipientes com até 15 cm de altura, de 300 a 500 kg m^{-3} para recipientes de 20 a 30 cm e de 500 a 800 kg m^{-3} para os demais recipientes (Kämpf, 2005; Fermino et al., 2012).

Em relação às características químicas dos substratos, Fageria (2002); Epstein e Bloom (2006) relataram que a solubilidade e disponibilidade dos nutrientes na solução é diretamente influenciada pelo pH. Isso porque, dependendo do pH da solução há a formação de complexos insolúveis. Deste modo, em pH acima de 6,5 ocorre uma redução na disponibilidade de Mn, Cu, Zn, B, P e Fe, enquanto para pH abaixo de 5,0 há redução na disponibilidade de P, K, Ca e Mg (FERNANDES, 2006).

Para compostos orgânicos, Santos et al. (2014b) citaram que o pH pode variar de acordo com os componentes utilizados na mistura. A turfa e a vermiculita, por exemplo, que são componentes frequentemente utilizados em substratos orgânicos, possuem pH na faixa de 3,5 e 8,0 respectivamente (Kampf, 2005; SANTOS et al., 2014b). Kampf (2005) recomendou como ideal para substratos valores de pH entre 5,2 e 5,5.

Assim como o pH, a salinidade também influencia na absorção de nutrientes pelas plantas (TAIZ e ZEIGER, 2009). A alta concentração de sais nos substratos pode resultar na

elevação da pressão osmótica na solução, dificultando a absorção de água e nutrientes pelas raízes causando estresse hídrico, mesmo com água suficiente no solo (SILVA et al., 2012).

Valores de condutividade elétrica entre 0,36 e 0,65 mS cm⁻¹ (1:5 – v:v) podem ser considerados normais de acordo com Cavins et al. (2000). Schafer et al. (2015), recomendaram que se evite materiais com elevada condutividade elétrica, principalmente nas etapas de estabelecimento de plantas (semeadura, enraizamento e no estabelecimento de culturas). Em casos extremos, onde não haja possibilidade de substituição do substrato, os autores sugerem fazer uma lixiviação dos sais.

3.3 Materiais alternativos para a produção de substratos

Têm-se buscado materiais eficientes para substituir o uso de solo nos cultivos em recipientes, que reduzam a dependência de substratos comerciais e que possibilitam o aproveitamento de resíduos ou dejetos produzidos pelas atividades humanas (VIGGIANO et al., 2012; SILVA et al., 2014a; SILVA JUNIOR et al., 2014). O aproveitamento de resíduos agroindustriais como substrato, além de evitar o descarte indevido dos resíduos, reduz os custos com a produção de mudas (SILVA et al., 2010).

Muitos materiais alternativos são citados como eficientes na composição de substrato para produção de mudas e cultivo em recipientes para diversas culturas, como as combinações de solo + esterco bovino e solo + esterco caprino para mudas de maracujazeiro amarelo (ALMEIDA et al., 2011), a combinação de 70% de húmus de minhoca e 30% de casca de arroz carbonizada (GOMES et al., 2008) e 50% esterco bovino + 50% casca de feijão para mudas de alface (CABRAL et al., 2010), a combinação de 60% de lodo de esgoto + 20% de casca de arroz carbonizada + 20% de palha de café *in natura* para rabo-de-pitu (*Chamaecrista desvauxi*) (CALDEIRA et al., 2013), resíduo de carnaúba + casca de arroz e resíduo de carnaúba semi-decomposto para mudas de tomateiro (SILVA JUNIOR et al., 2014), composto orgânico de lixo urbano e composto de resíduo agroindustrial puros ou em mistura com substrato comercial para mudas de *Eucalyptus grandis* (SILVA et al., 2014a).

A maioria dos trabalhos com substratos alternativos para a produção de mudas de café, encontrados na literatura, utilizam-se de resíduos disponíveis em suas localidades, como Corrêa et al. (2006), que utilizaram lixo domiciliar, terra de diatomáceas e a torta de filtro com vinhaça e Silva et al. (2013), que empregaram 50% de esterco bovino associados à vermiculita ou ao substrato comercial para mudas de *C. arabica*. Para mudas clonais de *C. canephora*, Berilli et al. (2014) utilizaram lodo de curtume desidratado misturado a um

Latossolo Vermelho distrófico e Silva et al. (2010) utilizaram composto de bagaço de cana-de-açúcar e obtiveram bons resultados com estes resíduos.

Alguns resíduos apresentam o risco de poluentes como o uso de lodo de curtume recomendado por Berilli et al. (2014) para mudas de *C. canephora*. No entanto, Berilli et al. (2015) relataram que este material apresenta elevado teor de cromo e que este é acumulado, em maior parte, nas raízes seguida das folhas e caule e que o padrão de desenvolvimento vegetativo das mudas é afetado pelas doses de lodo no substrato.

Quanto ao emprego de substratos comerciais Silva et al. (2010), relatam que o substrato comercial mostrou-se inadequado para a produção de mudas de *C. canephora* em tubetes, resultando em mudas com crescimento reduzido. Isso pode acontecer porque os substratos disponíveis no mercado sofrem variações, quanto às suas características físicas e químicas, de acordo com os componentes empregados na sua produção, podendo não ser adequados à cultura ou a forma de manejo que são submetidos (FERRAZ et al., 2005).

Braun et al. (2009), recomendaram, para mudas de *C. canephora*, a combinação solo + substrato comercial, sendo uma alternativa para reduzir o consumo de substrato comercial. Porém, não é interessante o uso de solo nas combinações de materiais em substratos, implicando em risco de contaminação ambiental, com prejuízos a sanidade das mudas e à sustentabilidade da produção (MARCOLAN et al., 2009; SCHAFER et al., 2015).

3.4 Palha de café

A produção de café no Brasil, na safra 2014/2015 foi superior aos 43 milhões de sacas beneficiadas de 60 kg. A elevada produção nacional associada ao grande volume de resíduos gerados no beneficiamento, que se aproximada quantidade de grãos beneficiados, atribui à palha de café, um grande potencial poluidor, se descartado incorretamente (PIMENTA et al., 2011; FERNANDES et al., 2013; CONAB, 2015).

Muitos estudos têm buscado uma forma alternativa ao uso para a palha de café. Entre essas estão a nutrição animal como Pimenta et al. (2011) para tilápia do Nilo, Parra et al. (2008) para suínos, Rocha et al. (2006) para vacas em lactação, Carvalho et al. (2007) e Pires et al. (2009) na composição de silagem. Outra alternativa é o uso como fonte energética como a queima da casca de café para secagem de grãos em secadores (SATER et al., 2011) e na produção de briquetes (PROTÁSSIO et al., 2012).

Por ser um resíduo orgânico, a palha de café também pode ser utilizada na agricultura como adubo em lavouras e substrato na produção de mudas (CALDEIRA et al., 2013). O

emprego da palha de café, na adubação orgânica da lavoura, disponibiliza nutrientes como nitrogênio, fósforo, potássio e enxofre reduzindo a necessidade do aporte de nutrientes na adubação mineral, diminuindo a exportação de nutrientes do sistema (FERNANDES et al., 2013).

Para composição de substratos, Assis et al. (2011) recomendam o emprego de palha de café, em mistura com casca de coco em pó ou casca de arroz carbonizada, em substituição ao xaxim no cultivo de orquídeas, não sendo indicada como substrato único, o que corrobora com Mendonça et al. (2014) que indicam que os substratos para a produção de mudas de freijó podem ser formulados a partir de mistura que contenham palha de café.

Para mudas de *Coffea canephora*, a mistura do substrato comercial formado a partir de casca de pinus, vermiculita e casca de arroz carbonizada com palha de café, promoveu maior desempenho das mudas durante o desenvolvimento inicial que o substrato comercial puro (Braun et al., 2009). Resultados positivos do uso da palha também foram relatados por Aquino et al. (2012) que trabalhando com mistura de substratos e palha de café não encontraram diferenças para as características altura de planta, área foliar, volume de raiz e massa seca de raízes quando as mudas foram produzidas em solo ou palha de café.

3.5 Capim elefante

O capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) é uma das gramíneas forrageiras mais importantes e difundidas em todas as regiões tropicais e subtropicais do mundo, destacando-se pela elevada produtividade, pelo equilíbrio nutritivo e resistência a condições desfavoráveis (SOBRINHO et al., 2007; CÓSER et al., 2008).

Pela sua elevada produtividade de massa seca, muitos estudos têm destacado o uso de biomassa de capim elefante para alimentação de ruminantes, seja pela produção de capineira ou por meio de silagem (Olivo et al., 2007, Charão et al., 2008, Cóser et al., 2008, Pegoraro et al., 2009, Meinerz et al., 2011, Souza et al., 2014). Em outros estudos avaliaram-se o uso desses materiais como fonte de carbono na produção de bioenergia (Silva, 2010; Morais et al., 2011; Quéno et al., 2011; Flores et al., 2012; Santos et al., 2014a; Azevedo et al., 2015).

Além do potencial energético e bromatológico, diversos estudos têm avaliado o uso de biomassa de capim elefante como material orgânico para produção agrícola. Gama et al. (2012) utilizaram compostos com 70% de capim elefante e 30% de esterco como adubo orgânico no cultivo de *Lippia alba* e relataram incremento no acúmulo de matéria seca das plantas tratadas. Leal et al. (2013) obtiveram bons resultados em compostagem utilizando

biomassa de capim elefante em mistura com torta de mamona. Compostos orgânicos preparados com mistura de esterco bovino + capim elefante e de cama de frango + capim elefante nas proporções 1:4, são recomendados por Serrano et al. (2011) para adubação de pós-plantio de plantas de *C. canephora*.

Composto orgânico produzido com a mistura de 66% de *Crotalaria juncea* L. e 33% de capim elefante podem ser utilizados na produção de mudas de alface, beterraba e tomate (LEAL et al., 2007). Bernardi et al. (2009) recomendaram o emprego de biomassa de capim elefante para produção de substrato pasteurizado no cultivo de cogumelos *Pleurotus*. Desse modo, o capim elefante se apresenta como matéria-prima alternativa na produção de substratos, produzindo grandes volumes com pequenas áreas plantadas e processado por métodos simples, como a compostagem.

3.6 Cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) se destaca, entre as grandes culturas, como a planta de maior potencial na produção de biomassa e energia em um ano de cultivo (SILVA et al., 2014b).

A cultura é empregada, principalmente, como matéria-prima na produção de etanol e açúcar (ZUANAZZI e MAYORGA, 2010; SANTOS et al., 2012). A biomassa da cana-de-açúcar também é explorada para a produção de energia por meio da queima do bagaço e de restos de cultura, que são os principais resíduos da produção canavieira (SOUZA et al., 2006).

Outros resíduos também são explorados, como a torta de filtro e a vinhaça. Fravet et al. (2010) avaliaram a aplicação de torta de filtro na cana-soca na dose de 70 t ha⁻¹ que proporcionou a maior produção de colmos nas plantas tratadas. Silva et al. (2014c) relatam que o uso de vinhaça proporcionou incremento na produtividade da cana-de-açúcar, elevou o pH e os teores de potássio trocável no solo.

Entre os materiais com potencial para uso como substrato para plantas, encontra-se o bagaço, resíduo da moagem da cana-de-açúcar (SPIER et al., 2009). Serrano et al. (2006) avaliaram o uso de bagaço de cana de açúcar e torta de filtro na proporção de 3:2 (v:v) fertilizado com adubo de liberação lenta na produção de mudas de maracujazeiro amarelo. Os autores relatam que esta mistura foi semelhante ao substrato comercial nas mesmas condições. Fernandes et al. (2006a) recomendaram o uso de bagaço de cana-de-açúcar e a casca de amendoim na composição de substratos à base de areia, para o cultivo do tomateiro do grupo cereja em casa de vegetação.

Porém, faltam estudos que utilizem a cana-de-açúcar inteira na produção compostos para uso como substratos, sendo esta, uma fonte eficiente de biomassa vegetal. Avaliando o acúmulo de nutrientes na parte aérea das plantas de cana-de-açúcar, Oliveira et al. (2011) relataram médias de 174 kg ha⁻¹ de nitrogênio, 25 kg ha⁻¹ de fósforo, 325 kg ha⁻¹ de potássio, 226 kg ha⁻¹ de cálcio e 86 kg ha⁻¹ de magnésio. Alocados, em sua maioria, no caule, seguido das folhas e ponteiros. Demonstrando assim, a importância de se utilizar a planta como um todo.

No entanto, diferentemente do bagaço, que passou pelo processo de moagem e extração do caldo, a biomassa integral de cana-de-açúcar apresenta elevado teor de água, o que pode comprometer o seu desempenho no processo de compostagem, restringindo a entrada de oxigênio no interior das pilhas e reduzindo a atividade dos microrganismos (BRITO et al., 2008; MURARO et al., 2009). Com isso, as plantas destinadas a produção de compostos devem ser coletadas em idade mais avançadas com maiores teores de matéria seca. Muraro et al. (2008), relataram redução no teor de água com a aumento da idade da planta. Outra opção seria a adição de material fibroso seco para a redução da umidade do composto (BRITO et al., 2009).

4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Campo Experimental da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA, no município de Ouro Preto do Oeste, Rondônia localizado em longitude 10°45'43" S e latitude 62°15'10" W a uma altitude de 300 m. O clima predominante na região é o tropical chuvoso - Aw (Köppen), com temperatura média anual de 25°C e precipitação média de 2.000 mm ano⁻¹. O período chuvoso está compreendido entre os meses de outubro-novembro até abril-maio.

O experimento foi dividido em duas fases, sendo a primeira, a fase de caracterização física e química dos substratos e a segunda a fase de avaliação do desempenho destes na formação de mudas clonais de *Coffea canephora* em tubetes.

Na primeira fase o delineamento experimental foi em blocos casualizados com 20 tratamentos e 3 repetições. Os tratamentos foram formados pelos substratos T1= Palha de Café compostada (PC), T2= Capim Elefante compostado (CE), T3= Cana-de-açúcar compostada (CN), T4= Substrato Comercial Vida Verde Tropstrato HT[®](SC), T5= Vermiculita (VM), as combinações destes: T6= PC+CE (1:1), T7= PC+CA (1:1), T8= PC+SC (1:1), T9= PC+VM (1:1), T10= CE+CA (1:1), T11= CE+SC (1:1), T12= CE+VM (1:1), T13= CA+SC (1:1), T14= CA+VM (1:1), T15= PC+CA+CE (1:1:1), T16= PC+CA+CE+SC (1:1:1:1), T17= PC+CA+CE+SC+VM (1:1:1:1:1), T18= PC+CA+VM (1:1:1), T19= PC+CE+VM (1:1:1), T20= PC+CE+CA+VM (1:1:1:1).

Na segunda fase foi empregado o delineamento em blocos casualizados com 21 tratamentos e quatro blocos. Nesta etapa, além dos tratamentos citados na fase anterior, que foram empregados no preenchimento de tubetes de 280 cm³, foi utilizado como testemunha (T21) o substrato padrão para a produção de mudas de café contendo subsolo peneirado no preenchimento de sacos de polietileno nas dimensões de 11 centímetros de largura e 22 centímetros de altura (FONSECA et al., 2007). Foram utilizados quatro genótipos de *Coffea canephora* oriundos do programa de melhoramento genético de *Coffea canephora* da Embrapa-RO. Os genótipos foram propagados de forma vegetativa por meio de clonagem por estaquia. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso com quatro repetições constituídas pelos genótipos de café utilizados.

A palha de café desidratada foi obtida junto à unidade de beneficiamento de café da Embrapa Rondônia, localizada no Campo Experimental da Embrapa no município de Ouro Preto do Oeste – RO. As biomassas de Capim Elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) Cv. Cameron e cana-de-açúcar Cv Mulata Pelada foram obtidas no Campo Experimental da

Embrapa Rondônia no município de Presidente Médici – RO. As plantas de capim elefante apresentavam rebrota de quatro meses após último corte e as plantas de cana-de-açúcar rebrota de dois anos(Figura 1 A, B e C).



Figura 1 - Matérias-primas utilizadas no preparo de substratos alternativos para a produção de mudas clonais de *Coffea canephora* em tubete. (A) palha de café, (B) capim elefante, (C) cana-de-açúcar.

A colheita foi realizada de forma manual aproveitando toda a parte aérea das plantas. Para o capim elefante o corte foi realizado deixando dois nós acima do solo e para a cana-de-açúcar a uma altura de 20 cm, de forma a possibilitar a rebrota das soqueiras e a recomposição das áreas (CRUZ et al., 2010; MANHÃES et al., 2014).

Depois de colhidas, as biomassas de capim elefante e cana-de-açúcar foram trituradas em picador modelo Nogueira® EN-6500 para redução das partículas visando facilitar o processo de compostagem (Figura 2 A e B).



Figura 2 - Processamento das matérias-primas de capim elefante e cana-de-açúcar empregadas no preparo de substratos alternativos para a produção de mudas clonais de *Coffea canephora* em tubete. Entrada (A) e saída (B) dos materiais no triturador

O processo de compostagem foi realizado com a montagem de uma pilha para cada material (palha de café, capim elefante e cana-de-açúcar), estas pilhas foram formadas por camadas de aproximadamente 10 cm de espessura, entre as quais, foi distribuída uniformemente uma dosagem 2,2 kg de superfosfato triplo para cada metro cúbico de material, seguindo as recomendações de Souza e Resende (2006) e uma cobertura com ureia como fonte de nitrogênio (Figura 3 A, B e C).



Figura 3 - Distribuição de ureia nas camadas do composto (A), montagem das pilhas de compostos (B) e pilhas de palha de café (ao fundo), capim elefante (à esquerda) e cana-de-açúcar (à direita) no início do processo de compostagem (C).

A quantidade de ureia aplicada no processo de compostagem para cada material foi baseada na recomendação proposta por Gomes et al. (2001), que considera os percentuais de carbono (C) e nitrogênio (N) contido nas matérias-primas do composto (eq.1).

$$PMRC = \frac{(30 \times \% N MRN) - \% C MRN}{\% C MRC - (30 \times \% N MRC)} \quad (1)$$

Em que:

PMRC: Partes do material rico em carbono para cada parte do material rico em nitrogênio

MRC: Material Rico em Carbono;

MRN: Material Rico em Nitrogênio.

Para o cálculo da necessidade de ureia foram utilizados os percentuais de N e C citados na literatura especializada para cada material. De acordo com Souza e Resende (2006) a palha de café possui aproximadamente 51% de C e 0,62% de N. A cana-de-açúcar, de

acordo com Trivelin et al. (1997) é composta por, aproximadamente 40% de C e 0,46% de N. Já o capim elefante possui 53% de C e 0,62% de N (Leal et al., 2013). A ureia possui 27% de C e 45% de N (TRIVELIN et al. 1997).

Na montagem das pilhas de composto foi aplicado $\frac{1}{3}$ da ureia recomendada (Fórmula 1) sendo 8,16; 6,60 e 8,66 g kg⁻¹ de biomassa de palha de café, capim elefante e cana-de-açúcar respectivamente. O restante foi aplicado aos 30 e 60 dias após o início do processo, com exceção da pilha de cana de açúcar que não apresentou necessidade de nova aplicação de N (SOUZA e RESENDE, 2006). O objetivo do parcelamento foi evitar excesso de N nas pilhas, visto que a metodologia proposta por Gomes et al. (2001) é aplicada para materiais orgânicos com liberação mais lenta do N, diferente da ureia que possui alta solubilidade e rápida liberação do N para o meio, podendo resultar em excesso de N e perda deste por volatilização.

O acompanhamento das variações de temperatura e umidade do ar e temperatura nas pilhas de composto foi realizado diariamente às 9:00, 11:00 e 15:00 horas no período entre 10 de abril a 21 de julho de 2015. A temperatura e umidade do ar foram medidas com o auxílio de um termo higrômetro digital instalado no local do experimento (Figura 4). Já as temperaturas das pilhas de composto foram medidas com o auxílio de um de um termômetro digital infravermelho na superfície, a 10 cm e a 30 cm no interior da pilha no sentido vertical a partir do ponto mais alto da pilha de composto (Figuras 5, 6 e 7).

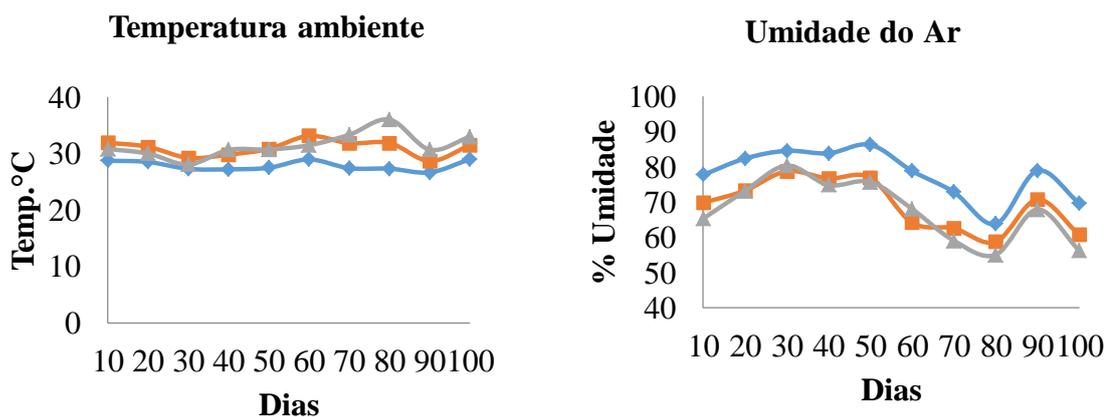


Figura 4 - Variação da temperatura ambiente (°C) e da umidade do ar (%) durante o processo de compostagem.

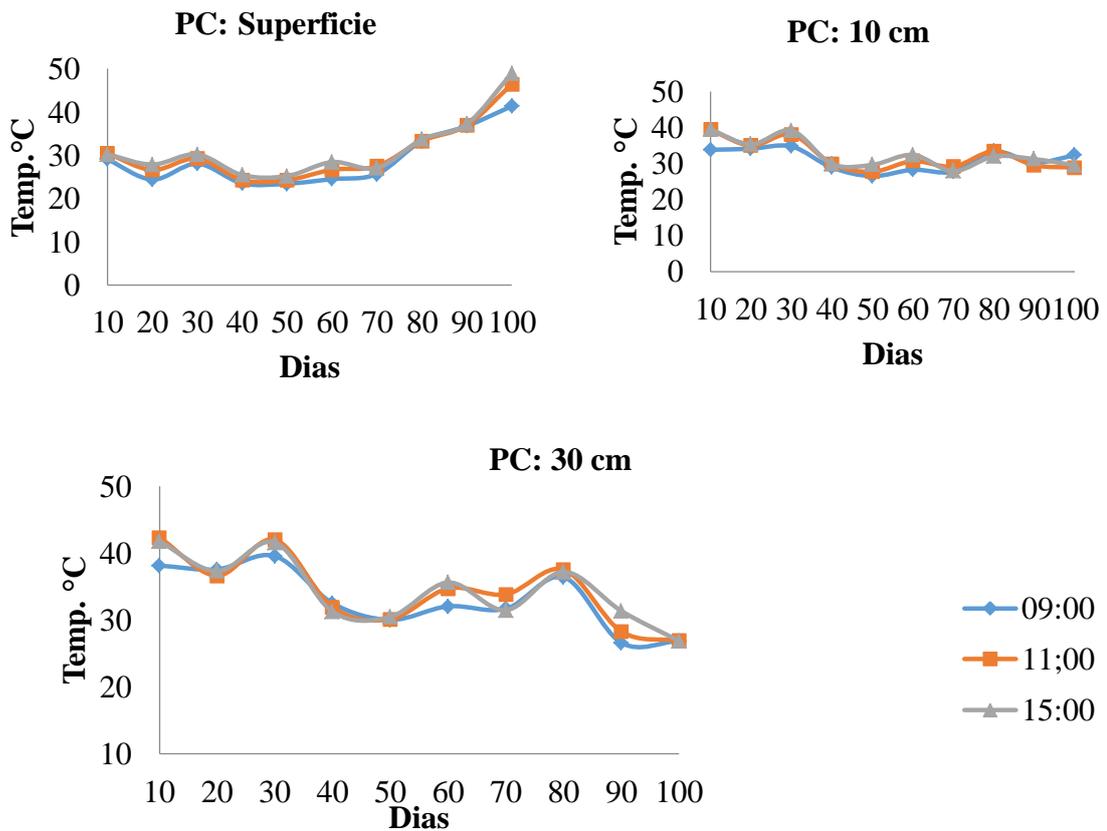
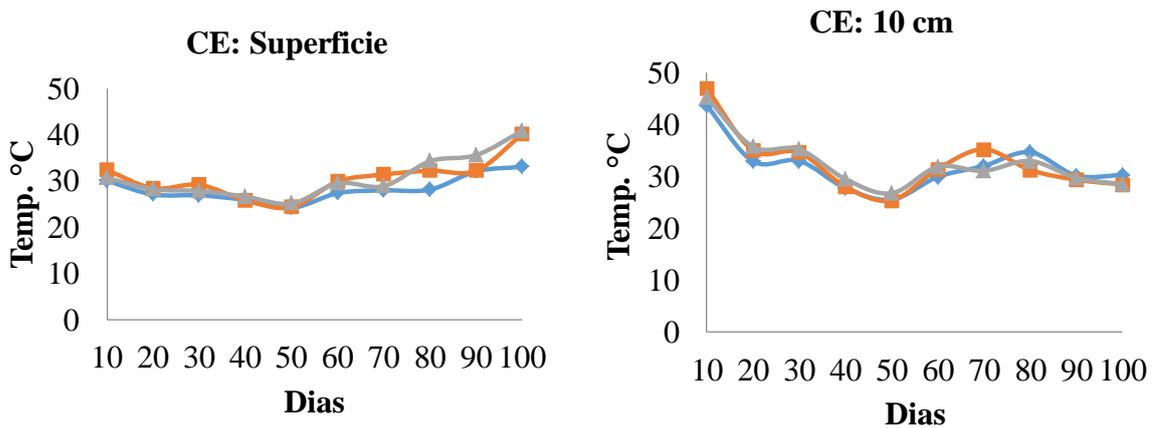


Figura 5 - Variação de temperatura as 9:00, 11:00 e 15:00 horas durante o processo de compostagem de biomassa de palha de café (PC) na superfície, a 10 cm e 30 cm de profundidade na pilha.



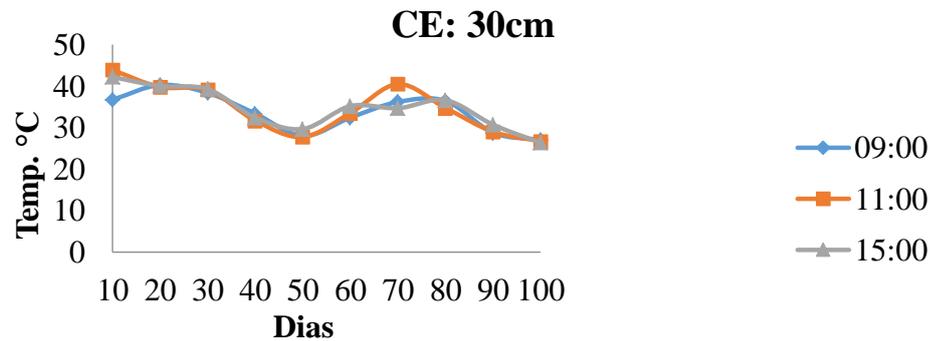


Figura 6 - Variação de temperatura as 9:00, 11:00 e 15:00 horas durante o processo de compostagem de biomassa de capim elefante (CE) na superfície, a 10 cm e 30 cm de profundidade na pilha.

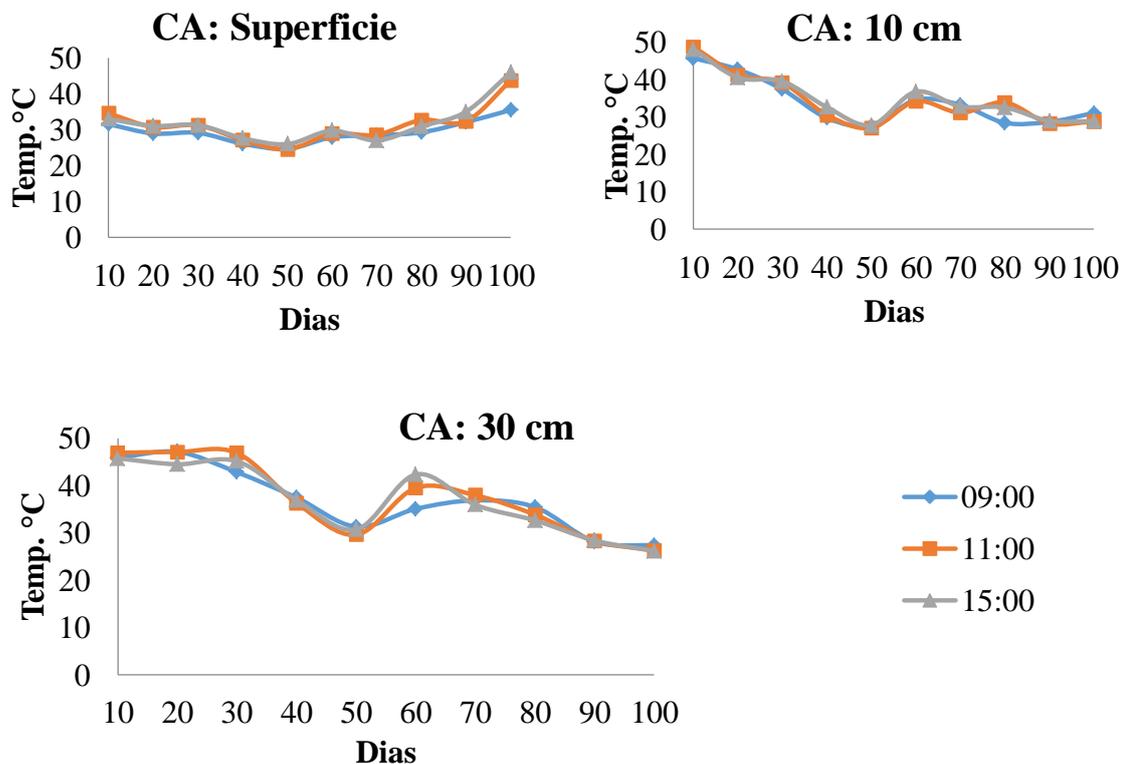


Figura 7 - Variação de temperatura as 9:00, 11:00 e 15:00 horas durante o processo de compostagem de biomassa de Cana-de-açúcar (CA) na superfície, a 10 cm e 30 cm de profundidade na pilha.

Após o término da compostagem os materiais foram espalhados e secos ao ar para redução da umidade possibilitando o seu processamento em triturador modelo JF[®] 2-D para redução do diâmetro de partículas e facilitar o uso nos tubetes.

Além dos materiais oriundos da compostagem, também foram utilizados, para compor os tratamentos, a vermiculita expandida Agrofloc[®] e o substrato comercial Vida Verde Tropstrato HT[®] constituído de turfa, vermiculita expandida e casca de pinus (Tabela 1).

As misturas (de T6 a T20) foram realizadas combinando os materiais em iguais proporções de volume para cada material que compõem o tratamento.

Tabela 1 - Componentes químicos dos materiais empregados no preparo de substratos para produção de mudas clonais de *Coffea canephora* em tubete.

MATERIAIS	N	P	K	Ca	Mg	S
	----- dag kg ⁻¹ -----					
PC	3,5	0,11	3,9	1,71	0,18	0,14
CE	2,5	1,08	1,6	1,46	0,20	0,10
CN	2,5	1,50	2,1	2,09	0,18	0,09
SC	0,4	0,21	0,5	1,40	1,14	0,10
VM	—	0,05	2,2	0,13	12,68	—

Teores Totais, determinados no extrato ácido (ácido nítrico com ácido perclórico); N - Método do Kjeldahl; CO - Método Walkley – Black

Amostras dos substratos foram enviadas ao Laboratório de Substratos para Plantas do Departamento de Horticultura e Silvicultura da Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul para a caracterização física e química.

As características químicas analisadas foram condutividade elétrica (CE) e potencial hidrogeniônico (pH), utilizando diluição 1:5 (v:v) conforme a IN nº 17, de 21 de maio 2007, que determina os padrões para a análise de substrato para plantas.

As características físicas avaliadas foram densidade úmida (DU), densidade seca (DS) e umidade atual (UA), determinados por meio do Método da Auto-compactação (HOFMANN, 1970); a curva de retenção de água nas tensões de 0; 10; 50 e 100 hPa determinada conforme as recomendações de DeBoodt e Verdonck (1972) com a determinação da porosidade total (PT) (0 hPa), espaço de aeração (EA) (0 a 10 hPa), água disponível (AD) (10 a 100), água facilmente disponível (AFD) (10 a 50 hPa), água tamponante (AT) (50 a 100 hPa) e água remanescente (AR) (material seco em estufa a 105 °C).

Os substratos formados a partir dos materiais orgânicos foram utilizados para o preenchimento de tubetes de 280 cm³ (Figura 8). Para comparação do desempenho dos materiais foi utilizado como testemunha substrato padrão que emprega terra de subsolo como matriz, onde para cada m³ de subsolo foi acrescentado 2 kg de calcário dolomítico, 5 kg de superfosfato simples e 0,5 kg de cloreto de potássio seguindo o resultado da análise química

do solo e as recomendações propostas por Fonseca et al. (2007) para a produção de mudas de café em sacos de polietileno.

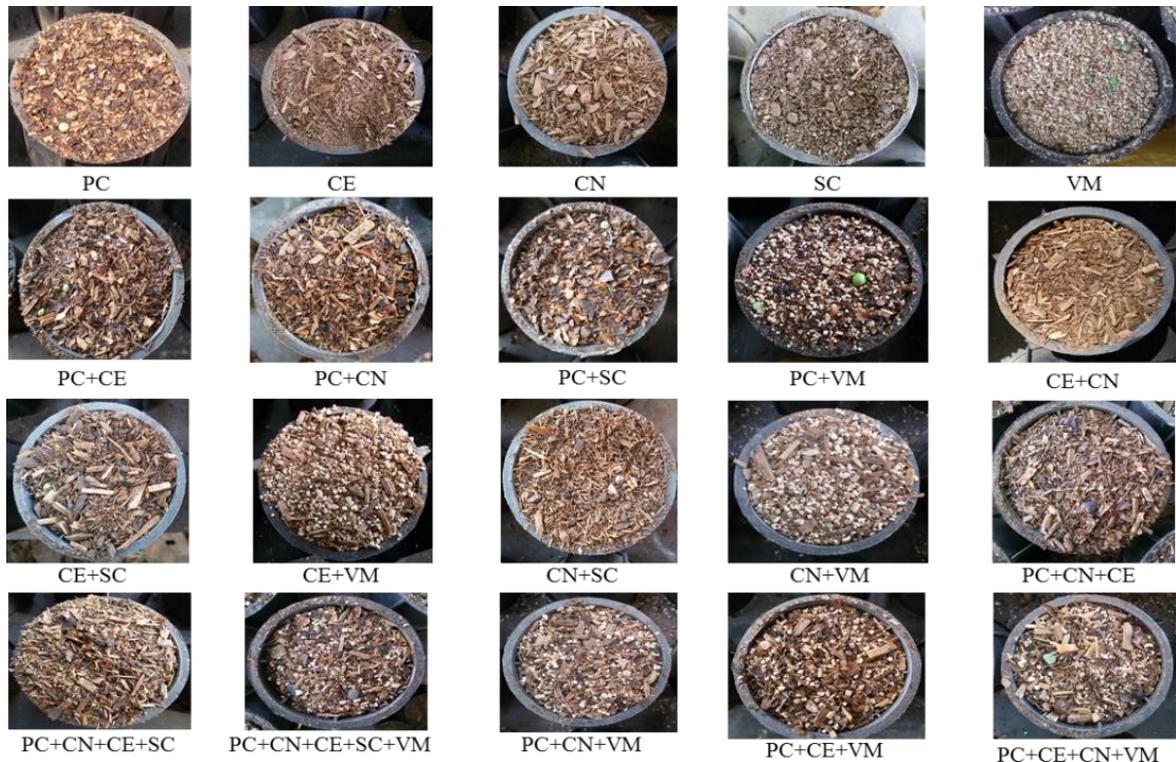


Figura 8 - Tubetes com capacidade de 280 cm^3 preenchidos com os substratos palha de café (PC), capim elefante (CE), cana-de-açúcar (CA), substrato comercial (SC), vermiculita expandida (VM) e diferentes combinações destes materiais.

Antes do preenchimento dos tubetes, foi aplicada a cada tratamento uma dose de 6 g dm^{-3} de fertilizante mineral de liberação lenta, Basacot[®] Plus 9M, contendo 16% de N, 8% de P, 12% de K, 2% de Mg, 5% de S, 0,4% Fe, 0,02% de B, 0,02% de Zn, 0,05% de Cu, 0,06% de Mn e 0,015% de Mo.

Tabela 2 - Atributos químicos do solo utilizado no preparo de substrato padrão para produção de mudas clonais de *Coffea canephora*.

pH	MO	P	K	Ca	Mg	H+Al	Al	CTC	V
Água	g kg^{-1}	mg dm^{-3}	----- $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ -----						%
6,1	19,5	5	0,21	5,08	0,91	2,6	0,0	8,84	70

pH em água 1:2,5, M.O. por digestão úmida, P e K determinados pelo método Mehlich¹, Ca, Mg e Al trocáveis extraídos com $\text{KCl } 1 \text{ mol L}^{-1}$.

O preenchimento dos tubetes com substrato ocorreu 15 dias antes do recebimento das estacas de café. Os recipientes foram acondicionados em casa de vegetação onde receberam irrigação constante para absorção de água e saturação dos microporos. O preparo das mudas foi realizado no dia 1 de setembro de 2015. Em cada recipiente, preenchido com substrato, foi inserido um segmento de ramo ortotrópico de cafeeiro com 5 cm de comprimento (estaca) de acordo com as recomendações propostas por Fonseca et al. (2012).

Os recipientes receberam irrigação por nebulização associada a um temporizador automatizado programado para manter a umidade do ar entre 90 a 100%. Para a suplementação das mudas com micronutrientes foi utilizado o Supra Mix Plus[®] composto por 5,0% Cálcio, 5,0% Zinco, 4,0% Manganês, 0,1% Boro e 0,02% Molibdênio, aplicado na dosagem de 10 g dm⁻³ de água aos 35 e 70 dias após o estaqueamento. Cada volume de 10 litros de água cobriu cerca de 4 m² de canteiro ou aproximadamente 800 mudas. Aos 90 dias foi aplicado nitrogênio na forma de ureia na proporção de 0,45 g dm⁻³ de água, aplicado 12,5 mL de calda por planta.

As mudas permaneceram no viveiro por um período de 120 dias. Após este período foram retiradas dos recipientes, lavadas para remoção do substrato e conduzidas ao laboratório para determinação das características vegetativas (Figura 9).



Figura 9 - Mudas de *Coffea canephora* formadas em substratos alternativos, sendo T1 à T21 (da esquerda para a direita). T1= Palha de Café compostada (PC), T2= Capim Elefante compostado (CE), T3= Cana-de-açúcar compostada (CN), T4= Substrato Comercial Vida Verde[®] (SC), T5= Vermiculita (VM), as combinações destes: T6= PC+CE (1:1), T7= PC+CA (1:1), T8= PC+SC (1:1), T9= PC+VM (1:1), T10= CE+CA (1:1), T11= CE+SC (1:1), T12= CE+VM (1:1), T13= CA+SC (1:1), T14= CA+VM (1:1), T15= PC+CA+CE (1:1:1), T16= PC+CA+CE+SC (1:1:1:1), T17= PC+CA+CE+SC+VM (1:1:1:1:1), T18= PC+CA+VM (1:1:1), T19= PC+CE+VM (1:1:1), T20= PC+CE+CA+VM (1:1:1:1).

No sistema radicular das plantas foram determinadas as seguintes características: volume de raízes (VR), em proveta graduada, por diferença de volume deslocado; massa seca de raízes (MSR), determinada em balança analítica após secagem em estufa com circulação forçada de ar, 65°C, até obtenção de massa constante.

Na parte aérea das plantas as características avaliadas foram: massa seca do caule (MSC) e massa seca das folhas (MSF), determinadas em balança analítica após secagem em estufa com circulação forçada de ar, 65°C, até obtenção de massa constante; massa seca da parte aérea (MSPA), resultante da soma da massa seca das folhas e caule; massa seca total (MST), resultante da soma da massa seca da parte aérea e massa seca das raízes; número de folhas (NF) e número de nós (NN), determinado por contagem direta; comprimento do caule (CC), determinado por medição direta do ponto de inserção do broto, na estaca, até o meristema apical; diâmetro do coleto (DC), determinado na base do ramo, 2 cm acima do ponto de inserção do broto na estaca; área foliar total (AF), determinada por meio do software livre DDA (Determinador Digital de Área) (FERREIRA et al., 2008) a partir de imagens digitais; relação comprimento e diâmetro do caule (RCD) (Form. 2); relação parte aérea raiz (RPAR) (Form. 3); índice de qualidade de Dickson (IQD) (Form. 4) (DICKSON et al., 1960).

$$\text{RAD} = \text{CC} / \text{DC} \quad (2)$$

$$\text{RPAR} = \text{MSPA} / \text{MSR} \quad (3)$$

$$\text{IQD} = [\text{MST} / ((\text{CC} / \text{DC}) + (\text{MSPA} / \text{MSR}))] \quad (4)$$

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F e ao teste de Scott-Knott para comparação das médias, quando detectados efeitos significativos. Foi avaliado o grau de correlação entre todas as variáveis por meio da correlação simples. Os testes estatísticos foram realizados utilizando o software livre Assistat 7.7 beta (SILVA e AZEVEDO et al., 2009).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve Influência em todas as características químicas e físicas estudadas nos substratos (Tabela 3).

Tabela 3 - Resumo da análise de variância para as características químicas e físicas de substratos formados a partir de resíduos orgânicos para a produção de mudas clonais de *C. Canephora* em tubetes.

FV	BLOCOS	SUBSTRATOS	RESÍDUOS
GL	2	19	38
QUADRADOS MÉDIOS			
CE	0,01625 ^{NS}	2,46094**	0,00605
pH	0,00245 ^{NS}	0,48507**	0,00118
DU	1240,00634**	17358,54815**	71,69561
DS	1039,36801**	13360,05806**	68,97567
UA	0,69113 ^{NS}	12,55377**	0,38565
PT	0,31310 ^{NS}	105,71992**	1,46115
EA	3,19446 ^{NS}	70,35189**	2,0167
AD	1,65602 ^{NS}	72,09328**	1,67677
AFD	1,04924 ^{NS}	71,69442**	1,74154
AT	0,08067 ^{NS}	1,78444**	0,10842
AR	1,13192 ^{NS}	92,49623**	1,80189

*significativo (p_{0,05}), ** significativo (p_{0,01}), ^{ns} não significativo. CE=Condutividade Elétrica, pH= Potencial Hidrogeniônico, DU= Densidade Úmida, DS= Densidade Seca, UA= Umidade Atual, PT= Porosidade Total, EA= Espaço de Aeração, AD= Água Disponível, AFD= Água Facilmente Disponível, AT= Água Tamponante, AR= Água Remanescente.

A palha de café (T1) foi o substrato que apresentou maior condutividade elétrica. Por consequência, os substratos formados por misturas contendo palha de café também apresentaram CEs elevadas (Tabela 4). Por outro lado, a vermiculita e os substratos formados pela mistura de vermiculita com outros materiais foram os que apresentaram menor CE. A maior condutividade elétrica da palha de café pode estar associada ao maior teor do íon potássio em sua composição (Tabela 1). Em média, este resíduo contém valores próximos a 3,7 dag kg⁻¹de potássio, valor semelhante aos 3,9 apresentados pela palha de café neste experimento (Tabela 1) (SOUZA e REZENDE, 2006).

Para o substrato vermiculita, poderia se esperar alta condutividade elétrica devido à elevada presença de magnésio. No entanto, a maior parte desse elemento encontra-se na forma não trocável (Dechen e Nachtigall, 2007) e não contribui para o aumento da condutividade elétrica.

Tabela 4 - Condutividade elétrica (CE), Potencial hidrogeniônico (pH) de substratos formados a partir de resíduos orgânicos para a produção de mudas clonais de *Coffea Canephora* em tubetes.

TRATAMENTOS		CE mS cm ⁻¹	pH (H ₂ O)
T1	PC	3,81a	6,59c
T2	CE	2,24d	5,64j
T3	CA	2,26d	5,49l
T4	SC	0,43j	5,61j
T5	VM	0,04l	6,90a
T6	PC+CE	2,96c	6,34e
T7	PC+CA	3,24b	6,33e
T8	PC+SC	2,36d	6,43d
T9	PC+VM	1,66g	6,73b
T10	CE+CA	2,15e	5,73i
T11	CE+SC	1,52h	5,65j
T12	CE+VM	1,20i	5,91h
T13	CA+SC	1,15i	5,62j
T14	CA+VM	1,05i	5,96h
T15	PC+CA+CE	2,75c	6,16f
T16	PC+CA+CE+SC	2,06e	6,05g
T17	PC+CA+CE+SC+VM	1,80g	6,08g
T18	PC+CA+VM	1,58h	6,35e
T19	PC+CE+VM	2,08e	6,29e
T20	PC+CA+CE+VM	1,93f	6,17f
CV		4,06	0,56

T1= Palha de Café compostada (PC), T2= Capim Elefante compostado (CE), T3= Cana-de-açúcar compostada (CN), T4= Substrato Comercial Vida Verde® (SC), T5= Vermiculita (VM), as combinações destes: T6= PC+CE (1:1), T7= PC+CA (1:1), T8= PC+SC (1:1), T9= PC+VM (1:1), T10= CE+CA (1:1), T11= CE+SC (1:1), T12= CE+VM (1:1), T13= CA+SC (1:1), T14= CA+VM (1:1), T15= PC+CA+CE (1:1:1), T16= PC+CA+CE+SC (1:1:1:1), T17= PC+CA+CE+SC+VM (1:1:1:1:1), T18= PC+CA+VM (1:1:1), T19= PC+CE+VM (1:1:1), T20= PC+CE+CA+VM (1:1:1:1)CV: Coeficiente de variação. Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

A condutividade elétrica é uma variável utilizada para a caracterização química de substratos orgânicos por indicar a concentração de sais ionizados na solução (SCHAFER et al., 2015). Esta salinidade pode representar uma das maiores limitações à nutrição das plantas podendo limitar a absorção de nutrientes do meio. A resposta das plantas a essas condições de CE podem variar com o material genético, idade da planta, condições ambientais e práticas de cultivo (SCHAFER et al., 2008).

Valores de CE entre 0,36 e 0,65 mS cm⁻¹ são considerados normais para substratos (CAVINS et al., 2000). No entanto, Corrêa et al. (2006) sugerem condutividade elétrica de 1mS cm⁻¹ como apropriada para a produção de mudas de *Coffea arabica*. Apenas os tratamentos T4, T12, T13 e T14 apresentaram médias próximas às recomendadas pelos autores.

O pH dos substratos estudados variou de 5,49 a 6,90 (Tabela 4). Como a faixa recomendada varia entre 5 e 6,5 (CAVINS et al., 2000), considera-se que a maioria dos tratamentos proporcionaram condições adequadas de pH, com exceção dos tratamentos T1 (Palha de café), T5 (vermiculita) e T10 (Palha de café + vermiculita). Apenas T3 (Cana-de-açúcar) apresentou pH dentro da faixa ótima entre 5,2 e 5,5 segundo Kampf (2005).

Os resultados indicam que a palha de café e a vermiculita, bem como a mistura dos dois substratos proporcionam pH acima do ideal. No entanto, a mistura destes substratos com o substrato comercial, cana-de-açúcar ou capim elefante pode ser uma estratégia para adequação do pH do substrato. Assis et al. (2011), avaliando o uso de palha de café na produção de mudas de orquídeas, também encontraram valores elevados de pH para este material e não recomendam seu uso como substrato único. O ajuste do pH do substrato é importante, pois, o desenvolvimento radicular é favorecido em ambientes com pH entre 5,5 e 6,5 (TAIZ e ZEIGER, 2009). Valores de pH próximos à neutralidade promovem a redução na disponibilidade de micronutrientes essenciais ao desenvolvimento das plantas (LUDWIG et al., 2014).

A densidade úmida (DU) variou de 155 à 409 kg.m⁻³, a densidade seca (DS) de 148 à 365 kgm⁻³ e a umidade atual (UA) variou de 2,51 a 11,38 % (Tabela 5). Destes três atributos, a densidade seca é mais utilizada para determinação da densidade em substratos, pois não sofre influência da umidade presente no material no momento da análise (SCHAFER et al., 2015). O tratamento T1 (Palha de Café), T4 (Substrato Comercial) e T8 (combinação de T1 e T4) não diferiram entre si e apresentaram as maiores médias para esta variável. Já os tratamentos T3 (Cana-de-açúcar), T5 (vermiculita) e T14 (combinação de T3 e T5) tiveram os menores

valores destas características. Deste modo pode-se considerar que a densidade das misturas foi influenciada pela densidade dos materiais em sua composição.

Tabela 5 - Densidade úmida (DU), Densidade seca (DS) e Umidade atual (UA) de substratos alternativos para a produção de mudas clonais de *C. Canephora* em tubetes.

TRATAMENTO		DU kg m ⁻³	DS kg m ⁻³	UA %
T1	PC	409,40a	362,85a	11,37a
T2	CE	222,37f	202,94e	8,75c
T3	CA	152,36h	140,23g	7,94c
T4	SC	399,13a	365,48a	8,42c
T5	VM	155,53h	151,61g	2,51e
T6	PC+CE	294,42b	265,89b	9,67b
T7	PC+CA	275,71c	245,93c	10,80a
T8	PC+SC	395,81a	352,14a	11,02a
T9	PC+VM	244,72e	220,84d	9,78b
T10	CE+CA	189,96g	173,63f	8,59c
T11	CE+SC	285,36b	261,15b	8,48c
T12	CE+VM	201,06g	186,86f	7,06d
T13	CA+SC	241,68e	217,70d	9,94b
T14	CA+VM	162,35h	148,89g	8,30c
T15	PC+CA+CE	260,31d	230,97d	11,27a
T16	PC+CA+CE+SC	271,32c	243,26c	10,35b
T17	PC+CA+CE+SC+VM	255,37d	227,37d	10,99a
T18	PC+CA+VM	204,82g	181,51f	11,38a
T19	PC+CE+VM	274,24c	251,41c	8,32c
T20	PC+CA+CE+VM	211,29f	192,30e	8,99c
CV		3,32	3,59	6,75

T1= Palha de Café compostada (PC), T2= Capim Elefante compostado (CE), T3= Cana-de-açúcar compostada (CN), T4= Substrato Comercial Vida Verde® (SC), T5= Vermiculita (VM), as combinações destes: T6= PC+CE (1:1), T7= PC+CA (1:1), T8= PC+SC (1:1), T9= PC+VM (1:1), T10= CE+CA (1:1), T11= CE+SC (1:1), T12= CE+VM (1:1), T13= CA+SC (1:1), T14= CA+VM (1:1), T15= PC+CA+CE (1:1:1), T16= PC+CA+CE+SC (1:1:1:1), T17= PC+CA+CE+SC+VM (1:1:1:1:1), T18= PC+CA+VM (1:1:1), T19= PC+CE+VM (1:1:1), T20= PC+CE+CA+VM (1:1:1:1)CV: Coeficiente de variação. Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Segundo Kampf (2005), a escolha do substrato deve considerar a sua DS e o tamanho do recipiente a ser preenchido. Valores de 200 a 400 kg m⁻³ são indicados, pelo autor para

vasos de até 15 cm de altura, como é o caso dos tubetes. Os tratamentos T3, T5 e T14 estão abaixo dos valores de DS propostos.

Os tratamentos estudados apresentaram uma grande variação na porosidade total (PT), no espaço de aeração (EA) e na água remanescente (AR) (Tabela 6). Esta variação pode ser consequência dos diferentes arranjos de partículas resultante da mistura de materiais, visto que estes materiais têm formatos de partículas distintos entre si. De acordo com Ferraz et al. (2008) a composição e a forma das partículas têm influência na porosidade dos substratos.

Tabela 6 - Porosidade total (PT), o espaço de aeração (EA), a água disponível (AD), a água facilmente disponível (AFD), a água tamponante (AT) e a água remanescente (AR) de substratos alternativos para produção de mudas clonais de *Coffea canephora* em tubetes.

TRATAMENTO	PT	EA	AD	AFD	AT	AR
	----- % -----					
T1 PC	77,89d	20,12e	3,18d	1,20d	1,97a	54,58a
T2 CE	77,13d	28,97c	13,66b	12,78b	0,88c	34,48f
T3 CA	87,55a	31,10b	23,12a	21,77a	1,35b	33,32g
T4 SC	73,43e	18,91e	22,24a	19,74a	2,49a	32,27g
T5 VM	84,80b	27,61c	11,91c	9,71c	2,20a	45,27b
T6 PC+CE	78,58d	31,61b	9,90c	9,67c	0,23c	37,06e
T7 PC+CA	84,49b	30,26b	15,30b	14,88b	0,41c	38,92d
T8 PC+SC	74,08e	23,87d	14,73b	14,37b	0,35c	35,47f
T9 PC+VM	81,34c	31,25b	10,25c	9,77c	0,47c	39,83d
T10 CE+CA	86,03a	34,82a	13,95b	13,38b	0,57c	37,25e
T11 CE+SC	71,94f	26,17c	15,01b	14,44b	0,57c	30,76g
T12 CE+VM	74,89e	22,95d	12,71b	12,17b	0,53c	39,22d
T13 CA+SC	70,59f	24,36d	13,49b	11,32c	2,16a	32,72g
T14 CA+VM	62,44g	18,55e	10,56c	9,39c	1,16c	33,32g
T15 PC+CA+CE	76,76d	31,60b	3,14d	1,28d	1,85a	42,02c
T16 PC+CA+CE+SC	76,23d	33,82a	8,71c	8,52c	0,18c	33,69g
T17 PC+CA+CE+SC+VM	73,82e	27,36c	13,85b	13,29b	0,55c	32,61g
T18 PC+CA+VM	75,59d	32,58b	9,53c	9,46c	0,06c	33,47g
T19 PC+CE+VM	74,02e	28,32c	10,01c	9,49c	0,52c	35,69f
T20 PC+CA+CE+VM	73,42e	28,78c	10,33c	9,87c	0,45c	34,31f
CV	1,57	5,14	10,54	11,65	34,57	3,65

T1= Palha de Café compostada (PC), T2= Capim Elefante compostado (CE), T3= Cana-de-açúcar compostada (CN), T4= Substrato Comercial Vida Verde® (SC), T5= Vermiculita (VM), as combinações destes: T6= PC+CE (1:1), T7= PC+CA (1:1), T8= PC+SC (1:1), T9= PC+VM (1:1), T10= CE+CA (1:1), T11= CE+SC (1:1), T12= CE+VM (1:1), T13= CA+SC (1:1), T14= CA+VM (1:1), T15= PC+CA+CE (1:1:1), T16= PC+CA+CE+SC (1:1:1:1), T17= PC+CA+CE+SC+VM (1:1:1:1:1), T18= PC+CA+VM (1:1:1), T19= PC+CE+VM (1:1:1), T20=

PC+CE+CA+VM (1:1:1:1)CV: Coeficiente de variação. Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Os tratamentos T3, T5, T7, T9 e T10 atingiram os maiores valores de PT. Estes valores estão dentro da faixa ideal, de 80 a 90% segundo De Boodt e Verdonck (1972). Os demais tratamentos apresentaram médias inferiores às citadas pelo autor.

Parte da porosidade total deve ser representada por poros grandes ocupados por ar, equivalente ao teor de água drenado à 10 hPa (SCHAFER et al., 2015), que é denominado espaço de aeração – EA. De Boodt e Verdonck (1972) citaram que de 20 à 30% do total de poros presentes no substrato devem ser ocupados por ar (EA). Todos os tratamentos alcançaram valores próximos aos recomendados pelo autor com exceção do tratamento T10 que atingiu média ligeiramente superior. Para a produção de mudas clonais de *C. canephora*, a drenagem eficiente do substrato é uma característica benéfica, visto que, por se tratar de propagação vegetativa, no estágio inicial os propágulos não são capazes de absorver água do substrato e, por isso, devem ser irrigadas com maior frequência e menor intensidade para manter a umidade do ar acima de 90% evitando a desidratação dos mesmos (FONSECA et al., 2007; ESPINDULA et al., 2015a). Além disso, a manutenção de alta umidade no substrato pode comprometer a respiração das raízes ocasionando baixo desenvolvimento, o aparecimento de pragas e doenças e até senescência das mudas (DIAS et al., 2008).

Após considerado o espaço de aeração, o restante da porosidade total é representado por água disponível (AD), equivalente ao teor de água drenada em entre 10 e 100 hPa. Desta, a quantidade de água drenada entre 10 e 50 hPa equivale à água facilmente disponível (AFD) para a planta. O restante, aquela drenada a pressão de 50 à 100 hPa, equivale à água tamponante (AT) (SCHAFER et al., 2015). De Boodt e Verdonck (1972) sugeriram que de 20 à 30 % da Porosidade total seja preenchido por AFD e que valores próximos à 5% sejam preenchidos por AT. Corroborando estas sugestões, Schafer et al. (2008) sugerem que cerca 25 à 35% da PT seja ocupada por AD.

No presente estudo, apenas os tratamentos T3 e T4 apresentaram de AD e AFD dentro ou próximo da faixa recomendada pela literatura. Todos os demais tratamentos apresentaram médias de AD inferiores aos recomendados. Os tratamentos T1 e T15 apresentaram as menores médias de água disponível. Para estes substratos além do baixo armazenamento de água acessível à planta, a maior parte da AD está retida a maiores pressões (AT). Baixos valores de AD exigem um manejo preciso da irrigação, sendo recomendado o aumento do número de irrigações e a redução do volume de água aplicado (SCHAFER et al., 2015).

Para o teor de água remanescente (AR), água que permanece no substrato a tensões superiores a 100 hPa, Kämpf (2005) recomenda valores menores que 30 % da porosidade total. Todos os tratamentos tiveram médias acima deste valor, com destaque para o tratamento T1 com média de 54,58% de AR. Estes valores podem estar associados à presença de poros internos às partículas orgânicas do substrato (FERMINO, 2002).

Os tratamentos promoveram efeitos significativos em todas as variáveis biométricas avaliadas, com exceção do número de raízes (NR) (Tabela 7).

Tabela 7 - Resumo da análise de variância para os componentes vegetativos de mudas clonais de *Coffea canephora* produzidas em tubetes com diferentes substratos.

FV	BLOCOS	SUBSTRATOS	RESÍDUOS
GL	3	20	60
QUADRADOS MÉDIOS			
CC	124,7252**	47,01664**	7,68906
DC	0,76714 **	0,34591**	0,11209
VR	0,50809 ^{ns}	1,91598**	0,70029
NN	2,60334**	0,49181*	0,22837
NR	64,20926**	0,68536 ^{ns}	136.361
NF	33,66939**	16,39236**	5,93208
AF	31304.85*	34957.74**	8218.308
MSC	0,02044 ^{ns}	0,17726**	0,05012
MSR	0,11267 ^{ns}	0,31196**	0,1082
MSF	0,38590 ^{ns}	0,98129**	0,26752
MSPA	0,51694 ^{ns}	2,02305**	0,53315
MST	0,91170 ^{ns}	3,81058**	1,08313
RAD	10.80664 ^{ns}	1,75941**	0,34747
RPAR	1,22858 ^{ns}	1,44408**	0,46531
IQD	0,06337 ^{ns}	0,06677**	0,02783

*Significativo (p_{0,05}), **Significativo (p_{0,01}), ^{ns}Não significativo. CC= Comprimento do caule; DC= Diâmetro do Caule; VR=Volume de raízes; NN= Número de nós; NR= Número de raízes; NF= Número de folhas; AF= Área foliar; MSC= Massa seca do caule; MSR= Massa seca da raiz; MSF= Massa seca das folhas; MSPA= Massa seca da parte aérea; MST= Massa seca total; RAD= Relação comprimento/diâmetro do caule; RPAR= Relação Parte aérea/ raiz; IQD=Índice de qualidade de Dickson.

Todos os tratamentos promoveram maior comprimento de caule que a testemunha (solo), com exceção dos tratamentos T1, T3, T16 e T19 (Tabela 8). Os resultados de todos os tratamentos, exceto para T1, foram superiores aos valores obtidos por Berilli et al. (2014), em mudas com a mesma idade cultivadas em substrato com a matriz solo, indicando adequada condição de desenvolvimento das mudas. Valores elevados de água remanescente estão

associados à má drenagem do substrato (SCHAFER et al., 2015), o que, aliado a alta CE do tratamento T1, pode ter dificultado a drenagem dos sais, culminando no excesso de salinidade na solução.

Tabela 8 - Comprimento do Caule (CC), Diâmetro do caule (DC), Volume de Raiz (VR), Número de Nós (NN), Número de Raízes (NR) e Número de Folhas (NF) de mudas de *Coffea canephora* produzidas em tubetes com diferentes substratos.

TRATAMENTOS		CC	DC	VR	NN	NR	NF
		(cm)	mm	cm ³	----- und -----		
T1	PC	6,95d	3,28b	0,51b	3,10b	6,55a	5,15b
T2	CE	16,67b	4,01a	2,08b	4,30a	6,40a	10,15b
T3	CA	15,22c	3,67b	1,35b	3,85b	5,90a	7,65b
T4	SC	16,15b	3,73b	1,51b	3,95b	6,60a	7,65b
T5	VM	16,79b	3,88b	1,93b	4,05b	6,66a	8,53b
T6	PC+CE	16,93b	3,77b	1,59b	4,35a	6,36a	9,15b
T7	PC+CA	18,17b	4,17a	2,30a	4,24a	6,30a	14,85a
T8	PC+SC	18,05b	4,01a	2,23a	4,35a	7,11a	9,90b
T9	PC+VM	18,60b	4,23a	2,53a	4,36a	6,72a	11,15a
T10	CE+CA	17,37b	3,85b	1,68b	3,77b	6,35a	9,61b
T11	CE+SC	19,91a	4,31a	2,83a	4,51a	6,88a	11,26a
T12	CE+VM	21,60a	4,31a	2,90a	4,37a	7,34a	12,21a
T13	CA+SC	19,91a	4,13a	2,44a	4,53a	7,05a	9,83b
T14	CA+VM	21,25a	4,31a	3,25a	4,40a	6,24a	10,85a
T15	PC+CA+CE	19,64a	3,88b	1,99b	4,07b	6,70a	10,08b
T16	PC+CA+CE+SC	15,02c	3,80b	1,76b	3,78b	6,85a	8,82b
T17	PC+CA+CE+SC+VM	17,86b	4,32a	2,33a	4,21a	6,58a	11,61a
T18	PC+CA+VM	23,04a	4,43a	3,17a	4,50a	7,50a	12,15a
T19	PC+CE+VM	14,90c	4,08a	2,74a	3,91b	6,21a	9,48b
T20	PC+CA+CE+VM	19,63a	4,20a	2,72a	4,50a	7,30a	10,85a
Test.	SOLO	13,25c	3,62b	1,24b	3,88b	6,93a	8,37b
CV		15,87	8,36	38,91	11,53	17,44	24,43

T1= Palha de Café compostada (PC), T2= Capim Elefante compostado (CE), T3= Cana-de-açúcar compostada (CN), T4= Substrato Comercial Vida Verde® (SC), T5= Vermiculita (VM), as combinações destes: T6= PC+CE (1:1), T7= PC+CA (1:1), T8= PC+SC (1:1), T9= PC+VM (1:1), T10= CE+CA (1:1), T11= CE+SC (1:1), T12= CE+VM (1:1), T13= CA+SC (1:1), T14= CA+VM (1:1), T15= PC+CA+CE (1:1:1), T16= PC+CA+CE+SC (1:1:1:1), T17= PC+CA+CE+SC+VM (1:1:1:1:1), T18= PC+CA+VM (1:1:1), T19= PC+CE+VM (1:1:1), T20= PC+CE+CA+VM (1:1:1:1)CV: Coeficiente de variação. Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Os tratamentos que apresentaram maior CC foram T11, T12, T13, T14, T15, T18, T20 com médias entre 19,63 e 23,03 cm. Estes resultados são semelhantes aos melhores valores obtidos por Covre et al. (2013) em mudas *C. canephora* ‘Vitória Incaper 8142’, produzidas em solo. No entanto, estes autores obtiveram esses valores aos 210 dias após o estaqueamento, 90 dias a mais que no presente estudo, fato que pode implicar em maior consumo de insumos e mão de obra, resultando em elevação dos custos de produção.

O CC apresentou correlação inversa com a condutividade elétrica (CE) e a densidade do substrato (Tabela 9). Os resultados corroboram os relatados por Figueiredo et al. (2010) e Temoteo et al. (2015) para as espécies *Coffea arábica* e *C. canephora*, respectivamente. Esses autores observaram redução no desenvolvimento das plantas com o aumento da CE. De acordo com Silva et al. (2012), a elevação da CE exige da planta resulta em maior consumo de energia na absorção de água pelas raízes, devido a redução do potencial osmótico da solução, causando estresse hídrico mesmo com água suficiente no solo. Isso pode justificar o baixo desempenho do tratamento T1 para variável CC, o qual apresentou a maior CE e a maior densidade. Além disso, a baixa disponibilidade de água (AD) e a elevada retenção desta á tensões superiores a 100hPa (AR), apresentado pelo tratamento T1, dificultaram a drenagem dos sais e a absorção de água e nutrientes pelas raízes, favorecendo o resultado.

Tabela 9 - Correlação simples entre as variáveis de biometria e condutividade elétrica.

VA\VA	CC	DC	VR	NN	NR	NF	MSC	MSR	MSF	MSPA	MST	IQD	RPAR	RAD	AF	CE
CC	1	0,85	0,84	0,88	0,48	0,76	0,93	0,88	0,93	0,93	0,93	0,86	-0,76	0,96	0,94	-0,47
DC	**	1	0,95	0,84	0,43	0,86	0,91	0,94	0,96	0,95	0,96	0,97	-0,70	0,69	0,95	-0,40
VR	**	**	1	0,80	0,43	0,76	0,89	0,94	0,94	0,93	0,94	0,96	-0,73	0,70	0,91	-0,43
NN	**	**	**	1	0,45	0,72	0,80	0,78	0,85	0,82	0,83	0,79	-0,66	0,83	0,86	-0,39
NR	*	ns	ns	*	1	0,28	0,53	0,45	0,51	0,52	0,50	0,42	-0,25	0,40	0,48	-0,27
NF	**	**	**	**	ns	1	0,82	0,77	0,81	0,82	0,82	0,81	-0,53	0,64	0,85	-0,07
MSC	**	**	**	**	*	**	1	0,92	0,96	0,98	0,97	0,92	-0,63	0,82	0,94	-0,38
MSR	**	**	**	**	*	**	**	1	0,96	0,96	0,98	0,99	-0,79	0,74	0,92	-0,50
MSF	**	**	**	**	*	**	**	**	1	0,99	0,99	0,97	-0,71	0,81	0,98	-0,44
MSPA	**	**	**	**	*	**	**	**	**	1	0,99	0,96	-0,69	0,81	0,97	-0,43
MST	**	**	**	**	*	**	**	**	**	**	1	0,98	-0,72	0,80	0,97	-0,45
IQD	**	**	**	**	ns	**	**	**	**	**	**	1	-0,78	0,71	0,93	-0,47
RPAR	**	**	**	**	ns	*	**	**	**	**	**	**	1	-0,74	-0,71	0,71
RAD	**	**	**	**	ns	**	**	**	**	**	**	**	**	1	0,83	-0,46
AF	**	**	**	**	*	**	**	**	**	**	**	**	**	**	1	-0,39
CE	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	*	*	**	*	ns	1

*Significativo (p_0,05), **Significativo (p_0,01), ^{ns}Não significativo. CC= Comprimento do caule; DC= Diâmetro do Caule; VR=Volume de raízes; NN= Número de nós; NR= Número de raízes; NF= Número de folhas; AF= Área foliar; MSC= Massa seca do caule; MSR= Massa seca da raiz; MSF= Massa seca das folhas; MSPA= Massa seca da parte aérea; MST= Massa seca total; IQD= Índice de qualidade de Dickson; RPAR= Relação Parte aérea/ raiz; RAD= Relação comprimento/diâmetro do caule; Área foliar (AF); Condutividade elétrica (CE).

OCC apresentou ainda, correlação positiva com o diâmetro do caule (DC) e o Número de nós (NN), ou seja, as plantas mais altas tenderam a ter caules de maior diâmetro e maior número de nós. Isso indica que o maior comprimento do caule não é resultado de estiolamento das mudas. Para DC destacaram-se os tratamentos T2, T7, T8, T9, T11, T12, T13, T14, T17, T18, T19 e T20 com médias entre 4,0 e 4,43 mm e superiores a testemunha, solo (Tabela 8). Estes resultados são superiores ao maior diâmetro de caules de mudas de *C. canephora* obtido Covre et al. (2013) e por Silva et al. (2010).

O número de raízes principais (NR) emitidas pelas estacas não foi influenciado pelos tratamentos, porém houve variação significativa para o volume de raízes (VR) tendo os tratamentos T7, T8, T9, T11, T12, T13, T14, T17, T18, T19, T20 apresentado médias superiores, enquanto os demais tratamentos não diferiram da testemunha (Tabela 8).

Os valores de massa seca do caule (MSC), da raiz (MSR), das folhas (MSF), da parte aérea (MSPA) e de Massa seca total (MST) foram agrupados pelo teste de Scott-Knott em dois conjuntos de médias para cada variável. As menores médias foram semelhantes à testemunha e as maiores superiores a esta (Tabela 10).

Os tratamentos T1, T2, T3, T4, T5, T6, T10, T15, T16 foram semelhantes à testemunha para as variáveis de MSC, MSR, MSF, MSPA e MST, com valores próximos aos encontrados por Berilli et al. (2014) para as variáveis MSR, MSPA, MST em mudas de *C. canephora* aos 130 dias após o estaqueamento em solo. Para área foliar (AF), o tratamento T1 foi inferior à testemunha. Assim como a variável CC, a área foliar do T1 pode ter sido influenciada pelas condições de elevada condutividade elétrica, densidade e retenção de água apresentada por este substrato. Por outro lado, os tratamentos T7, T9, T11, T12, T13, T14, T17, T18 foram superiores à testemunha para todas as variáveis referentes à massa seca e AF com médias semelhantes às obtidas por Covre et al. (2013) para MSC, MSR, MSF e AF em plantas de *C. canephora* 'Vitória Incaper 8142' aos 210 dias após o estaqueamento. Os resultados reforçam a indicação de que os substratos estudados apresentam condições adequadas para o desenvolvimento de mudas clonais de *C. canephora*.

Tabela 10 - Massa seca do caule (MSC), Massa seca da raiz (MSR), Massa seca das folhas (MSF), Massa seca da parte aérea (MSPA), Massa seca total (MST) e Área foliar (AF) de mudas de *Coffea canephora* produzidas em tubetes com diferentes substratos.

TRATAMENTOS	MSC	MSR	MSF	MSPA	MST	AF
-------------	-----	-----	-----	------	-----	----

		g					cm ²
T1	PC	0,17b	0,09b	0,37b	0,52b	0,62b	81,62c
T2	CE	0,61b	0,59b	1,53b	2,05b	2,74b	337,82a
T3	CA	0,53b	0,48b	1,20b	1,73b	2,21b	258,72b
T4	SC	0,51b	0,60b	1,25b	1,70b	2,30b	276,20b
T5	VM	0,54b	0,69b	1,43b	1,98b	2,67b	303,70b
T6	PC+CE	0,55b	0,46b	1,18b	1,63b	2,20b	267,09b
T7	PC+CA	0,78a	0,85a	1,80a	2,58a	3,44a	400,59a
T8	PC+SC	0,69a	0,69b	1,75a	2,45a	3,15a	370,27a
T9	PC+VM	0,75a	0,78a	1,88a	2,63a	3,41a	386,96a
T10	CE+CA	0,65b	0,58b	1,57b	2,23b	2,81b	350,69a
T11	CE+SC	0,86a	0,92a	2,12a	2,99a	3,91a	466,86a
T12	CE+VM	1,06a	1,12a	2,24a	3,31a	4,43a	425,02a
T13	CA+SC	0,74a	0,86a	1,85a	2,60a	3,47a	385,88a
T14	CA+VM	0,92a	1,22a	2,26a	3,19a	4,42a	429,17a
T15	PC+CA+CE	0,62b	0,68b	1,54b	2,17b	2,85b	360,07a
T16	PC+CA+CE+SC	0,58b	0,53b	1,22b	1,74b	2,27b	272,81b
T17	PC+CA+CE+SC+VM	0,71a	0,98a	1,91a	2,62a	3,61a	402,26a
T18	PC+CA+VM	1,08a	1,15a	2,50a	3,59a	4,74a	503,54a
T19	PC+CE+VM	0,55b	0,76a	1,47b	2,03b	2,79b	315,88b
T20	PC+CA+CE+VM	0,79a	1,03a	2,13a	2,85a	3,88a	426,98a
Test,	SOLO	0,41b	0,39b	1,11b	1,52b	1,91b	252,79b
CV		33,12	44,45	31,54	31,81	34,18	26,17

T1= Palha de Café compostada (PC), T2= Capim Elefante compostado (CE), T3= Cana-de-açúcar compostada (CN), T4= Substrato Comercial Vida Verde® (SC), T5= Vermiculita (VM), as combinações destes: T6= PC+CE (1:1), T7= PC+CA (1:1), T8= PC+SC (1:1), T9= PC+VM (1:1), T10= CE+CA (1:1), T11= CE+SC (1:1), T12= CE+VM (1:1), T13= CA+SC (1:1), T14= CA+VM (1:1), T15= PC+CA+CE (1:1:1), T16= PC+CA+CE+SC (1:1:1:1), T17= PC+CA+CE+SC+VM (1:1:1:1:1), T18= PC+CA+VM (1:1:1), T19= PC+CE+VM (1:1:1), T20= PC+CE+CA+VM (1:1:1:1) CV: Coeficiente de variação. Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

As médias da relação entre comprimento e diâmetro do caule (RCD) e relação entre a parte aérea e raiz (RPAR) foram agrupadas pelo teste de Scott-Knott em três grupos de médias e o índice de qualidade de Dickson (IQD) em dois grupos (Tabela 11).

Tabela 11 - Relação Comprimento/diâmetro do caule (RCD), relação parte aérea/raiz (RPAR) e índice de qualidade de Dickson (IQD) de mudas de *Coffea canephora* produzidas em tubetes com diferentes substratos.

TRATAMENTOS	RCD	RPAR	IQD
-------------	-----	------	-----

T1	PC	2,09c	5,40a	0,08b
T2	CE	4,17b	3,79b	0,34b
T3	CA	4,09b	3,72b	0,27b
T4	SC	4,30b	2,98c	0,31b
T5	VM	4,30b	3,01c	0,36b
T6	PC+CE	4,52a	3,95b	0,26b
T7	PC+CA	4,38b	3,41c	0,47a
T8	PC+SC	4,51a	3,59c	0,39b
T9	PC+VM	4,42b	3,42c	0,45a
T10	CE+CA	4,51a	3,81b	0,33b
T11	CE+SC	4,60a	3,26c	0,50a
T12	CE+VM	5,02a	3,08c	0,56a
T13	CA+SC	4,88a	3,03c	0,44a
T14	CA+VM	4,95a	2,64c	0,61a
T15	PC+CA+CE	5,03a	3,18c	0,35b
T16	PC+CA+CE+SC	3,97b	3,30c	0,31b
T17	PC+CA+CE+SC+VM	4,08b	3,01c	0,51a
T18	PC+CA+VM	5,21a	3,33c	0,57a
T19	PC+CE+VM	3,69b	3,20c	0,43a
T20	PC+CA+CE+VM	4,67a	2,82c	0,52a
Test.	SOLO	3,73b	4,27b	0,25b
CV		13,57	19,82	41,51

T1= Palha de Café compostada (PC), T2= Capim Elefante compostado (CE), T3= Cana-de-açúcar compostada (CN), T4= Substrato Comercial Vida Verde® (SC), T5= Vermiculita (VM), as combinações destes: T6= PC+CE (1:1), T7= PC+CA (1:1), T8= PC+SC (1:1), T9= PC+VM (1:1), T10= CE+CA (1:1), T11= CE+SC (1:1), T12= CE+VM (1:1), T13= CA+SC (1:1), T14= CA+VM (1:1), T15= PC+CA+CE (1:1:1), T16= PC+CA+CE+SC (1:1:1:1), T17= PC+CA+CE+SC+VM (1:1:1:1:1), T18= PC+CA+VM (1:1:1), T19= PC+CE+VM (1:1:1), T20= PC+CE+CA+VM (1:1:1:1) CV: Coeficiente de variação. Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Para RCD, o tratamento T1 apresentou a menor média, inferior à testemunha, resultado que está associado ao menor CC observado para este tratamento. Já os tratamentos T2, T3, T4, T5, T7, T9, T16, T17 e T19 formam o grupo com médias intermediárias e semelhantes à testemunha. Os tratamentos T6, T8, T10, T11, T12, T13, T14, T15, T18 e T20 compõem o grupo com médias superiores às da testemunha (Tabela 10).

Para RPAR, o tratamento T1 se destacou dos demais, com a maior média (5,4) para este índice, indicando desenvolvimento incipiente do sistema radicular em relação à parte aérea. O baixo desenvolvimento das raízes no T1 pode estar associado aos efeitos da elevada

condutividade elétrica, da retenção de grande parte da água a tensões superiores à 100 hPa (AR) e a sua densidade elevada. De acordo com Kampf et al. (2006) substratos com densidade elevada imprimem resistência ao desenvolvimento das raízes. O pleno desenvolvimento radicular é necessário para suprir a demanda nutricional da muda e proporcionar sua estabilidade em condições de campo (HENRIQUE et al., 2011; DARDENGO et al., 2013). Os tratamentos T2, T3, T6 e T10 foram semelhantes à testemunha com valores intermediários e os tratamentos T4, T5, T7, T8, T9, T11, T12, T13, T14, T15, T16, T17, T18, T19 e T20 foram superiores à testemunha obtendo as maiores médias para esta variável.

Para o IQD os tratamentos T1, T2, T3, T4, T5, T6, T8, T10, T15 e T16 foram semelhantes à testemunha com valores entre 0,08 e 0,39. Este valores são próximos aos obtidos por Espindula et al. (2015b) utilizando misturas de substratos comerciais em diferentes volumes de tubete. Já os tratamentos T7, T9, T11, T12, T13, T14, T17, T18 e T20 foram superiores à testemunha com médias entre 0,45 e 0,6.

Marana et al. (2008) citaram os valores médios para as variáveis RCD, de 3,5 a4; RPAR, de 4 a 7; e IQD, maior que 0,2 obtidos em mudas semíníferas de *C. arabica* formadas em tubete de 120 cm³, sendo estes utilizados para comparação com índices obtidos para *C. canephora* (DARDENGO et al., 2013; PEREIRA et al., 2013), por não haver na literatura relatos de padrões específicos para mudas de *C. canephora* oriundas de estaca e produzidas em tubetes de 280 cm³.

Os valores de RCD, com exceção do T1, são superiores aos citados por Marana et al. (2008), sugerindo a possibilidade das plantas estarem estioladas, porém o CC apresentou correlação positiva com todas as variáveis biométricas indicando um desenvolvimento proporcional entre elas.

Os valores de RPAR estão abaixo dos valores citados por Marana et al. (2008), com exceção do T1, o que indicaria uma formação deficiente na parte aérea das mudas em relação as suas raízes. Contudo, baseando-se no bom desenvolvimento do CC e da MSPA pode inferir que estes valores de RPAR podem ser justificados pelo maior volume do tubete, com maior área para exploração das raízes e conseqüente maior crescimento das raízes, implicando em uma maior proximidade entre os valores de MSPA e MSR. O maior espaço e o volume de substrato propiciam o desenvolvimento do sistema radicular refletindo em melhor acesso da raiz a umidade, minimizando o estresse por falta de água possibilitando a manutenção das necessidades da parte aérea da planta (STAPE et al., 2010).

Segundo Gomes et al. (2013), o IQD é um importante indicador de qualidade, por incorporar no cálculo a RCA, que avalia a robustez da muda e a RPAR, que avalia a

distribuição da massa seca na planta. O autor cita ainda que este índice varia de acordo com a espécie, idade da muda, manejo no viveiro, tipo de substrato e recipiente utilizado. Deste modo sugere-se que para mudas clonais de *C. canephora* produzidas em tubetes de 280 cm³ os valores de RCD devem variar de 4,5 a 5,2; os valores de RPAR devem variar de 2,6 a 3,3 e valores de IQD entre 0,5 e 0,6.

Com base nos dados apresentados, destacaram-se os substratos T11, T12, T14, T18 e T20, se sobrepondo aos demais e a testemunha para todas as variáveis testadas e podendo estes ser indicados para a produção de mudas clonais de *C. canephora* nas condições observadas neste trabalho. Os demais substratos, com exceção do tratamento T1, apresentaram bons índices de desenvolvimento quando comparados com trabalhos semelhantes, o que os torna uma opção no momento da escolha do substrato para produzir mudas clonais de *C. canephora*.

O substrato T1 (palha de café) apresentou valores inferiores de CC, AF, RCD e RPAR o que resulta em muda de menor qualidade, porém, a palha de café pode ser usada como mistura nas combinações de substrato, reduzindo os custos de produção e a dependência de insumos externos.

6. CONCLUSÕES

Os melhores atributos biométricos de mudas de *Coffea canephora* são obtidos para os intervalos de CE (1 a 1,9 mS cm⁻¹); pH (5,6 a 6,3); DU (162 a 285 kg m⁻³); DS (148 a 261 kgm⁻³); PT (62,4 a 75,5%); EA (18 a 32,5%); AD (9,5 a 15%); AFD (9,4 a 14,4%); AT (0,06 a 1,16%); AR (30,7 a 34,3%).

Mudas clonais de *C. canephora* são tolerantes a variações nos parâmetros físicos e químicos do substrato e são sensíveis aos elevados valores de condutividade elétrica, potencial hidrogeniônico, densidade e água remanescente.

Todos os tratamentos testados, exceto palha de café, podem ser empregados na produção de mudas de *C. canephora* em tubetes.

A palha de café não é recomendada como substrato único para a produção de mudas de café.

As combinações capim elefante + substrato comercial, capim elefante + vermiculita, cana-de-açúcar +vermiculita, palha de café + cana-de-açúcar + vermiculita e palha de café + cana-de-açúcar + capim elefante + vermiculita proporcionam desempenho vegetativo superior em mudas de *C. canephora* propagadas por estaca, comparado ao substrato padrão (solo).

Para mudas de *Coffea canephora* os índices de qualidade devem variar de 4,5 a 5,2 para relação comprimento/diâmetro do caule, de 2,6 a 3,3 para relação parte aérea/raiz e entre 0,5 e 0,6 para o índice de qualidade de Dickson.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, J. P. N.; BARROS, G. L.; SILVA, G. B. P.; PROCOPIO, I. J. S.; MENDONÇA, V. Substratos alternativos na produção de mudas de maracujazeiro amarelo em bandeja. **Revista Verde**. Mossoró. v. 6, n. 1, p. 188 – 195, jan./ mar. 2011.
- AMBRÓSIO, M. M. Q.; BUENO, C. J.; PADOVANI, C. R.; SOUZA, N. L. Sobrevivência de fungos fitopatogênicos habitantes do solo, em microcosmo, simulando solarização com prévia incorporação de materiais orgânicos. **SummaPhytopathology**, Botucatu, v. 35, n. 1, p. 20 – 25, 2009.
- ANDRADE NETO, A.; MENDES, A. N. G.; GUIMARÃES, P. T. G. Avaliação de substratos alternativos e tipos de adubação para a produção de mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) em tubetes. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 23, n. 2, p. 270 - 280, abr./jun. 1999.
- AQUINO, L. P.; BAZONI, P. A.; COSTA, K. V. S.; TEIXEIRA, R. G. P.; BALBINO, T. J.; MIRANDA, I. A. A. M.; DIAS, J. R. M. Substratos Orgânicos e Técnicas de Corte no Preparo de Estacas para Produção de Mudas de *Coffea canephora*. In: CONGRESSO NACIONAL FERTIBIO FERTBIO, Maceió, **Anais...Maceió**, SBCS, v. Único. 2012.
- ASSIS, A. M.; UNEMOTO, L. K.; YAMAMOTO, L. Y.; LONE, A. B.; SOUZA, G. R. B.; FARIA, R. T.; ROBERTO, S. R.; TAKAHASHI, L. S. A. Cultivo de orquídea em substratos à base de casca de café. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 3, p.544 – 549, 2011.
- AZEVEDO, V. P.; TEIXEIRA, M. A.; SILVA, F. C. Análise do uso de capim elefante em cerâmica vermelha de Três Rios/RJ. **Cerâmica Industrial**, v. 20, n. 2, p. 30 – 37, mar./abr. 2015.
- BARROSO, C. M.; FRANKE, L. B.; BARROS, I. B. I. Substrato e luz na germinação das sementes de rainha-do-abismo. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 2, p. 236 – 240, abr./ jun. 2010.
- BERILLI, S. S. BERILLI, A. P. C. G.; CARVALHO, A. J. C.; FREITAS, S. J.; CUNHA, M.; FONTE, P. S. F. Níveis de cromo em mudas de Café Conilon desenvolvidas em substrato com lodo de curtume como adubação alternativa. **Coffee Science**, Lavras, v. 10, n. 3, p. 320 – 328, jul./set. 2015.
- BERILLI, S. S.; QUIUQUI, J. P. C.; REMBINSKI, J.; SALLA, P. H. H.; BERILLI, A. P. C. G.; LOUZADA, J. M. Utilização de lodo de curtume como substrato para produção de mudas de café Conilon. **Coffee Science**, Lavras, v. 9, n. 4, p. 472 – 479, out./dez. 2014.
- BERNARDI, E.; DONINI, L. P.; MINOTTO, E.; NASCIMENTO, J. S. Cultivo e características nutricionais de *Pleurotus* em substrato pasteurizado. **Bragantia**, Campinas, v. 68, n. 4, p. 901 – 907, 2009.
- BLANK, A. F.; ARRIGONI-BLANK, M. F.; MOREIRA, M. A.; AMANCIO, V. F. Produção de mudas de capim-limão em diferentes recipientes e substratos. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 27, n. 4, out.- dez. 2009.

- BRAUN, H.; ZONTA, J. H.; LIMA, J. S. S.; REIS, E. F. Produção de mudas de café ‘conilon’ propagadas vegetativamente em diferentes níveis de sombreamento. **IDESIA**, Arica, v. 25, n. 3, p. 85-9185, set./dez., 2007.
- BRAUN, H.; ZONTA, J. H.; LIMA, J. S. S.; REIS, E. F.; SILVA, D. P. Desenvolvimento inicial do café Conilon (*Coffea canephora* Pierre) em solos de diferentes texturas com mudas produzidas em diferentes substratos. **IDESIA**, Arica, v. 27, n. 3, p. 35 – 40, 2009.
- BRITO, L. M.; AMARO, A. L.; MOURÃO, I.; COUTINHO, J. Transformação da matéria orgânica e do nitrogênio durante a compostagem da fração sólida do chorume bovino. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 1959 - 1968, 2008.
- CABRAL, M. B. G.; SANTOS, G. A.; SANCHEZ, B. S.; LIMA, W. L.; RODRIGUES, W. N. Avaliação de substratos alternativos para produção de mudas de alface utilizados no sul do estado do Espírito Santo. **Revista Verde**, Mossoró, v. 5, n. 1, p. 43 – 48, jan./mar, 2011.
- CALDEIRA, M. V. W.; DELARMELINA, W. M.; FARIA, J. C. T. JUVANHOL, R. S. Substratos alternativos na produção de mudas de *Chamaecrista desvauxi*. **Revista Árvore**, Viçosa, v.37, n. 1, p. 31 – 39, 2013.
- CARVALHO, G. G. P; GARCIA, R.; PIRES, A. J. V.; AZEVEDO, J. A. G.; FERNANDES, F. E. P.; PEREIRA, O, G. Valor nutritivo e características fermentativas de silagens de capim-elefante com adição de casca de café. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.36, n.6, p.1875 – 1881, 2007.
- CARVALHO, M. C.; JESUS, A. M.; CARVALHO, S. P.; GOMES, C. N.; SOARES, A. M. Comportamento em condições de campo de cafeeiros (*Coffea arabica* L.) propagados vegetativamente e por semeadura. **Coffee Science**, Lavras, v. 3, n. 2, p. 108-114, jul./dez, 2008.
- CAVINS, T. J.; WHIPKER, B. E.; FONTENO, W. C.; HARDEN, B.; MCCALL, I.; GIBSON, J. L. Monitoring and managing pH and EC using the PourThru Extraction Method. **Horticulture Information Leaflet 590, New 7/2000**. Raleigh: North Caroline State University, p. 17, 2000.
- CHARÃO, P. S.; OLIVO, C. J.; MEINERZ, G.; PEREIRA, E. T.; SCARAVELLI, L. F. B.; ZIECH, M. F.; BOTH, J. F.; DULLIUS, A. P. Valor nutritivo de pastagens de capim-elefante manejadas sob sistema convencional e agroecológico. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 4, p.1092 – 1098, jul, 2008.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de café– Safra 2015** Quarto levantamento, Brasília, v. 2, n. 4, , p. 1-60, dez., 2015.
- CORRÊA, J. C.; BÜLL, L. T.; MAUAD, M.; TECCHIO, M. A.; CRUSCIOL, C. A. C. Caracterização química em substratos de resíduos industriais e urbanos para a obtenção de mudas de café. **Científica**, Jaboticabal, v.34, n.2, p., 2006.
- CÓSER, A. C.; MARTINS, C. E.; DERESZ, F.; FREITAS, A. F.; PACIULLO, D. S. C.; ALENCAR, C. A. B.; VÍTOR, C. M. T. Produção de forragem e valor nutritivo do capim-elefante, irrigado durante a época seca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.43, n.11, p.1625-1631, nov. 2008.

- COVRE, A. M.; PARTELLI, F. L.; MAURI, A. L.; DIAS, M. A. Crescimento e desenvolvimento inicial de genótipos de café Conilon. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 7, n. 2, p. 193 – 202, 2013.
- CRUZ, R. S.; SANTOS, A. C.; CASTRO, J. G. D.; ALEXANDRINO, E.; CARAÇA, D. C.; DINIZ, J. P. Produtividade do Capim-Cameroon estabelecida em duas classes de solos e submetido a doses crescentes de nitrogênio no norte tocaninense. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**. Maringá, v. 32, n. 4, p. 393 – 399, 2010.
- DARDENGO, M. C. J. D.; SOUSA, E. F.; REIS, E. F.; GRAVINA, G. A. Crescimento e qualidade de mudas de Café Conilon produzidas em diferentes recipientes e níveis de sombreamento. **Coffee Science**, Lavras, v. 8, n. 4, p. 500 – 509 out./dez. 2013.
- DE BOODT, M.; VERDONCK, O. The physical properties of the substrates in horticulture. **Acta Horticulturae**, Wageningen, v.26, p.37-44, 1972.
- DECHEN, A.R.; NACHTIGALL G.R. Elementos requeridos à nutrição de plantas. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. **Fertilidade do solo**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007.
- DIAS, J. R. M.; SILVA, E. D.; GONÇALVES, G. S.; SILVA, J. F.; SOUZA, E. F. M.; FERREIRA, E.; STACHIW, R. Enraizamento de estacas de cafeeiro imersas em extrato aquoso de tiririca. **Coffee Science**, Lavras, v. 7, n. 3, p. 259 – 266, set./dez., 2012.
- DIAS, M. A.; LOPES, J. C.; CORRÊA, N. B.; DIAS, D. C. F. S. Germinação de sementes e desenvolvimento de plantas de pimenta malagueta em função do substrato e da lâmina de água. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 30, n. 3, p. 115-121, 2008.
- DICKSON, A. LEAF, A.L.; HOSNER, J.F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **Forest Chronicle**, v. 36, p. 10 – 13, 1960.
- DONG, L. Q.; ZHANG, K. Q. Microbial control of plant-parasitic nematodes: a five-party interaction. **Plant and Soil**, v. 288, n. 1, p. 31-45, mai., 2006.
- EPSTEIN, E.; BLOOM, A. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. 2. ed. Londrina: Ed Planta,. 2006, 403p.
- ESPINDULA, M. C.; JARACESKI, R.; TEIXEIRA, A. L.; CAMPANHARO, M.; DIAS, J. R. M. Volume de tubetes para produção de mudas clonais de *Coffea canephora* ‘Conilon – BRS Ouro Preto’. In: IX Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil, **Anais...**, Curitiba, CONSÓRCIO PESQUISA CAFÉ, 2015b.
- ESPINDULA, M. C.; MAURI, A. L.; RAMALHO, A. R.; DIAS, J. R. M.; FERREIRA, M. G. R.; SANTOS, M. R. A.; MARCOLAN, A. L. Produção de mudas. In: MARCOLAN, A.; ESPINDULA, M. C. **Café na Amazônia**. Brasília: Embrapa, p. 129 - 154, 2015a.
- ETHURL, L. Z.; BLUME, E.; MUNIZ, M. F. B.; FLORES, M. G. V. Seleção de antagonistas fúngicos a *Fusarium solani* e *Fusarium oxysporum* em substrato comercial para mudas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 6, p. 1794 – 1797, nov./dez., 2007.
- FAGERIA, N. K. Resposta de arroz de terras altas à correção de acidez em solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 11, p. 2303 – 2307, nov., 2000.

- FERMINO, M. H. **Métodos de análise para caracterização química de substrato**. 2002. 81 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2002.
- FERNANDES, A. L. T.; SANTINATO, F.; FERREIRA, R. T.; SANTINATO, R. Redução da adubação mineral do cafeeiro arábica com a utilização de palha de café. **Coffee Science**, Lavras, v. 8, n. 3, p. 324 – 336, jul./set. 2013.
- FERNANDES, C.; CORÁ, J. E.; BRAZ, L. T. Desempenho de substratos no cultivo do tomateiro do grupo cereja. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 24, n. 1, p. 42-46, 2006a.
- FERNANDES, C.; CORÁ, J. E.; BRAZ, L. T. Alterações nas propriedades físicas de substratos para cultivo de tomate cereja, em função de sua reutilização. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 24, n. 1, p. 94 -98, jan./mar. 2006b.
- FERNANDES, M. S. (Ed.). **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006, 342p.
- FERRAZ, L. C. L.; NASSER, L. C. B.; CAFÉ-FILHO, A. C. Viabilidade de escleródios de *Sclerotinia sclerotiorum* e incidência de fungos antagonistas em solo de Cerrado. **SummaPhytopathologica**, v. 37, n. 4, p. 208 -210, 2011.
- FERRAZ, M. V.; CENTURION, J. F.; BEUTLER, A. N. Caracterização física e química de alguns substratos comerciais. **Acta Scientiarum Agronomy**. Maringá, v. 27, n. 2, p. 209-214, abri/jun., 2005.
- FERREIRA, O. G. L.; ROSSI, F. D.; ANDRIGHETTO, C. DDA: Determinador Digital de Áreas – Software para determinação de área foliar, índice de área foliar e área de olho de lombo. Versão 1.2. Santo Augusto: IF Farroupilha. 2008.
- FIGUEIRA, A. F.; BERBARA, R. L. L.; PIMENTEL, J. P. Estrutura da população de nematoides do solo em uma unidade de produção agroecológica no Estado do Rio de Janeiro, Brasil. **Acta Scientiarum Agronomy**. Maringá, v. 33, n. 2, p. 223 -229, 2011.
- FIGUEIREDO, V. B.; FARIA, M. A.; SILVA, E. L. Crescimento inicial do cafeeiro irrigado com água salina e salinização do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v. 10, n. 1, p. 50 -57, 2006.
- FLORES, R. A.; URQUIAGA, S. S.; ALVES, B. J. R.; COLLIER, L. S.; MORAIS, R. F.; PRADO, R. M. Adubação nitrogenada e idade de corte na produção de matéria seca do capim-elefante no Cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 12, p. 1282 – 1288, 2012.
- FONSECA, A. F. A.; FERRÃO, R. G.; FERRÃO, M. A. G.; VERDIN FILHO, A. C.; VOLPI, P. S.; BITTENCOURT, M. L. C. Jardins clonais, produção de sementes e mudas. In: FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A.; BRAGANÇA, S. M.; FERRÃO, M. A. G.; MUNER, L. H. **Café Conilon**. Vitória: Incaper, 2007.p. 229 – 255.
- FRAVET, P. R. F.; SOARES, R. A. B.; LANA, R. M. Q.; LANA, A. M. Q.; KORNDORFER, G. H. Efeito de doses de torta de filtro e modo de aplicação sobre a produtividade e qualidade tecnológica da soqueira de cana-de-açúcar. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 3, p. 618 -624, mai./jun., 2010.

- GAMA, E. V. G.; GARRIDO, M. S.; SILVA, F.; SOARES, A. C. F.; MARQUES, C. T. S. Produção de biomassa de erva-cidreira [*Lippia alba* (Mill.) N.E.Br.] sob adubação com composto de capim elefante inoculado e sem inoculação de actinomicetos. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v. 14, n. esp., p.163 – 168, 2012.
- GOMES, D. R.; CALDEIRA, M. V. W.; DELARMELINA, W. M.; GONÇALVES, E. O.; TRAZZI, P. A. Lodo de esgoto como substrato para a produção de mudas de *Tectona grandis* L. **Cerne**, v. 19, n. 1, p. 123 - 131, jan./mar., 2013.
- GOMES, L. A. A.; RODRIGUES, A. C; COLLIER LS; FEITOSA, S. S. Produção de mudas de alface em substrato alternativo com adubação. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 3, jul./set. 2008.
- GOMES, T. C. A.; SILVA, J. A. M.; SILVA, M. S. L. Preparo de Composto Orgânico na Pequena Propriedade Rural. **Instruções Técnicas**, n. 53, Embrapa Semi-Árido. Petrolina-PE, 2001.
- HENRIQUE, P. C.; ALVES, J. D.; DEUNER, S.; GOULART, P. F. P; LIVRAMENTO, D. E. Aspectos fisiológicos do desenvolvimento de mudas de café cultivadas sob telas de diferentes colorações. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 5, p. 458 - 465, 2011.
- HOFMANN, G. Verbindliche method enzuruntersuchungvon TKS und gartnerischenerden. **Mitteilungen der VS LUFA**, Heft, v. 6, p. 129 – 153, 1970.
- KAMPF, A.N. **Produção comercial de plantas ornamentais**. Guaíba: Agropecuária,2005.256p.
- KAMPF, A. N.; TÁKANE, R. J.; SIQUEIRA, P. T. V. **Floricultura: Técnicas de preparo de substratos**. Brasília:LK, 2006, 132p.
- KLEIN, C. Utilização de substratos alternativos para produção de Mudás. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v. 4, p. 43 - 63, 2015.
- LEAL, M. A. A.; GUERRA, J. G. M.; ESPINDULA, J. A. A.; ARAÚJO, E. S. Compostagem de misturas de capim-elefante e torta de mamona com diferentes relações C:N. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 11, p. 1195 - 1200, 2013.
- LEAL, M. A. A.; GUERRA, J. G. M.; PEIXOTO, R. T. G.; ALMEIDA, D. L. Utilização de compostos orgânicos como substratos na produção de mudas de hortaliças. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 25, n. 3, jul.-set. 2007.
- LUDWIG, F.; FERNANDES, D. M.; GUERRERO, A. C.; VILLAS BÔAS, R. L. Características dos substratos na absorção de nutrientes e na produção de gérbera de vaso. **Horticultura Brasileira**. Brasília, v. 32, n. 2, abr./jun., 2014.
- MANHÃES, C. M. C.; GARCIA, R. F.; FRANCELINO, F. M. A.; FRANCELINO, H. O.; COELHO, F. C. Fatores que afetam a brotação e o perfilhamento da cana-de-açúcar. **Vértices**, Campos dos Goytacazes, v. 17, n. 1, p. 163 -181, jan./abr. 2015.
- MARANA, J. P.; MIGLIORANZA, E.; FONSECA, E. P.; KAINUMA, R. H. Índices de qualidade e crescimento de mudas de café produzidas em tubetes. **Ciência Rural**, v. 38, n. 1, p. 39 – 45, jan./fev., 2008.

- MARCOLAN, A. L.; RAMALHO, A. R.; MENDES, A. M.; TEIXEIRA, C. A. D.; FERNANDES, C. F.; COSTA, J. N. M.; VIEIRA JÚNIOR, J. R.; OLIVEIRA, S. J. de M.; FERNANDES, S. R.; VENEZIANO, W. C. Cultivo dos Cafeeiros Conilon e Robusta para Rondônia. 3. ed. rev. atual. Porto Velho: Embrapa Rondônia, **Sistema de Produção**, n. 33, 2009, 67 p.
- MEINERZ, G. R.; OLIVO, C. J.; AGNOLIN, C. A.; DULLIUS, A. P.; MORAES, R. S.; MOMBACH, G.; FOLETTI, V.; MACHADO, P. R. Produção e valor nutritivo da forragem de capim-elefante em dois sistemas de produção. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 40, n. 12, p. 2673 -2680, 2011.
- MENDONÇA, A.; FERREIRA, R. F.; PINHEIRO, G. G.; ROSA, J. C.; STACHIW, R.; FERREIRA, E. Palha de café e de arroz na produção de mudas de Freijó. **Revista Brasileira de Ciências da Amazônia**, v. 3, n. 1, p. 105 - 112, 2014.
- MORAIS, R. F.; QUESADA, D. M.; REIS, V. M.; URQUIAGA, S.; ALVES, B. J. R.; BODDEY, R. M. Contribution of biological nitrogen fixation to Elephant grass (*Pennisetum purpureum* Schum.) **PlantandSoil**, v. 349, p. 1 - 12, 2011.
- MURARO, G. B.; ROSSI JUNIOR, P.; OLIVEIRA, V. C.; GRANZOTTO, P. M. C.; SCHOGOR, A. L. B. Efeito da idade de corte sobre a composição bromatológica e as características da silagem de cana-de-açúcar plantada em dois espaçamentos e três idades de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**. Viçosa, v. 38, n. 8, p. 1525 - 1531, 2009
- OLIVEIRA, E. C. A.; FREIRE, F. J. F.; OLIVEIRA, R. I.; OLIVEIRA, A. C.; FREIRE, M. B. G. S. Acúmulo e alocação de nutrientes em cana-de-açúcar. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 42, n. 3, p. 579 - 588, jul-set, 2011.
- OLIVO, C. J.; CHARÃO, P. S.; PEREIRA, L. E. T.; ZIECH, M. F.; MEINERZ, G.; TYSKA, D. Produtividade e valor nutritivo de pasto de capim-elefante manejado sob princípios agroecológicos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 36, n. 6, p. 1729 - 1735, 2007.
- PARRA, A. R. P.; MOREIRA, I.; FURLAN, A. C.; PAIANO, D.; SCHERER, C.; CARVALHO, P. L. O. Utilização da casca de café na alimentação de suínos nas fases de crescimento e terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 37, n. 3, p. 433 -442, 2008.
- PARTELLI, F. L.; COVRE, A. M.; OLIVEIRA, M. G.; ALEXANDRE, R. S.; VITÓRIA, E. V.; SILVA, M. B. Root system distribution and yield of 'Conilon' coffee propagated by seed sorcuttings. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 49, n. 5, p. 349 -355, mai., 2014.
- PARTELLI, F. L.; VIEIRA, H. D.; SANTIAGO, A. R.; BARROSO, D. G. Produção e desenvolvimento radicular de plantas de café 'Conilon' propagadas por sementes e por estacas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 6, p. 949 – 954, jun. 2006.
- PEGORARO, R. F.; MISTURA, C.; WENDLING, B.; FONSECA, D. M.; FAGUNDES, J. L. Manejo da água e do nitrogênio em cultivo de capim-elefante. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 2, p. 461 – 467, mar./abr., 2009.
- PEREIRA, L. R.; MARCILIO, G. S.; MOTA, M. F.; SANT'ANA, B. T.; DARDENGO, M, C. J. D. Qualidade de mudas do Café Conilon vitória produzidas em viveiros do sul capixaba. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 9, n. 17;, 2013,2213p.

- PIMENTA, C. J.; OLIVEIRA, M. M.; FERREIRA, L. O.; PIMENTA, M. E. S. G.; LOGATO, P. V. R., LEAL, R. S.; MURGAS, L. D. S. Aproveitamento do resíduo do café na alimentação de tilápia do Nilo. **Archivos de Zootecnia**, v. 60, n. 231, p. 583 - 593, set., 2011.
- PIRES, A. J. V.; CARVALHO, G. G. P; GARCIA, R.; CARVALHO JUNIOR, J. N.; RIBEIRO, L. S. O.; CHAGAS, D. M. T. Capim-elefante ensilado com casca de café, farelo de cacau ou farelo de mandioca. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 38, n. 1, p. 34 - 39, 2009.
- PROTÁSSIO, T. P.; BUFALINO, L.; MENDES, R. F.; RIBEIRO, M. X.; TRUGILHO, P. F.; LEITE, E. R. S. Torrefação e carbonização de briquetes de resíduos do processamento dos grãos de café. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 11, p. 1252 - 1258, 2012.
- QUÉNO, L. M. R.; SOUZA, A. N.; ANGELO, H.; VALE, A. T.; MARTINS, I. S. Custo de produção das biomassas de eucalipto e capim-elefante para energia. **Cerne**, Lavras, v. 17, n. 3, p. 417 - 426, jul./ set. 2011.
- RAMALHO, A. R.; ROCHA, R. B.; SOUZA, F. F.; VENEZIANO, W.; TEIXEIRA, A. L. Progresso genético da produtividade de café beneficiado com a seleção de clones de cafeeiro 'Conilon'. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 47, n. 3, p. 516 - 523, jul./set., 2016.
- ROCHA, F. C.; GARCIA, R.; FREITAS, A. W. P.; SOUZA, A. L.; GOBBI, K. F.; VALADARES FILHO, S. C.; TONUCCI, R. C.; ROCHA, G. C. Casca de café em dietas para vacas em lactação: consumo, digestibilidade, produção e composição de leite. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 35, n. 5, p. 2163 - 2171, 2006.
- ROCHA, R. B.; TEIXEIRA, A. L.; RAMALHO, A. R.; SOUZA, F. F. Melhoramento genético de *Coffea canephora* – considerações e metodologias. In: MARCOLAN, A.; ESPINDULA, M. C. **Café na Amazônia**. Brasília: Embrapa, p 101 - 122, 2015a.
- SANTOS, F. A.; QUEIROZ, J. H.; COLODETTE, J. L.; FERNANDES, S. A.; GUIMARÃES, V. M.; REZENDE, S. T. Potencial da palha de cana-de-açúcar para produção de etanol. **Química Nova**, São Paulo, v. 35, n. 5, p. 1004 - 1010, 2012.
- SANTOS, F. E. V.; KUNZ, S. H.; CALDEIRA, M. V. W.; AZEVEDO, C. H. S.; RANGEL, O. J. P. Característica química de substratos formados com lodo de esgoto para produção de mudas florestais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n. 9, p. 971 - 979, 2014b.
- SANTOS, M. M. P.; DAHER, R. F.; PONCIANO, N. J.; GRAVINAS, G. A.; PEREIRA, A. V.; SANT'ANA, J. A. A.; SANTOS, C. L. Características produtivas de capim-elefante sob doses de fósforo e nitrogênio para fins energéticos. **Científica**, Jaboticabal, v. 42, n. 4, p. 354 - 365, 2014a.
- SATER, O.; SOUZA, N. D.; OLIVEIRA, E. A. G.; ELIAS, T. F.; TAVARES, R. Estudo comparativo da carbonização de resíduos agrícolas e florestais visando à substituição da lenha no processo de secagem de grãos de café. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 58, n. 6, p. 717 - 722, nov./dez., 2011.
- SCHAFFER, G.; SOUZA, P. V. D.; FIOR, C. S. Um panorama das propriedades físicas e químicas de substratos utilizados em horticultura no sul do Brasil. **Ornamental Horticulture**. Campinas, v. 21, n.3, p. 299 - 306, 2015.

SCHAFFER, G.; SOUZA, P.V.D.; KOLLER, O.C.; SCHWARZ, S.F. Physical and chemical properties of substrates to cultivate seedling of citrus rootstocks. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 39, p. 1067 - 1079, 2008.

SCHMITZ, J. A. K.; SOUZA, P. V. D.; KÄMPF, A. N. Propriedades químicas e físicas de substratos de origem mineral e orgânica para o cultivo de mudas em recipientes. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS. v. 32, n. 6, p. 937 - 944, 2002.

SERRANO, L. A. L.; SILVA, C. M. M.; OGLIARI, J.; CARVALHO, A. J. C.; MARINHO, C. S.; DETMANN, E. Utilização de substrato composto por resíduos da agroindústria canavieira para produção de mudas de maracujazeiro-amarelo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28, n. 3, p. 487 - 491, Dez., 2006.

SERRANO, L. A. L.; SILVA, V. M.; FORMENTINI, E. A. Uso de compostos orgânicos no plantio do cafeeiro Conilon. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 58, n. 1, p. 100 - 107, jan/fev, 2011.

SILVA JUNIOR, J. V.; BECKMANN-CAVALCANTE, M. Z.; BRITO, L. P. S.; AVELINO, R. C.; CAVALCANTE, I. H. L. Aproveitamento de materiais alternativos na produção de mudas de tomateiro sob adubação foliar. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 45, n. 3, p. 528 - 536, jul./set., 2014.

SILVA, A. P. M.; BONO, J. A. M.; PEREIRA, F. A. R. Aplicação de vinhaça na cultura da cana-de-açúcar: Efeito no solo e na produtividade de colmos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n. 1, p. 38 - 43, 2014c.

SILVA, A. P.; COSTA, E.; SANTO, T. L. E.; SILVA, L. E.; MARTINS, R. F. Coffee seedlings in different substrates and protected environments. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 33, n. 4, p. 589 - 600, jul./ago. 2013.

SILVA, E. A. O.; OLIVEIRA, G. C.; SILVA, B. M.; COGO, F. D.; OLIVEIRA, L. M. Avaliação da disponibilidade de água e ar em substratos agrícolas à base de turfa e casca de arroz carbonizada. **Tecnologia e Ciência Agropecuária**, João Pessoa, v. 5, n. 4, p. 19 - 23, dez. 2011.

SILVA, E. Eucalipto e capim elefante: características e potencial produtivo de biomassa. **Revista Agrogeoambiental**, Pouso Alegre, v. 2, n. 1, p. 143 - 152, Abr., 2010.

SILVA, F. DE A. S. E AZEVEDO, C. A. V. DE. Principal Components Analysis in the Software Assistat-Statistical Attendance. In: WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE, 7, Reno-NV-USA: American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2009.

SILVA, J. B. G.; MARTINEZ, M. A.; PIRES, C. S.; ANDRADE, I. P. de S.; SILVA, G. T. Avaliação da condutividade elétrica e ph da solução do solo em uma área fertirrigada com água residuária de bovinocultura de leite. **Irriga**, Botucatu, Edição Especial, p. 250 - 263, 2012.

SILVA, J. I.; VIEIRA, H. D.; VIANA, A. P.; BARROSO, D. G. Desenvolvimento de mudas de *Coffea canephora* Pierre ex A. Froehner em diferentes combinações de substrato e recipiente. **Coffee Science**, Lavras, v. 5, n. 1, p. 38 - 48, jan./abr., 2010.

SILVA, M. A.; ARANTES, M. T.; RHEIN, A. F. L.; GAVA, G. J. C.; KOLLN, O. T. Potencial produtivo da cana-de-açúcar sob irrigação por gotejamento em função de variedades

e ciclos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande. v. 18, n. 3, p. 241 - 249, 2014b.

SILVA, R. F.; EITELWEIN, M. T.; CHERUBIN, M. R.; FABBRIS, C.; WEIRICH, S.; PINHEIRO, R. R. Produção de mudas de *Eucalyptus grandis* em substratos orgânicos alternativos. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 24, n. 3, p. 609 - 619, jul./set., 2014a.

SOBRINHO, F. S.; PEREIRA, A. V.; LÉDO, F. J. S.; OLIVEIRA, J. S.; VARGAS, S. M. Climatização de germoplasma de capim-elefante pós cultivo in vitro. **Ciência e agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 1, p. 11 -15, jan./fev., 2007.

SOUZA, H. A.; MODESTO, V. C.; POMPEU, R. C. F. F.; NATALE, W. Tamanho da amostra foliar para avaliação do estado nutricional e índice SPAD de capim-elefante irrigado para corte. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v. 15, n. 3, p. 584 - 591, jul./set., 2014.

SOUZA, J.; RESENDE, P. **Manual de Horticultura orgânica**. 2 ed. atual. ampl. Viçosa, MG: Aprenda fácil. 2006. 843 p.

SOUZA, Z. J.; AZEVEDO, P. F. Geração de energia elétrica excedente no setor sucroalcooleiro: um estudo a partir das usinas paulistas. **Revista Economica Sociologia Rural**, Brasília, v. 44 n. 2, p. 179 - 189, Apr./Jun, 2006.

SPIER, M.; SILVA, D. S.; SCHAFER, G.; SOUZA, P. V. D. Cultivo de flor-de-mel em substrato de bagaço de cana-de-açúcar. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 10, n. 3, p. 251 - 255, mai./jun. 2009.

STAPE, J. L.; BINKLEY, D.; RYAN, M. G.; FONSECA, S.; LOOS, R. A.; TAKAHASHI, E. N.; SILVA, C. R.; SILVA, S. R.; HAKAMADA, R. E.; FERREIRA, J. M. A.; LIMA, A. M. N.; GAVA, J. L.; LEITE, F. P.; ANDRADE, H. B.; ALVES, J. M.; SILVA, G. G. C.; AZEVEDO, M. R. The Brazil Eucalyptus potential productivity project: influence of water, nutrients and stand uniformity on wood production. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 259, p. 1684 - 1694, 2010.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2009, 719 p.

TATAGIBA, S. D.; SANTOS, E. A.; PEZZOPANE, J. E. M.; REIS, E. F. Mudanças de *Coffea canephora* cultivadas sombreadas e a pleno sol. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 18 n. 3, mai./jun., 2010.

TEMOTEO, A. S. SOUSA, A. P.; SANTOS, C.M.; TERAMOTO, E. T. Crescimento de cultivares de cafeeiro Conilon submetidas ao estresse salino-hídrico. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 28, n. 2, p. 46 - 56, abr. /jun., 2015.

TRIVELIN, P. C. O.; BENDASSOLLI, J. A.; OLIVEIRA, M. W. Potencialidade da mistura de aquamônia com vinhaça na fertilização de canaviais colhidos sem despalha a fogo. Parte I: Estabilidade química da mistura. **STAB - Açúcar, Alcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 16, n. 2, p. 26 - 29, 1997.

VIGGIANO, J. R.; FREITAS, L. G.; FERREIRA, P. A. Resíduo da produção de *Pochonia chlamydosporia* no desenvolvimento de mudas e plantas de alface. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, n. 7, p. 983 - 990, jul. 2012.

ZORZETO, T. Q.; DECHEN, S. C. F.; ABREU, M. F.; FERNANDES JÚNIOR, F. Caracterização física de substratos para plantas. **Bragantia**, Campinas, v. 73, n. 3, p. 300 - 311, 2014.

ZUANAZZI, J. A.; MAYORGA, P. Fitoprodutos e desenvolvimento econômico. **Química Nova**, São Paulo, v. 33, n. 6, p. 1421 - 1428, 2010.