



OCLIZIO MEDEIROS DAS CHAGAS SILVA

**SUBSTRATOS ALTERNATIVOS NA PRODUÇÃO DE MUDAS
DE TRÊS ESPÉCIES FLORESTAIS**

LAVRAS – MG

2019

OCLIZIO MEDEIROS DAS CHAGAS SILVA

**SUBSTRATOS ALTERNATIVOS NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE TRÊS ESPÉCIES
FLORESTAIS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, área de concentração em Silvicultura e Genética Florestal, com a finalidade de obtenção do título de Mestre em Engenharia Florestal.

Prof. Dr. Lucas Amaral de Melo
Orientador

**LAVRAS – MG
2019**

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Silva, Oclizio Medeiros das Chagas.

Substratos alternativos na produção de mudas de três espécies florestais / Oclizio Medeiros das Chagas Silva. - 2019.

85 p. : il.

Orientador(a): Lucas Amaral de Melo.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de Lavras, 2019.

Bibliografia.

1. Produção de mudas. 2. Substratos alternativos. 3. Parâmetros morfológicos. 4. Propriedades físicas e químicas de substratos I. Melo, Lucas Amaral de. II. Título.

OCLIZIO MEDEIROS DAS CHAGAS SILVA

**SUBSTRATOS ALTERNATIVOS NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE TRÊS ESPÉCIES
FLORESTAIS**

ALTERNATIVE SUBSTRATES IN PRODUCTION OF THREE FOREST SPECIES

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, área de concentração em Silvicultura e Genética Florestal, com a finalidade de obtenção do título de Mestre em Engenharia Florestal.

APROVADA em 22 de fevereiro de 2019.

Prof. Dr. Rubens José Guimarães UFLA

Dr. Regis Pereira Venturin EPAMIG

Prof. Dr. Lucas Amaral de Melo
Orientador

LAVRAS – MG

2019

A Deus,

Aos meus pais, Francisco das Chagas da Silva e Maria Marlene Medeiros da Silva.

Aos meus avós, João Pimentel (in memoriam), Maria Pimentel de Medeiros e Maria Carlota.

Aos meus irmãos Lucivania, Lucivaldo, Edinaldo, Edilene, Samuel, Rute e César.

Aos meus sobrinhos, Samily, Isabely, Gabriely, Letícia, Victor Gabriel, Fernando e Danyllo.

A família Medeiros e Silva.

DEDICO!

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por me dar forças nessa jornada, que muitas vezes foi muito difícil. Houve momentos em que pensei em desistir, mas Deus foi o meu escudo e minha proteção.

Ao meu pai e minha mãe pelo apoio e incentivo e pelas orações que com certeza contribuíram para que eu não desistisse nessa difícil jornada.

Aos meus queridos irmãos e sobrinhos que são minha inspiração de viver.

Aos amigos do Núcleo de Estudos em Silvicultura (NES) pela maravilhosa convivência durante o ano de 2018, pelo ambiente prazeroso e fértil de ideias, estudo, mas também de muita alegria e descontração.

À Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ, pela formação em Engenharia Florestal, e por me ensinarem que problemas e limitações existem a cada instante, porém cabe a nós transformá-los em incentivos. Foi uma honra fazer parte da história desta Instituição entre 2011 e 2016.

Agradecimento mais que especial a Dra. Gilberta Carneiro Souto, minha primeira orientadora, lá ainda no curso técnico, onde foram os primeiros passos para esta longa caminhada, e onde até hoje ainda torce pelo meu sucesso.

Aos professores Dr. Luiz Rodrigues Freire, Dr. Alexandre Monteiro de Carvalho, Dr. Eduardo Lima, Dr. Robson Amâncio e a querida Dra. Nathália Dias, que me orientaram durante a graduação.

Ao Dr. Renato Luiz Grisi Macedo, por ter me recebido na UFLA no início do mestrado. E ao atual orientador, Dr. Lucas Amaral de Melo, pela paciência e atenção em me acompanhar e orientar durante todo o mestrado.

Aos Drs. Régis Venturin e Rubens Guimarães por compor a banca avaliadora e repassar suas devidas considerações ao trabalho.

A Pós-doc. Michele, Prof. Dr. Nelson Venturin e Dr. Régis Venturin (EPAMIG) pelas contribuições na qualificação.

A todos os professores com quem durante a vida aprendi e cresci pessoalmente e profissionalmente.

Aos amigos do Laboratório de Silvicultura, Geislaine, Rodolfo, Erick, Fernanda, Diana, João Munguambe, Erika, Bruna, Anatoly, Carlos Eduardo, Maria, Marileydy, Paloma, Layza e Pretinha.

A turma de mestrado e doutorado de 2017, pelos momentos juntos, seja de descontração ou até mesmo de angústias pra cumprir as metas e prazos.

Aos técnicos José Pedro, Matheus, Roberto, pelo auxílio na condução dos experimentos.

A Rose da Silvicultura, pelas conversas jogadas fora, em momentos de descontração.

Aos amigos Lucas Santana, Josiane Silva, Andréia Antunes, Mozarte Santana, Elitânia, Djavan Paixão, Osnar Obede, Boró, Diliane, Nádia, Pedro, Carolina, Daiane, Flavão, Murilo, Diogo Camata, Bel, Calouro entre outros pela boa convivência.

Aos amigos da Rural que até hoje mantenho contato e considero pacas. Adriano, Coiote, Luciano, Ramon, Tamires, Renato, Ursa, Lucas, San, Raiza, André, Gana, Jason, Gutierrez, Natanael, Quemes, Zezão, Ernandes, Watyla, Romeu, Thomaz, Nataly Fourax e Be Paz.

A Cláudia Fernandes, pelos conselhos, apoio, carinho e descontração. E também a Carol, pela amizade ao longo desse tempo.

A turma da Dança e Compasso UFLA, por proporcionar momentos lúdicos durante esse período do mestrado.

Aos bolsistas e estagiários da Silvicultura pela ajuda na instalação e avaliação dos experimentos.

Aos professores e funcionários do Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal de Lavras.

A Alexandra Elbakyan por proporcionar acesso ao *Sci-Hub*, plataforma de acesso a vários artigos.

Ao Professor Dr. Gilmar Schäfer e aos funcionários do Laboratório de substratos da UFRGS pelo apoio na realização das análises de substratos.

A Cemig pelo apoio financeiro.

E por fim, a CAPES, pela concessão da bolsa de estudo.

“A verdadeira coragem é ir atrás de seu sonho, mesmo quando todos dizem que ele é impossível”.

Cora Coralina

“Para mim, é impossível existir sem sonho. A vida na sua totalidade me ensinou como grande lição que é impossível assumí-la sem risco”.

Paulo Freire

“A vida me ensinou a nunca desistir, nem ganhar, nem perder, mas procurar evoluir. Histórias, nossas histórias, dias de lutas, dias de glória.”

Charlie Brown Jr.

O caráter é como uma árvore e a reputação como sua sombra. A sombra é o que nós pensamos dela; a árvore é a coisa real.

Abraham Lincoln

*“Sempre parece impossível até que seja feito.
A educação é a arma mais poderosa que você pode usar para mudar o mundo.
Você não encontrará nenhuma paixão se se conforma com uma vida que é inferior àquela
que é capaz de viver.”*

Nelson Mandela

RESUMO GERAL

O processo de formação de mudas é importante quando se anseia a formação de povoamentos florestais de produtividade e qualidade. Objetivou-se avaliar caracteres morfológicos e análises qualitativas em plantas, assim como características físico-químicas em substratos alternativos utilizados na produção de mudas de *Eucalyptus urophylla*, *Peltophorum dubium* e *Eremanthus erythropappus*. Para isto foram instalados dois testes, conduzidos no Viveiro Florestal da Universidade Federal de Lavras entre os meses de abril a dezembro de 2018. Para formulação dos substratos do primeiro teste, foram empregados os constituintes: fibra de coco, esterco bovino, casca de arroz carbonizada, casca de café carbonizada e, como testemunha, empregou-se o substrato comercial Maxfértil. Para cada espécie foi conduzido um experimento, instalado em delineamento inteiramente casualizado (DIC) constituído por cinco tratamentos, cinco repetições, e a unidade amostral composta por 20 mudas. Para o segundo teste, utilizou-se os constituintes: fibra de coco, substrato comercial, casca de arroz compostada e casca de café compostada, sendo empregado como testemunha o substrato comercial Maxfértil complementado com 20% de fibra de coco. No segundo teste, também foi instalado um experimento por espécie, em delineamento inteiramente casualizado (DIC) constituídos por oito tratamentos, cinco repetições, em parcelas compostas por 20 mudas. Em todos os testes, aos 120 dias após a germinação foram mensurados o diâmetro do coleto (DC) e a altura das mudas (H). Posteriormente foi calculada a relação altura/diâmetro do coleto (H/DC). Para a realização de análises destrutivas para obtenção do peso da matéria seca da parte aérea (MSPA) e peso da matéria seca radicular (MSR), foram selecionadas quatro plantas por parcela. Após as variáveis processadas, foram calculados o peso da matéria seca total (MST), a relação entre o peso da matéria seca da parte aérea e matéria seca do sistema radicular (RMSPAR) e o índice de qualidade de Dickson (IQD). Com o intuito de avaliar a qualidade do torrão formado, foram escolhidas quatro plantas por parcelas e realizadas análises qualitativas, sendo elas: facilidade de retirada das mudas dos tubetes (FRT) e agregação das raízes ao substrato (AGR). Além dessas análises, ainda foram avaliadas as características físicas e químicas dos substratos formulados. Para o primeiro teste, a casca de café na forma carbonizada, combinada com proporções de casca de arroz carbonizada, fibra de coco e esterco bovino, apresentaram potencial para ser empregados como constituintes alternativos na produção de mudas de *P. dubium* e *E. urophylla*. Já para a *E. erythropappus*, nenhuma das formulações foi indicada para a produção de mudas. Para o segundo teste, a casca de café compostada na proporção de 40%, combinada com 20% de fibra de coco e 40% de substrato comercial apresentou potencial para ser empregada na produção de mudas de *E. urophylla*, *P. dubium* e *E. erythropappus*.

Palavras-chave: Caracterização físico e química. Subproduto do café. Parâmetros morfológicos. Qualidade de mudas florestais.

GENERAL ABSTRACT

The process of seedling formation is important when the forest stands for productivity and quality. The objective of this work was to evaluate morphological characters and qualitative analyzes in plants, as well as physicochemical characteristics in alternative substrates used in the production of *Eucalyptus urophylla*, *Peltophorum dubium* and *Eremanthus erythropappus* seedlings. For this, two tests were carried out in the Forest Nursery of the Federal University of Lavras between April and December 2018. For the formulation of the substrates of the first test, the constituents were used: coconut fiber, bovine manure, charred rice husk, carbonized coffee husk and, as a control, commercial Maxfétil substrate was used. For each species, an experiment was conducted in a completely randomized design (DIC) consisting of five treatments, five replications, and the sample unit composed of 20 seedlings. For the second test, the following constituents were used: coconut fiber, commercial substrate, composted rice hulls and composted coffee hulls, with Maxfétil commercial substrate supplemented with 20% coconut fiber. In the second test, a completely randomized experiment (DIC) consisting of eight treatments, five replications, in plots composed of 20 seedlings was also installed per species. In all tests, at 120 days after germination were measured the collection diameter (DC) and height of the seedlings (H). Subsequently, the height/diameter ratio of the collection (H/DC) was calculated. For the destructive analyzes to obtain the weight of the dry matter of the aerial part (MSPA) and weight of the root dry matter (MSR), four plants were selected per plot. After the variables processed, the total dry matter weight (MST), the ratio between dry matter weight of shoot and root dry matter (RMSPAR) and Dickson quality index (IQD) were calculated. In order to evaluate the quality of the clod formed, four plants were chosen per plots and qualitative analyzes were carried out. These were: easy removal of the seedlings (FRT) and root aggregation to the substrate (AGR). Besides these analyzes, the physical and chemical characteristics of the formulated substrates were also evaluated. For the first test, the carbonized coffee husk, combined with the proportions of carbonized rice husk, coconut fiber and bovine manure presented the potential to be used as alternative constituents in the production of *P. dubium* and *E. urophylla* seedlings. For *E. erythropappus*, none of the formulations were indicated for the production of seedlings. For the second test, the 40% composted coffee husk, combined with 20% coconut fiber and 40% commercial substrate presented potential to be used in seedling production of *E. urophylla*, *P. dubium* and *E. erythropappus*.

Keywords: Physical and chemical characterization. By-product of coffee. Morphological parameters. Quality of forest seedlings.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 2

Figura 1 - Índices de agregação das raízes ao substrato em mudas de *Peltophorum dubium* (A) e *Eucalyptus urophylla* (B), aos 120 após germinação.....44

Figura 2 - Projeção dos dois componentes principais mostrando em detalhes o desempenho dos cinco tratamentos em relação às diferentes características morfológicas DC, H, H/DC, MSPA, MSR, MST, RMSPAR, IQD, e análises qualitativas FRT e AGR no crescimento de mudas de *Peltophorum dubium* (A) e *Eucalyptus urophylla* (B).....56

CAPÍTULO 3

Figura 1 - Índices de agregação das raízes ao substrato em mudas de *Peltophorum dubium* (A) *Eucalyptus urophylla* (B) e *Eremanthus erythropappus*, aos 120 após germinação(C).....68

Figura 2 - Projeção dos dois componentes principais mostrando em detalhes o desempenho dos oito tratamentos em relação às diferentes características morfológicas DC, H, H/DC, MSPA, MSR, MST, RMSPAR, IQD, e análises qualitativas FRT e AGR no crescimento de mudas de *Eucalyptus urophylla* (A), *Peltophorum dubium* (B) e *Eremanthus erythropappus* (C).....80

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1

Tabela 1- Classificação dos níveis de salinidade para substratos formulados.....27

Tabela 2 - Escala de valores para interpretação de propriedades físicas de substratos utilizados na produção de mudas florestais.....27

CAPÍTULO 2

Tabela 1 - Proporções volumétricas dos constituintes (%) utilizados na formulação dos substratos para a produção de mudas de *Eucalyptus urophylla*, *Peltophorum dubium* e *Eremanthus erythropappus*.....41

Tabela 2 - Caracterização física e química dos substratos formulados para produção de mudas de *Eucalyptus urophylla*, *Peltophorum dubium* e *Eremanthus erythropappus*.....45

Tabela 3 - Caracterização física e química de uma amostra individual da casca de café carbonizada.....46

Tabela 4 - Valores médios do diâmetro do coleto (DC), altura (H), relação altura/diâmetro do coleto (H/DC), peso da matéria seca da parte aérea (MSPA), peso da matéria seca radicular (MSR), peso da matéria seca total (MST), relação peso da matéria seca da parte aérea/raiz (RMSPAR), índice de qualidade de Dickson (IQD), facilidade de retirada das mudas dos tubetes (FRT) e índice de agregação (AGR), em mudas de *Peltophorum dubium* e *Eucalyptus urophylla*, aos 120 após germinação.....50

CAPÍTULO 3

Tabela 1 - Proporções dos constituintes (%) utilizados na formulação dos substratos para a produção de mudas de *Eucalyptus urophylla*, *Peltophorum dubium* e *Eremanthus erythropappus*.....65

Tabela 2 - Caracterização física e química dos substratos formulados para produção de mudas de *Eucalyptus urophylla*, *Peltophorum dubium* e *Eremanthus erythropappus*.....69

Tabela 3 - Caracterização física e química de uma amostra individual da casca de cafécompostada.....70

Tabela 4 - Valores médios do diâmetro do coleto (DC), altura (H), relação altura/diâmetro do coleto (H/DC), peso da matéria seca da parte aérea (MSPA), peso da matéria seca radicular (MSR), peso da matéria seca total (MST), relação peso da matéria seca da parte aérea/raiz (RMSPAR), índice de qualidade de Dickson (IQD), facilidade de retirada das mudas dos tubetes (FRT) e índice de agregação (AGR) em mudas de *Eucalyptus urophylla*, *Peltophorum dubium* e *Eremanthus erythropappus*, aos 120 dias após germinação.....74

SUMÁRIO

CAPITULO 1 - INTRODUÇÃO GERAL.....	16
1. INTRODUÇÃO.....	16
2. REVISÃO DE LITERATURA	17
2.1 Espécies avaliadas no estudo.....	17
2.1.1 <i>Eucalyptus urophylla</i> (S. T. Blake)	17
2.1.2 <i>Peltophorum dubium</i> (Spreng.)	18
2.1.3 <i>Eremanthus erythropappus</i> (DC.) MacLeish.	19
2.2 Qualidade de mudas florestais.....	19
2.3 Substratos para produção de mudas.....	20
2.3.1 Casca de arroz	21
2.3.2 Casca de café	22
2.3.3 Fibra de coco	23
2.3.4 Esterco bovino	24
2.3.5 Substratos comerciais	25
2.4 Propriedades químicas e físicas dos substratos	26
2.4.1 Potencial hidrogeniônico (pH)	26
2.4.2 Condutividade elétrica (CE).....	27
2.5 Propriedades físicas dos substratos	27
2.5.1 Densidade aparente	28
2.5.2 Porosidade	28
2.5.3 Capacidade de retenção de água.....	29
3. CONSIDERAÇÕES GERAIS	29
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	30
CAPITULO 2–CRESCIMENTO INICIAL DE TRÊS ESPÉCIES FLORESTAIS PRODUZIDAS EM DIFERENTES FORMULAÇÕES DE SUBSTRATOS	37
1. INTRODUÇÃO.....	38
2. MATERIAL E MÉTODOS	40
2.1 Obtenção e preparo dos constituintes para formulação dos substratos	41
2.2 Análises químicas e físicas dos substratos formulados	42

2.3 Processo de produção de mudas	42
2.4 Caracterização morfológica e qualitativa das mudas	43
2.5 Análises estatísticas realizadas	44
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	45
4. CONCLUSÕES	57
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	57
CAPITULO 3 - AVALIAÇÃO DE PARÂMETROS MORFOLÓGICOS EM MUDAS DE ESPÉCIES FLORESTAIS PRODUZIDAS EM DIFERENTES FORMULAÇÕES DE SUBSTRATOS	
1. INTRODUÇÃO.....	62
2. MATERIAL E MÉTODOS	64
2.1 Obtenção e preparo dos constituintes para formulação dos substratos	64
2.2 Análises químicas e físicas dos substratos.....	66
2.3 Processo de produção de mudas	66
2.4 Caracterização morfológica e qualitativa das mudas produzidas.....	67
2.5 Análises estatísticas realizadas	68
3. RESULTADOS E DISCUSSÕES	69
4. CONCLUSÕES	82
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	82

CAPITULO 1 - INTRODUÇÃO GERAL

1. INTRODUÇÃO

Com o aumento da população mundial, é crescente a demanda por produtos à base de madeira. Para atender a esse mercado, é necessária a formação de plantios florestais. Neste contexto, um dos fatores que devem ser priorizados na formação desses plantios é a qualidade da muda, tendo em vista que esta influi diretamente na qualidade do produto final (SILVA et al., 2014).

Inicialmente, o principal substrato utilizado na produção de mudas era o próprio solo, geralmente combinado com esterco (TRAZZI et al., 2012). Com o passar dos tempos e o avanço das pesquisas, foram sendo aplicadas novas tecnologias para garantir maior qualidade e menor custo, em que a utilização de substratos alternativos se tornou mais usual (CALDEIRA et al., 2008; TRAZZI et al., 2012).

Nas etapas de produção de mudas é essencial o uso de substratos adequados (KRATZ et al., 2016). Um bom substrato para a produção de mudas deve apresentar características, tais como a disponibilidade de aquisição na região, facilidade no transporte, baixo custo, ausência de patógenos, ser de fácil manuseio, apresentar baixa densidade, ter boa capacidade de trocas de cátions, e condutividade elétrica em nível adequado (SILVA et al., 2001; KRATZ et al., 2013).

Os substratos podem ser constituídos por um único material ou por diferentes tipos de materiais, sendo este último caso o mais indicado, devendo apresentar características físicas e químicas adequadas (DELARMELINA et al., 2013). A utilização de resíduos alternativos como constituinte, para a formulação de substratos para a produção de mudas de espécies florestais, pode ser uma alternativa viável para destinação final desses materiais. Dentre alguns materiais alternativos, a casca de café possui potencial para ser utilizada como constituinte na formulação de substratos (KING et al., 2002; ROSA et al., 2006).

Entre as atividades econômicas que geram subprodutos orgânicos, destaca-se no estado de Minas Gerais a cafeicultura. O estado se destaca como grande produtor de café, com produção estimada em 30,7 milhões de sacas, na safra de 2018, correspondendo a 53% da produção nacional (CONAB, 2018). Essa atividade corresponde a 70% da renda das propriedades rurais do Sul deste estado (DO VALE et al., 2014). Para cada tonelada de grãos produzida, é gerada mais de uma tonelada de casca, considerando a relação de café beneficiado e casca de 1:1 (BARTHOLLO et al., 1989). Dessa atividade gera-se uma ampla quantidade de

resíduo, tornando assim um material com possibilidade de ser aplicado como constituinte e substituir outros mais difíceis de serem obtidos, devido à distância e alto preço de fretes.

Conforme Abreu et al. (2017), um dos pontos mais importantes na hora da escolha do substrato é a facilidade de aquisição, o que influi diretamente nos custos de produção. Nesse sentido, a casca de café pode ser aproveitada para a produção de mudas de espécies florestais (CALDEIRA et al., 2014). Sua utilização como constituinte para substrato poderá gerar uma série de benefícios à natureza, proporcionando redução do volume de resíduos, e ainda, poderá reduzir o custo final do produtor, diminuindo também a dependência pela casca de arroz, que é um material muito empregado na produção de mudas, mas em contrapartida é de mais difícil acesso, quando comparado com a casca de café para a região do sul de Minas Gerais.

Diante do exposto, objetivou-se com este trabalho avaliar a possibilidade de substituição total ou parcial da casca de arroz pela casca de café, por meio de análises de caracteres morfológicos, e análises qualitativas em mudas, assim como características físico-químicas de substratos em mudas de *Eucalyptus urophylla*, *Peltophorum dubium* e *Eremanthus erythropappus*, produzidas em diferentes formulações de substratos.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Espécies avaliadas no estudo

2.1.1 *Eucalyptus urophylla* (S. T. Blake)

O *Eucalyptus urophylla* é uma espécie originária da Indonésia e Timor e outras ilhas a leste do arquipélago indonésiano, entre as latitudes de 8 a 10° do hemisfério sul, e altitudes de 400 a 3000 m. Nessa região, a precipitação pluviométrica média anual é compreendida entre 1000 e 1500 mm concentrada no verão, e com período seco que não ultrapassa quatro meses, com temperatura média do mês mais quente em torno de 29°C, e do mês mais frio entre 8 a 12°C (FERREIRA, 1979).

Essa é uma das espécies mais empregadas na silvicultura brasileira, para formação de povoamentos homogêneos, sendo importante na produção de madeira nas regiões de clima tropical. É uma árvore de grande porte, atingindo facilmente mais de 50 m de altura e diâmetros acima de 1,2 m, apresenta alta taxa de crescimento, adaptação a diversas condições edafoclimáticas, boa capacidade de rebrota, resistência ao déficit hídrico e a várias doenças (FIRMINO et al., 2013; PINTO et al., 2014).

A primeira introdução da espécie em território brasileiro foi realizada por Edmundo Navarro, antes de 1920, chamada anteriormente de *Eucalyptus alba*. Acredita-se que no Brasil exista mais de 500000 ha de *Eucalyptus urophylla* plantados, entretanto a maioria desses plantios são híbridos (GURGEL et al., 1978). Híbridos dessa espécie com outras foram cada vez mais usados em programas de reflorestamento por meio da propagação vegetativa.

Atualmente ainda é bastante plantado puro ou por meio de híbridos clonados de alta produtividade, em especial o híbrido entre *E. grandis* e *E. urophylla*, que viabilizou a silvicultura industrial brasileira em áreas de solo pobres como o Cerrado e também em solos arenosos e em áreas com presença de estação seca (HODGE et al., 2015). Sua madeira apresenta densidade de média à alta (MOURA, 1986), apta à produção de carvão, biomassa para energia, chapas, aglomerados, painéis e ainda celulose e também ideal para uso em construção civil devido apresentar boa resistência em comparação com outros eucaliptos.

2.1.2 *Peltophorum dubium* (Spreng.)

Peltophorum dubium é uma árvore da família Fabaceae. Ocorre no nordeste da Argentina, nas províncias de Misiones, Corrientes, Formosa e Chaco e em vários estados brasileiros (ARBOLES, 1992; CARVALHO et al., 2000). Árvore decídua à semidecídua, com florescimento decorativo e muito utilizada na arborização urbana na América do Sul. Possui potencial para alcançar entre 15 a 40 metros de altura. Apresenta copa ampla e globosa e seu tronco pode atingir 50 a 120 cm de diâmetro. Espécie de rápido crescimento e com produtividade volumétrica máxima registrada de 19,60 m³ ha⁻¹ano⁻¹ (NOGUEIRA et al., 1982).

É uma espécie que apresenta vários fins, dentre eles é indicada para ornamentação de rodovias, praças, parques e jardins. Sua madeira pode ser utilizada na construção civil, vigas, caibros, janelas assoalhos, mourões e dormentes (TOLEDO et al., 1988; LORENZI 1992). É também recomendada para sombreamento de pastagens, abrigos para o gado e em quebra-ventos, por apresentar crescimento rápido e copa ampla.

Para formação de povoamentos de *Peltophorum dubium*, recomenda-se que estes sejam conduzidos a pleno sol. Na maioria dos plantios, esta espécie apresenta sobrevivência superior a 80%, mas com heterogeneidade entre as plantas no crescimento em altura e diâmetro (MACHADO et al., 1992).

2.1.3 *Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish.

Eremanthus erythropappus, popularmente conhecida como candeia, é uma árvore pertencente à família Asteraceae. Esta espécie se desenvolve rapidamente em campos abertos, formando povoamentos mais ou menos puros. Isto também acontece dentro da floresta quando há alguma perturbação, pois, é uma espécie heliófila, sendo que a entrada de luz a beneficia (SCOLFORO et al.,2012).

É de ocorrência na América do Sul, sendo encontrada no nordeste da Argentina, norte e leste do Paraguai e no Brasil. No Brasil, pode ser encontrada em Minas Gerais, Bahia, Espírito Santo, Rio de Janeiro, Goiás, Paraná, Rio Grande do Sul, Santa Catarina, São Paulo e no Distrito Federal (TEIXEIRA et al., 1996).

Essa espécie é utilizada para vários fins, como o óleo essencial extraído da casca que tem propriedades antiinflamatórias, antibacterianas, antimicóticas e calmantes. Este produto é vendido bruto ou destilado nos mercados nacional e internacional, para, principalmente, indústrias de cosméticos e de fármacos, que utilizam o produto destilado, o alfabisabolol, como componente em formulações de batons, protetores solares, cremes dentais, loções pós-barba, cremes para barbear e produtos para depilação (TEIXEIRA et al.,1996; SCOLFORO et al., 2004).

A candeia também é comercializada em forma de moirões, em decorrência de sua alta durabilidade (TEIXEIRA et al.,1996; SCOLFORO et al., 2004) .Sua madeira é branca ou acinzentada com grã mais escura, com faixa de densidade situando-se entre 0,60 e 0,78 gcm⁻³, predominando entre 0,63 e 0,71 gcm⁻³, com tendência de decréscimo no sentido base-topo, dentro de uma mesma classe diamétrica, e tendência de aumento das menores para as maiores classes diamétricas (PERÉZ et al., 2004).

A candeia se desenvolve em locais em que seria difícil a implantação de culturas agrícolas, ou mesmo a implantação de alguma outra espécie florestal. Geralmente ocorre em sítios com solos pouco férteis, rasos e predominantemente, em áreas de campos de altitude, variando entre 1000 e 1700 m (SCOLFORO et al., 2004).

2.2 Qualidade de mudas florestais

Os parâmetros para avaliação de qualidade de mudas têm como finalidades principais o aumento da sobrevivência das mudas após o plantio, diminuição de tratos culturais de manutenção do povoamento e consequentemente redução de replantios. Isso poderá ser obtido

por meio de maior crescimento inicial das mudas em campo, caso atenda aos padrões de qualidade (CARNEIRO, 1995).

Para a obtenção dessas informações, sobre o desempenho das mudas nesta fase inicial, são realizadas avaliações quantitativas e qualitativas. As análises quantitativas são mensuradas com as variáveis biométricas diâmetro do coleto (DC), altura (H), pesos da matéria seca da parte aérea (MSPA), da matéria seca radicular (MSR), da matéria seca total (MST), relação altura/diâmetro (H/DC), relação dos pesos da matéria seca da parte aérea/raiz (RMSPAR) e índice de qualidade de Dickson (IQD), (DICKSON, 1960; PEZZUTTI et al., 2011).

O Índice de qualidade de Dickson é um parâmetro empregado quando se considera a avaliação de qualidade das mudas, pois reúne todas as outras variáveis em um único índice, demonstrando a robustez e o equilíbrio da biomassa das mudas, em que quanto maior o seu valor, melhor será a qualidade da muda formada (GOMES et al., 2002), dentro de um mesmo lote de mudas.

Ultimamente como variáveis qualitativas, principalmente para avaliação de qualidade do torrão formado por meio da relação raiz/substrato, vem sendo utilizada a avaliação de facilidade de retirada das mudas dos tubetes (FRT) e agregação das raízes ao substrato (AGR), principalmente quando se avalia a influência do substrato na formação de raízes e a facilidade de manejo das mudas, no preparo para enviar a campo para plantio (WENDLING et al., 2007).

2.3 Substratos para produção de mudas

O substrato é composto por um ou mais constituintes, possuindo a função de sustentar a muda e fornecer condições adequadas para o crescimento e funcionamento do sistema radicular (WENDLING et al., 2006; HARTMANN et al., 2011).

A produção de mudas de espécies florestais é um passo importante na cadeia de produção de base florestal (CALEGARI et al., 2013; PIETRO-SOUZA et al., 2014). Essa atividade depende da utilização de insumos, que auxiliam e aceleram o seu desenvolvimento (SILVEIRA et al., 2002). As características desejáveis para conseguir uma boa produtividade ou rápido fechamento de copa, estão intimamente ligados à qualidade da muda, sendo indispensável a escolha de substratos que auxiliam ou proporcionem esses aspectos (CALDEIRA et al., 2013; KRATZ et al., 2013).

Conforme Minami (1995), o substrato é um dos componentes mais sensíveis e complexo do sistema de produção de mudas, pois, qualquer variação na sua composição pode alterar o

processo final de produção, podendo comprometer desde a germinação de sementes, até o desenvolvimento das mudas e, conseqüentemente, sua sobrevivência e crescimento em campo.

Atualmente, há diversos tipos de substratos que vêm sendo testados para serem utilizados no processo de produção de mudas, como fibra de coco, serragem, casca de arroz, casca de café, dentre outros (NEVES et al., 2010; TRAZZI et al., 2012; COSTA et al., 2017). O produtor de mudas deve estar atento para não utilizar esses constituintes de forma isolada pois, isoladamente, podem apresentar características indesejáveis à planta e interferir negativamente no desenvolvimento das mudas (CALDEIRA et al., 2011a), tornando-se assim necessária a busca por materiais alternativos que, em formulações adequadas, possam contribuir para a formação de mudas que atendam aos padrões de qualidade (SCHMITZ et al., 2002).

Os substratos podem ser encontrados em diversos tipos, podendo ser empregados com variados constituintes. Não há substrato perfeito, mas alguns são mais usados, devido a apresentarem menor preço e terem fácil acessibilidade, não conter patógenos, apresentarem fertilidade média, boa textura e estrutura, homogeneidade, capacidade de retenção de água, fácil manuseio (LIMA et al., 2001; DELARMELINA et al., 2013).

Para ser utilizado ou comercializado, o substrato deve ter especificações que permitem identificar o seu valor agrícola, conforme Instrução Normativa do Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2004), que trata das definições e normas sobre as especificações e as garantias, as tolerâncias, o registro, a embalagem e a rotulagem dos substratos para plantas. Quando o material apresentar baixa fertilidade, a ele deve ser acrescida adubação complementar, principalmente com fósforo, para um melhor desenvolvimento das mudas.

Variados tipos de materiais alternativos podem ser utilizados para a formulação de substratos de produção de mudas (KRATZ et al., 2013). A seguir estão listadas as principais características dos constituintes que foram avaliados nesse estudo.

2.3.1 Casca de arroz

A casca de arroz é um material obtido durante o beneficiamento do arroz. Esse material vem sendo bastante utilizado como constituintes para substratos, podendo ser aplicado na forma *in natura*, sendo mais indicado quando se passa pelo processo de carbonização (VALERI; CORRADINI, 2000; MEDEIROS et al., 2008). Este constituinte pode contribuir na melhoria das propriedades físico-hídricas, principalmente devido ao aumento da porosidade dos substratos (KLEIN et al., 2015).

Este constituinte é bastante utilizado em regiões onde se cultivam arroz, devido à grande disponibilidade e baixo custo. Apresenta características essenciais quando se considera aspectos para uma boa relação raiz-substrato. Possui boa drenagem, proporcionando oxigenação para as raízes, elevado espaço de aeração ao substrato, resistência à decomposição, relativa estabilidade de estrutura, baixa densidade e pH próximo à neutralidade (SOARES et al., 2012). Esse subproduto possui propriedades consideradas favoráveis ao desenvolvimento das mudas, sendo de interesse dos produtores de mudas (TRIGUEIRO; GUERRINI, 2003).

Ao avaliar o efeito da adição da casca de arroz em substrato comercial na produção de mudas de *Viola tricolor*, Rota et al. (2008), concluíram que quando há adição de mais de 50% de casca de arroz carbonizada ao substrato, este eleva excessivamente o valor de pH, afetando o desenvolvimento das mudas. Segundo Rota et al. (2008), as melhores formulações de substratos para mudas dessa espécie foram obtidas quando a proporção de casca de arroz carbonizada adicionada na mistura chegava até os 50%.

De acordo com Couto et al. (2003), a baixa densidade desse material, proporciona maior drenagem da água de irrigação, e contribui para uma melhor aeração do sistema radicular. A utilização de diferentes proporções de casca de arroz carbonizada, influenciou significativamente nos parâmetros biométricos e índices de qualidade das mudas de *Enterolobium contortisiliquum* e *Apuleia leiocarpa* (SAIDELLES et al., 2009). Ainda conforme Almeida (2005), as propriedades físicas da casca de arroz carbonizada podem variar conforme o manejo adotado na sua carbonização e a procedência do material.

Silva et al. (2012), ao estudarem o efeito da casca de arroz carbonizada em diferentes substratos na produção de *Solanumly copersicum* (tomateiro) concluíram que os melhores resultados dos parâmetros avaliados, foram obtidos com a adição de 24 a 38% de casca de arroz carbonizada nos substratos, indicando que esse material, pode ser empregado no processo de produção de mudas, desde que em quantidades adequadas.

Na avaliação de substratos alternativos, contendo casca de arroz carbonizada na produção de mudas de *E. camaldulensis*, Kratz et al. (2016) obtiveram bons resultados na avaliação do crescimento inicial, sendo indicados para a produção de mudas dessa espécie, desde que combinadas proporções com outros constituintes.

2.3.2 Casca de café

A casca de café é um subproduto orgânico que possui grande potencial para ser utilizado como constituinte para substratos, principalmente em estados produtores dessa cultura, como o

de Minas Gerais (PANDEY et al., 2000). Esta pode ser aplicada pelos viveiristas na produção de mudas (CALDEIRA et al., 2013), na forma carbonizada e por meio do processo de compostagem, como alternativa de constituinte para substratos.

Em trabalho desenvolvido por Peroni (2012), foi constatado que quando há uma proporção elevada de casca de café *in natura*, ocorre redução na microporosidade dos substratos, influenciando negativamente no desenvolvimento de mudas. Mas quando esse material é utilizado conjuntamente com compostos que possuem partículas de maior tamanho, a mistura é capaz de promover maior drenagem ao substrato, formando assim um substrato de qualidade superior.

Caldeira et al. (2013), avaliando a influência de diferentes substratos alternativos, como o lodo de esgoto, a casca de arroz carbonizada, a casca de café *in natura* na produção de mudas de *Chamaecrista desvauxii*, observaram que os constituintes cascas de arroz carbonizada e casca de café, em proporções combinadas, são essenciais para o crescimento de mudas desta espécie.

De acordo com trabalho de Caldeira et al. (2014), a casca de café *in natura*, em proporção de 20%, complementada com 80% de lodo de esgoto, proporcionou melhor crescimento entre os caracteres morfológicos avaliados, sendo essa composição a mais indicada para a produção de muda de *Eucalyptus grandis*.

Na literatura, ainda são encontrados poucos trabalhos utilizando este constituinte na formulação de substratos. Neste sentido, é importante a realização de pesquisas com o intuito de avaliar o efeito desse subproduto na produção de mudas, tornando assim um meio de utilizar esse constituinte de forma sustentável (CALDEIRA et al., 2014).

2.3.3 Fibra de coco

A fibra de coco é um dos materiais mais utilizados como constituinte para substratos. É um material leve, possuindo estrutura granular e homogênea, intercalada por fibrilas de alta porosidade, apresentando elevada capacidade de aeração (NOGUERA et al., 2000). É um material vegetal de origem natural, renovável, sendo uma alternativa a ser empregada nas formulações de substratos (CARVALHO et al., 2006).

Este constituinte possui boa capacidade de retenção de água e ótima aeração, alta estabilidade física e molhabilidade, o que traz grandes vantagens, pois reduz a necessidade de irrigação frequente para o produtor (WENDLING et al., 2002), e vem sendo indicado para composição de substratos devido a apresentar boa estrutura física (FERRARI, 2003). De acordo

com Caldeira et al. (2014) o uso da fibra de coco é uma boa alternativa para formulação de substratos principalmente por ser de baixo custo e fácil obtenção quando se considera sua utilização em regiões produtoras dessa cultura.

Costa et al. (2007), avaliando o efeito da fibra de coco na produção de mudas de tomateiro, constataram que o aumento de sua proporção proporcionou maior ganho em germinação e maior índice de emergência. Porém as variáveis altura da planta, diâmetro do caule, e peso da matéria seca da parte aérea e radicular diminuíram, quando houve acréscimo da fibra de coco.

Em trabalho desenvolvido por Freitas et al. (2010), os autores avaliaram a qualidade de mudas de *Eucalyptus urophylla* produzidas em substratos formulados com 40% de casca de eucalipto decomposta, 30% de torta de filtro e complementando com fibra de coco, situação em que as mudas alcançaram médias de 39 cm de altura e 2,60 mm de diâmetro, apresentando dados satisfatórios.

Silva et al. (2012) também atestaram a qualidade de mudas de *E. urophylla* x *E. grandis* em substratos formulados com casca de arroz carbonizada e fibra de coco, sendo obtidas mudas com 37 cm de altura e 3,5 mm de diâmetro, consideradas aptas para a expedição. Essas pesquisas comprovam a importância da utilização desse constituinte na produção de mudas de espécies florestais e também seu emprego em espécies agrícolas.

2.3.4 Esterco bovino

O esterco bovino é bastante empregado como constituinte na formulação de substratos, geralmente quando a produção de mudas é realizada em sacos plásticos. De acordo com Trazzi et al. (2012), este constituinte de origem animal pode ser utilizado como substrato, contribuindo assim para a redução nos custos de produção de mudas florestais, desde que sejam formulados conjuntamente com materiais de boa qualidade.

Ao avaliarem o crescimento inicial em mudas de duas espécies florestais em substratos formulados com esterco bovino, Melo et al. (2014) observaram que estas apresentaram crescimento satisfatório apenas para o *Eucalyptus grandis*, enquanto que para *Eremanthus erythropappus* observou-se baixo crescimento e alta mortalidade em função de doses elevadas deste constituinte.

Oliveira et al. (2014) observaram em substratos formulados com 80% de esterco na avaliação de mudas de baruzeiro (*Dipteryx alata*), que enquanto algumas mudas apresentaram maior altura e número de folhas, houve elevada taxa de mortalidade para as demais,

comprovando que não é indicada a utilização de proporções elevadas de esterco bovino nas formulações. Dados semelhantes foram obtidos por Costa et al. (2012), avaliando esta mesma espécie, em que foi possível observar menor quantidade de massa radicular em formulações com elevada porcentagem (100%) de esterco bovino.

Desta maneira, deve-se ficar atento quanto à porcentagem desde constituinte durante as formulações, para que este possa ser empregado na produção de mudas de espécies florestais, contribuindo para a redução dos custos, devendo ser avaliado nas condições de cada local de produção e devidamente ajustadas as proporções, caso haja necessidade (KRATZ et al., 2013c).

2.3.5 Substratos comerciais

Geralmente os substratos comerciais são utilizados na formação de mudas, pois têm a vantagem de já virem prontos e formulados (KRATZ et al., 2013). Em trabalho desenvolvido por Costa et al. (2007), o substrato comercial Hortmix proporcionou os melhores resultados quanto às características analisadas quando comparado aos demais. Segundo os mesmos autores, isto pode estar relacionado à maior disponibilidade de nutrientes, principalmente o fósforo, e à retenção de umidade, favorecendo o processo germinativo e o desenvolvimento pós germinação.

Desempenhos superiores do substrato comercial Hortmix em relação a substratos alternativos também foram observados por Oliveira et al. (2004), em que os autores avaliaram a produção de mudas de tomateiro rasteiro. Em contrapartida, na avaliação do crescimento nas mudas de *E. benthamii*, em substrato comercial à base de casca de pinus e vermiculita (KRATZ et al., 2016), *E. dunnii* (KRATZ et al., 2013) e *E. grandis* (OLIVEIRA et al., 2008) utilizando-se o substrato comercial Plantmax, ambos proporcionaram menor crescimento das mudas em relação às outras formulações utilizadas.

Na avaliação de substratos alternativos para a produção de mudas de *Mimosa setosa*, Faria et al. (2016) constataram que as proporções de 25% de substrato comercial MecPlante, 35% de cama de frango e 40% de terra de subsolo, foi o tratamento que proporcionou as melhores médias para as características avaliadas.

Em trabalho desenvolvido por Pinho et al. (2018), em que os autores avaliaram a produção de mudas de baru (*Dipteryx alata*), utilizando diferentes constituintes para substrato, dentre eles o substrato comercial Bioflora, constataram que houve superioridade no desenvolvimento das mudas dessa espécie, produzidas em substratos contendo solo e substrato comercial quando comparado ao substrato composto por proporções de solo e esterco bovino.

Contudo, conforme Kratz et al. (2016) e Pinho et al. (2018), a desvantagem da utilização de um substrato comercial está em função do elevado custo quando comparado com constituintes regionais, sugerindo dessa forma o estudo de fontes alternativas mais acessíveis e viáveis economicamente.

2.4 Propriedades químicas e físicas dos substratos

As propriedades químicas de um substrato, estão relacionadas com a disponibilidade dos nutrientes presentes, os quais influenciam no crescimento das plantas, e referem-se principalmente ao valor de pH, a capacidade de troca de cátions (CTC) e a salinidade (KÄMPF, 2000; LUDWIG et al., 2008). Já as propriedades físicas, referem-se à densidade do material, a porosidade, entre outras, que estão ligadas aos espaços para trocas gasosas, em que o ideal é a escolha de constituintes que possuam valores adequados para essas características (KRATZ et al., 2013a)

De acordo com Carneiro (1995), quando o pH está muito elevado ou muito baixo, as raízes não conseguem aproveitar os nutrientes nas proporções adequadas, como consequência, isso influencia o desenvolvimento radicular das mudas (GONÇALVES e POGGIANI, 1996; RODRIGUES et al. 2002).

As propriedades físicas são de grande importância quando se almeja a produção de mudas de qualidade. Ao contrário das propriedades químicas, após formulados os substratos e acondicionados nos recipientes, é difícil a alteração dessas propriedades (KRATZ et al., 2013a), sendo ideal antes das formulações, a escolha de constituintes que proporcionem densidade adequada, espaço para trocas gasosas, entre outras (CALDEIRA et al., 2011b).

As principais características físicas avaliadas são porosidade, densidade e capacidade de retenção de água, que tem interferência principalmente na frequência de irrigações utilizadas, na coesão do torrão e na quantidade de raízes formadas, que consequentemente afetam o desenvolvimento das mudas (WENDLING et al., 2007).

2.4.1 Potencial hidrogeniônico (pH)

O conceito de pH indica a acidez ou alcalinidade relativa da solução. A sigla pH significa potencial hidrogeniônico e indica o teor de íons hidrônio ($H_3O^+(aq)$) livres por unidade de volume da solução. Quanto mais hidrônios houver no meio, mais ácida será a solução. Por consequência, pode-se dizer que quanto mais íons $OH^-(aq)$ houver no meio, mais

básica ou alcalina será a solução. A escala usual para compreensão de pH varia de 0 a 14, em temperatura de 25 °C, em que, quanto menor, mais ácida é a solução.

Valores fora da faixa ideal de pH (5,5 a 6,5 para espécies florestais), de acordo com Gonçalves e Poggiani (1996), podem afetar a disponibilidade de macro e micronutrientes, sendo prejudicial ao crescimento das mudas. Os valores de pH variam conforme o tipo de constituinte utilizado para formulação dos substratos (KRATZ et al., 2013a).

2.4.2 Condutividade elétrica (CE)

De acordo com Kämpf (2005), a condutividade elétrica (CE) demonstra a concentração de sais presentes na solução, fornecendo assim um parâmetro da estimativa da salinidade no substrato. A salinidade pode afetar negativamente a produção de mudas, fazendo-se necessário o seu conhecimento (KÄMPF, 2005).

Segundo Martinez (2002) a condutividade elétrica acima de 3,5 dS m⁻¹ é considerada excessiva para a maior parte das plantas cultivadas. De forma geral, para as espécies florestais, a CE deve estar entre 1,5 a 3,0 mS cm⁻¹. Na tabela 1 estão descritos os valores de salinidade conforme sua classificação.

Tabela 1- Classificação dos níveis de salinidade para substratos formulados.

Salinidade (g L ⁻¹)	Classificação
< 1,0	Baixa
1,0 a 2,0	Média ou normal
2,0 a 4,0	Alta
4,0 a 5,0	Muito alta
5,0 a 7,0	Extremamente alta
> 7,0	Tóxica

Fonte: Kämpf, (2005).

2.5 Propriedades físicas dos substratos

Em relação às propriedades físicas dos substratos, é utilizada a classificação proposta por Gonçalves e Poggiani (1996), em que os autores estabeleceram uma escala de valores para melhor interpretação dos resultados.

Tabela 2 - Escala de valores para interpretação de propriedades físicas de substratos utilizados na produção de mudas florestais

Propriedades Físicas	Nível		
	Baixo	Médio	Adequado

Densidade (kg m ⁻³)	< 250	250 - 500	450 - 550
Porosidade total (%)	< 55	55 - 75	75 - 85
Macroporosidade (%)	< 20	20 - 40	35 - 45
Microporosidade (%)	< 25	25 - 50	45 - 55
Capacidade máx. de retenção de água (mL 50 cm ⁻³)	< 15	15 - 25	20 - 30

Fonte: adaptado de Gonçalves e Poggiani (1996).

2.5.1 Densidade aparente

A densidade aparente é a relação da matéria seca e úmida do substrato pelo seu volume, sendo importante para interpretar variáveis, como disponibilidade de água, porosidade, aeração, além de outras (CARNEIRO, 1995; FERMINO, 2003). É fator importante quando se considera o manejo das mudas no viveiro e também a estabilidade das plantas (MARTÍNEZ, 2002).

Quando o substrato é muito leve, pode ser ruim para o suporte das mudas, em contrapartida, quando muito denso, pode ocorrer a impedância mecânica, dificultando o desenvolvimento radicular (KÄMPF et al. 1999). No momento do enchimento dos tubetes, a pressão exercida pode influenciar diretamente na densidade do mesmo. O nível de irrigação ou o efeito da chuva são variáveis que também têm forte influência na densidade do substrato no tubete (CARNEIRO, 1995; FERMINO, 2003).

Outros fatores que podem interferir na densidade do substrato formulado, é o tipo de constituinte utilizado e suas proporções, em que o ideal é utilizar proporções combinadas de vários materiais, melhorando assim a densidade do substrato, e com isto as mudas produzidas terão maior porcentagem de sobrevivência (KTRAZ et al., 2016), tanto no viveiro como quando serem implantadas no campo.

2.5.2 Porosidade

A porosidade de um substrato está relacionada com os espaços tomados por raízes, água e ar, no qual sua quantidade pode ser determinada pelo arranjo das partículas sólidas (CARNEIRO, 1995). De acordo com Kampf (2005), esta variável é importante pois influi no crescimento das plantas. Quanto maior a concentração de raízes, maior será a exigência em oxigênio e trocas gasosas para a respiração destas e para as atividades dos microrganismos.

A porosidade dos substratos formulados deve estar em equilíbrio entre macro e microporos. Para isso o substrato deve apresentar boa homogeneidade entre suas partículas (GONÇALVES e POGGIANI, 1996). Conforme Fermino et al. (2002) o conhecimento acerca

da porosidade dos constituintes utilizados, pode dar suporte ao entendimento da quantidade de irrigação a ser aplicada, para atender a demanda das espécies em fase de crescimento.

2.5.3 Capacidade de retenção de água

Segundo De Boodt et al. (1972), a capacidade de retenção de água refere-se à água facilmente disponível (volume de água liberado entre 10 e 50 kilopascal de tensão), água tamponante (volume de água liberado entre 50 e 100 kilopascal de tensão) e água remanescente (volume de água que permanece no substrato depois de aplicada a tensão de 100 kilopascal) .

É importante conhecer a capacidade de retenção de água de um substrato, sendo que por meio disto é possível planejar um manejo mais adequado de irrigação na produção de mudas. De acordo com Ludwig et al. (2008), a obtenção do conhecimento para formar um equilíbrio entre o espaço de aeração e água disponível é essencial para o desenvolvimento das raízes das plantas.

Conforme Ferrari (2003), a capacidade de retenção de água, é determinada pela quantidade e características dos constituintes utilizados, na formulação do substrato. Como exemplo a fibra de coco, que tem capacidade de reter grande quantidade de água, reduzindo a necessidade de irrigações ao longo do dia, principalmente no inverno, quando a taxa de transpiração é menor.

3. CONSIDERAÇÕES GERAIS

Diante da necessidade de formação de florestas produtivas é imprescindível a produção de mudas de qualidade. Para isso, é essencial a seleção de constituintes que atendam a essa demanda, garantido que as mudas produzidas possam apresentar em campo, capacidade de sobrevivência, resistência a estresses ambientais, maior crescimento inicial, influenciando diretamente na qualidade final da floresta.

Não há um substrato considerado ideal para todas as espécies, mas as pesquisas buscam selecionar aqueles com características físicas e químicas adequadas e também que sejam de fácil acesso e de baixo custo. Neste sentido, é de grande importância o estudo de constituintes alternativos e de preferência aqueles com disponibilidade na região, facilitando a sua obtenção e, por conseguinte, reduzindo o custo no processo de produção de mudas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANUÁRIO BRASILEIRO DA SILVICULTURA (ABAF). Santa Cruz do Sul: **Editora Gazeta Santa Cruz**, 56 p.2016. Acessado em: 08 de janeiro de 2019.

ARBOLES de Misiones: *Peltophorum dubium* (Spreng.) **Taub. Yvyrareta**, Eldorado, v.3, n.3, p.25-27, 1992.

BARTHOLO, G.F.; MAGALHÃES, A.A.R.; GUIMARÃES, P.T.G. et al. Cuidados na colheita, no preparo e no armazenamento do café. **Informe Agropecuário**, v.14, n.162, p.33-44, 1989.

CALDEIRA, M.V.W.; DELARMELINA, W. M.; FARIA, J. C. T.; JUVANOL. R.S. Substratos alternativos na produção de mudas de *Chamaecristadesvauxii*. **Revista Árvore**, v. 37, n. 1, p. 31-39, 2013.

CALDEIRA, M. V. W.; GONÇALVES, E. O.; TRAZZI, P. A.; DELARMELINA, W. M.; ROCHA, R. L. F. Crescimento de mudas de *Eucalyptusgrandis* utilizando lodo de esgoto, fibra de coco e palha de café *in natura*. **Floresta**, Curitiba, v. 44, n. 2, p. 195 - 206, 2014.

CALDEIRA. M. V. W.; ROSA, G. N.; FENILLI, T. A. B.; HARBS, R. M. P. Composto orgânico na produção de mudas de aroeira vermelha. **Scientiaagrária**, v.9, n.1, p.27-33, 2008.

CALDEIRA, M.V.W.; WENDLING, I.; PENCHEL, R.M.; GONÇALVES, E.O.; KRATZ, D.; TRAZZI, P.A. Principais tipos e componentes de substratos para produção de mudas de espécies florestais. In: CALDEIRA, M.V.W.; GARCIA, G.O.; GONÇALVES, E.O.; ARANTES, M.D.C; FIEDLER, N.C. (Ed). **Contexto e perspectivas da área florestal no Brasil**. Visconde do Rio Branco: Suprema, 2011a. v.1, p.51-100.

CALEGARI, L.; M, S, V.; CAMPOS, L. C.; SILVA, E.; GLERIANI, J. M. Avaliação do banco de sementes do solo para fins de restauração florestal em Carandaí, MG. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.37, n.5, p.871-880, 2013.

CARVALHO, P.E.R. **Espécies Arbóreas Brasileiras**. Coleção Espécies Arbóreas Brasileiras, vol. 1. Brasília: Embrapa Informações Tecnológica; Colombo, PR: Embrapa Florestas, 2003. 1.039 p.

CARVALHO, P.E.R. Produção de mudas de espécies nativas por sementes e implantação de povoamentos. In: GALVÃO, AP.M., coord. Reflorestamento de Propriedades Rurais para fins produtivos e ambientais: um guia para ações municipais e regionais. Brasília: **Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia**; Colombo, PR: Embrapa Florestas, 2.000. p. 151-174.

CARVALHO, J. M. C.; MAIA, G. A.; SOUZA, P. H. M.; MAIA JR, G. A. Água-de-coco: Propriedades nutricionais, funcionais e processamento. **Semina**, v.27, n. 3, p. 437-452, 2006.

CASSINI, S. T.; VAZOLLER, R. F.; PINTO, M. T. Introdução. In: CASSINI, S. T. (Coord.). Digestão de resíduos sólidos orgânicos e aproveitamento do biogás. Rio de Janeiro: **Prosab**, p. 1-9. 2003.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Café, Safra 2014**, Terceiro Levantamento, Brasília, p. 1-59, set. de 2014. Disponível também em: <http://www.conab.gov.br>. Acessado em 11 jan. 2018.

COSTA C. A.; RAMOS, S. J.; SAMPAIO, R. A.; GUILHERME, D. O.; FERNANDES L.A. Fibra de coco e resíduo de algodão para substrato de mudas de tomateiro. **Horticultura Brasileira**, v. 25. p. 387-391, 2007.

COUTO, M.; WAGNER JÚNIOR, A.; QUEZADA, A. C. Efeito de diferentes substratos durante a aclimatização de plantas micropropagadas do porta-enxerto mirabolano 29c (*Prunus cerasifera* Ehrh.) em casa de vegetação. **Revista brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 9, n. 2, p. 125-128, 2003.

DA ROS. C. O.; REX, F. E.; RIBEIRO, I. R.; KAFER, P. S.; RODRIGUES, A. C.; SILVA, R. F.; SOMAVILLA, L. Uso de substrato compostado na produção de mudas de *Eucalyptus dunniie Cordia trichotoma*. **Floresta e Ambiente**, 22(4): 549-558, 2015.

DE BOODT, M.; VERDONCK, O. The physical properties of the substrates in horticulture. **Acta Horticulturae**, Wageningen, v. 26, p. 37-44, 1972.

DELARMELINA, W. M.; CALDEIRA, M. V. W.; FARIA, J. C.T.; GONÇALVES, E. O. Uso de lodo de esgoto e resíduos orgânicos no crescimento de mudas de *Sesbaniavirgata*(Cav.) Pers^l. **Revista Agro@mbiente Online**, v. 7, n. 2, p. 184-192, maio-agosto, 2013.

DO VALE, A. R. CALDERARO, R. A. P.; FAGUNDES, F. N. A cafeicultura em minas gerais: estudo comparativo entre as regiões Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba e Sul/Sudoeste. **Revista de Geografia Agrária**. Edição especial do XXI ENGA-2012, p. 1-23, 2014.

FARIA, J. C. T.; CALDEIRA, M. V. W.; DELARMELINA, W. M.; ROCHA, R. L. F. Substratos alternativos na produção de mudas de *Mimosasetosa* Benth. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 26, n. 4, p. 1075-1086, 2016.

FERRARI, M. P. **Cultivo do Eucalipto: produção de mudas. sistemas de produção 4**. Versão Eletrônica. 2003.

FERREIRA, M. **Escolha de Espécies de Eucalipto. Circular Técnica, IPEF**, v.47, p.1-30, 1979.

FERMINO, M.H. O uso da análise física na avaliação da qualidade de componentes e substratos. In: FURLANI, A.M.C., et al. (Coord.). **Caracterização, manejo e qualidade de substratos para produção de plantas**. 1.ed. Campinas: Instituto Agrônomo, 2002. p. 79. (Documentos IAC, 70)

FIRMINO, A. C.; TOZZE JUNIOR, H. J.; SOUZA, I. C. G.; FURTADO, E. L. Resistência de genótipos de eucalipto a *Ceratocystis* spp. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 41, n. 98, p. 165-173, 2013.

- FREITAS, G. A. **Validação de substratos e proporção de casca de arroz carbonizada para produção de mudas de alface em sistema orgânico**. Gurupi: Universidade Federal do Tocantins, Dissertação Mestrado, 61p, 2010.
- FREITAS, T. A. S.; BARROSO, D. G.; SOUZA, L. S.; CARNEIRO, J. G. A.; PAULINO, G. M. Produção de mudas de eucalipto com substratos para sistema de blocos. **Revista Árvore**, Viçosa, v.34, n.5, p.761-770, 2010.
- GUEDES, M. C.; ANDRADE, C. A.; POGGIANI, F.; MATTIAZZO, M. E, Propriedades químicas do solo e nutrição do eucalipto em função da aplicação de lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, 30:267-280, 2006.
- GUERRINI, I. A.; TRIGUEIRO, R. M. Atributos físicos e químicos de substratos compostos por biossólidos e casca de arroz carbonizada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, n. 6, p. 1069-1076, 2004.
- GURGEL, J. T. A.; CAVALCANTI, G. R. A. **Behavior and survival of Eucalyptus species in the State of São Paulo**, Brazil. In: Documents fao third world consultation on foresttree breeding, csiro, Canberra, n. 1, p.181-189, 1978.
- HIGASHIKAWA, F. S.; C. A.; BETTIOL, W. Chemical and physical properties of organic residues. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, v.34, p. 1732-1752, 2010.
- HODGE, G. R.; DVORAK, W. S. Provenance variation and within provenance genetic parameters in *Eucalyptus urophylla* across 125 test sites in Brazil, Colombia, Mexico, South Africa and Venezuela. **Tree Genetics & Genomes**, Heidelberg, v. 11, n. 3, p. 1-18, 2015.
- KÄMPF, A. N.; HAMMER, P. A.; KIRK, T. Impedância mecânica em substratos hortícolas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.11, p.2157-2161, nov. 1999.
- KÄMPF, A. N. Substrato. In: KÄMPF, A. N. **Produção comercial de plantas ornamentais**. 2ª edição, Guaíba: Agrolivros, 2005. p. 45 – 72.
- KING, S.R.; AMBIKA, R. Allelopathic plants. 5. *Chromolaena odorata* (L.). **Allelopathy Journal**, v.9, p. 35-41, 2002.
- KLEIN, C. Utilização de substratos alternativos para produção de mudas. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, Curitiba, v. 4, p. 43-63, 2015.
- KRATZ, D.; WENDLING, I. Produção de mudas de *Eucalyptus dunnii* em substratos renováveis. **Floresta, Curitiba**, v. 43, n. 1, p. 125 - 136, jan./mar. 2013.
- KRATZ, D.; WENDLING, I. Crescimento de mudas de *Eucalyptus camaldulensis* em substratos à base de casca de arroz carbonizada. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 63, p. 348-354, 2016.
- LIMA, R. L. S.; FERNANDES, V. L. B. OLIVEIRA, V. H. HERNANDEZ, F. F. F. Crescimento de mudas de cajueiro-anão precoce CCP-76 submetidas a adubações orgânica e mineral. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 23, n. 2, p. 391-395, 2001.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa: Plantarum, 1992. 352p.

LUDWIG, L.; FERNANDES, D.M.; SANCHES, L.V.C.; VILLAS BOAS, R.L. Caracterização física de substratos formulados a partir de casca de pínus e terra vermelha. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE SUBSTRATOS PARA PLANTAS - Materiais Regionais como substrato, 6, 2008, Fortaleza. **Anais eletrônicos**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, SEBRAE /CE e UFC, 2008. Disponível em: < http://www.cnpat.embrapa.br/viensub/Trab_PDF/sub_2.pdf >. Acesso em dez. 2018.

MACHADO, J. W. B.; ALENCAR, F. O. C. C.; RODRIGUES, M. G. R. **Árvores de Brasília**. Brasília: GDF, Secretaria de Obras e Serviços Públicos, Departamento de Praças e Jardins, 1992.

MARTÍNEZ, P. F. Manejo de substratos para horticultura. IN: FURLANI, A. M. C. et al. **Caracterização, manejo e qualidade de substratos para a produção de plantas**. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas. 2002. p. 53-76.

MEDEIROS, C. A. B.; RODRIGUES, L. T.; TERRA, S. Casca de arroz e sua carbonização para utilização em substratos. Pelotas: Embrapa Clima Temperado. **Embrapa Clima Temperado – Circular Técnica**, 2008.

MELO, L. A.; PEREIRA, G. A.; MOREIRA, E. J. C.; DAVIDE, A. C.; SILVA, E. V.; TEIXEIRA, L. A. F. Crescimento de mudas de *Eucalyptus grandis* e *Eremanthus erythropappu* ssob diferentes formulações de substrato. **Floresta e Ambiente**, v.21, n.2, p.234-242, 2014.

MESQUITA, E. F.; CHAVES, L. H. G.; FREITAS, B. V.; SOUSA, M. V. R.; ANDRADE, R. Produção de mudas de mamoeiro em função de substratos contendo esterco bovino e volumes de recipientes. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.7, n.1, p.58-65, 2012.

MINAMI, K. Adubação em substrato. In: KAMPF, A. N.; FERMINO, M. H. Substrato para plantas: a base da produção vegetal em recipientes. Porto Alegre: **Gênesis**, 2000. 312 p.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA). **Instrução Normativa SARC N.º 14**. Diário Oficial da União- Seção 1, n.º 242, 17 de dezembro de 2004. Definições e normas sobre as especificações e as garantias, as tolerâncias, o registro, a embalagem e a rotulagem dos substratos para plantas. Brasília, 2004.

MOURA, V. P. G. **Provenance variation of *Eucalyptus camaldulensis*** Dehnh, in Brazil. Oxford: Oxford University, 1986. 304 p. Tese de doutorado.

NEVES, J. M. G.; SILVA, H. P.; DUARTE, R. F. Uso de substratos alternativos para produção de mudas de moringas. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró, v. 5, n. 1, p. 173-177, 2010.

NOGUERA, P.; ABAD, M.; NOGUERA, V.; PUCHADES, R.; MAQUIEIRA, A. Coconutcoirwaste, a new andviableecologically-friendlypeatsubstitute. **ActaHorticulturae**, v. 517, p. 279-286, 2000.

OLIVEIRA, G. B.; MOTA, W.F.; MAGALHÃES, V. R.; ALVES, F.G.; SILVEIRA, EKCP.; TARCHETTI, G. P. Produção de mudas de tomateiro rasteiro com a utilização de substratos alternativos ao produto comercialmente utilizado. **Horticultura Brasileira**, n. 22, 2004.

OLIVEIRA, R. B.; LIMA, J. S. S.; SOUZA, C. A. M.; SILVA, S.; MARTINS FILHO, S. Produção de mudas de essências florestais em diferentes substratos e acompanhamento do desenvolvimento em campo. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 1, p. 122-128, 2008.

PANDEY, A.; SOCCOL, C. R.; NIGAM, P.; BRAND, D.; MOHAN, R.; ROUSSOS, S. Biotechnological potential of coffee pulp and coffee husk for bioprocesses. **Biochemical Engineering Journal**, v.6, p. 153-162, 2000.

PEREIRA AS, OLIVEIRA LB, REIS MM. Emissões de CO2 Evitadas e Outros Benefícios Econômicos e Ambientais Trazidos pela Conservação de Energia Decorrente da Reciclagem de Resíduos Sólidos no Brasil. In: **Anais do III Encontro Nacional da Sociedade Brasileira de Economia Ecológica**, 1999.

PÉREZ, J. F. M.; SCOLFORO, J. R.; OLIVEIRA, A. D.; MELLO, J. M.; BORGES, L. F. R.; CAMOLESI, J. F. Sistema de manejo para a candeia - *Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish - a opção do sistema de corte seletivo. **Cerne**, 10(2):257-273, 2004.

PERONI, L. Substratos renováveis na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* W. Hill exMaiden. 82f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais), **Universidade Federal do Espírito Santo**, ES, 2012.

PIETRO-SOUZA, W.; SILVA, N.M. Plantio manual de muvuca de sementes no contexto da restauração ecológica de áreas de preservação permanente degradadas. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Mossoró, RN, v. 9, n. 3, p. 63-74, 2014.

PINHO, E. K. C.; LOPES, A. N. K.; COSTA, A. C.; SILVA, A. B. V et al. Substratos e tamanhos de recipiente na produção de mudas de baruzeiro (*Dipteryx alata* Vog.). **Ciência Agrícola**, Rio Largo, v. 16, n. 1, p. 11-19, 2018

PINTO, D. S.; RESENDE, R. T.; MESQUITA, A. G. G.; ROSADO, A. M.; CRUZ, C. D. Seleção precoce para características de crescimento em testes clonais de *Eucalyptus urophylla*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 42, n. 102, p. 251-257, 2014.

ROSA, M. F.; BEZERRA, F. C.; CORREIA, D.; SANTOS, F. J. S.; ABREU, F. A. P., FURTADO, A. A. L.; BRÍGIDO, A. K. L.; NORÕES, E. R. V. **Utilização da Casca de Coco como Substrato Agrícola. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical**. 2002. 24p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Documentos, 52).

ROTA, L. D.; PAULETTI, G. F. Efeito da adição de casca de arroz em substrato comercial a base de turfa na produção de mudas de *Viola tricolor* L. **Revista Brasileira de Agrociência**. Pelotas, v.14, n.3-4, p.45-48, 2008.

SAIDELLES, F. L. F.; CALDEIRA, M. V. W.; SCHIRMER, W. N.; SPERANDIO, H. V. Casca de arroz carbonizada como substrato para produção de mudas de tamboril-da-mata e garapeira. **Ciências Agrárias**, Londrina, v. 30, suplemento 1, p. 1173-1186, 2009.

SANTARELLI, E.G. Produção de mudas de espécies nativas para florestas ciliares. In: RODRIGUES, R.R.; LEITÃO FILHO, H. F. Matas ciliares conservação e recuperação. São Paulo: **Editora da Universidade de São Paulo/Fapesp**, p. 313-317, 2004.

SANTOS, F. E. V.; KUNZ, S. H.; CALDEIRA, M. V. W.; AZEVEDO, C. H. S.; RANGEL, O. J. P. Características químicas de substratos formulados com lodo de esgoto para produção de mudas florestais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.18, n.9, p.971-979, 2014.

SCHMITZ, J. A. K.; SOUZA, P. V. D. de; 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, v. 32, n. 6, p. 937-94, 2002.

SILVA, R. R.; RODRIGUES, L. U.; FREITAS, G. A.; MELO, A. V.; NASCIMENTO, I. R.; D ANDREA, A. F. Influência de casca de arroz carbonizada em diferentes substratos na qualidade de mudas de tomateiro. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**. Recife, v.7, p.803-809, 2012.

SILVA, R.P.; PEIXOTO, J.R.; JUNQUEIRA, N.T.V. Influência de diversos substratos no desenvolvimento de mudas de maracujazeiro azedo (*Passiflora edulis Sims flavicarpa* DEG). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.23, n.2, p.377-381, 2001.

SILVA, R. B. G.; SIMÕES, D.; SILVA, M. R. Qualidade de mudas clonais de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* em função do substrato. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.16, n.3, p. 297- 302, 2012.

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*, v. 24, n. 3, p. 609-619, 2014.

SCOLFORO, J. R.; OLIVEIRA, A. D.; DAVIDE, A. C. “Manejo sustentado das candeias *Eremanthus erythropappus* (DC.) McLeisch e *Eremanthus incanus* (Less.) Less”. Departamento de Ciências Florestais, Universidade Federal de Lavras, 2004.

SCOLFORO, J. R. S.; OLIVEIRA, A. D.; DAVIDE, A. C. O manejo sustentável da candeia: o caminhar de uma nova experiência florestal em Minas Gerais. Lavras, Editora: UFLA. 2012.

SILVEIRA, E.B.; RODRIGUES, V.J.L.B.; GOMES, A.M.A.; MARIANO, R.L.R.; MESQUITA, J.C.P. Pó de coco como substrato para produção de mudas de tomateiro. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 20, n. 2, p. 211-216, junho 2.002

SOARES, F. C.; MELLO, R. P.; PEITER, M. X.; BELLE, R. A.; ROBAINA, A. D.; VIVAN, G. A.; PARIZI, A. R. C. Consumo de água pela cultura do lírio, cultivado em substratos alternativos em condições de ambiente protegido. **Ciência Rural** [online]. v.42, n.6, p.1001-1006, 2012.

STURION JA.; ANTUNES B. M. A. Produção de mudas de espécies florestais. In: Galvão APM. Reflorestamento de propriedades rurais para fins de produtivos e ambientais: um guia para ações municipais e regionais. Colombo: **EMBRAPA Florestas**; 2000.

- TEIXEIRA, M.C.B.; NUNES, Y.R.F.; MAIA, K.M.P.; RIBEIRO, R.N. **Influência da luz na germinação de sementes de candeia (*Vanillosmopsis erythropappa* S. hu. Bip.)**. In: ENCONTRO REGIONAL DE BOTÂNICA, 28., 1996, Belo Horizonte. Anais, Belo Horizonte: SBB. Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, 1996. p.35-41.
- TELES, C. R.; COSTA, A. N.; GONCALVES, R. F. Produção de lodo de esgoto em lagoas de estabilização e o seu uso no cultivo de espécies florestais na região sudoeste do Brasil. **Sanare, Curitiba**, v. 12, p. 53-60, 1999.
- TOLEDO FILHO, D.V. de.; PARENTE, P.R. Arborização urbana com essências nativas. **Boletim Técnico do Instituto Florestal**, São Paulo, v.42, p.19-31, 1988.
- TRAZZI, P. A.; CALDEIRA, M.V. W.; COLOMBI, R.; PERONI, L.; GODINHO, T. O. Estercos de origem animal em substratos para a produção de mudas florestais: atributos físicos e químicos. **Sci. For.**, Piracicaba, v. 40, n. 96, p. 455-462, dez. 2012.
- TRIGUEIRO, R. M.; GUERRINI, I. A. Uso de biossólido como substrato para produção de mudas de eucalipto. **Revista ScientiaFlorestalis**, v.64, n.2, p.150-162, 2003.
- VALERI, S. V.; CORRADINI, L. Fertilização em viveiro para produção de mudas de *Eucalyptus* e *Pinus*. In: GONÇALVES, J. L. M., BENEDETTI, V. **Nutrição e Fertilização Florestal**. Piracicaba: IPEF, p.168-189, 2008.
- VIANI, R.A.G.; RODRIGUES, R.R. Sobrevivência em viveiro de mudas de espécies nativas retiradas da regeneração natural de remanescente florestal. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 42, n.8, p.1067-1075, 2007.
- WENDLING, I.; GATTO, A. **Substratos, adubação e irrigação na produção de mudas**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2002.

CAPITULO 2–CRESCIMENTO INICIAL DE TRÊS ESPÉCIES FLORESTAIS PRODUZIDAS EM DIFERENTES FORMULAÇÕES DE SUBSTRATOS

INITIAL GROWTH OF THREE FOREST SPECIES PRODUCED IN DIFFERENT SUBSTRATE FORMULATIONS

Oclizio Medeiros das Chagas Silva, Marileydy Marínez Hernández, Rodolfo Soares de Almeida, Ramon Pittizer Moreira, Nicolas Augusto Pereira, Lucas Amaral de Melo, Paulo Sérgio dos Santos Leles

RESUMO

A qualidade da muda produzida está diretamente relacionada com a composição do substrato, sendo essencial a seleção de constituintes que apresentem características adequadas, capazes de proporcionar subsídios ao crescimento da planta. Objetivou-se avaliar o crescimento inicial de mudas de *Eucalyptus urophylla*, *Peltophorum dubium* e *Eremanthus erythropappus* e também relacionar as características físicas e químicas dos substratos formulados com a qualidade das mudas formadas. Para isso, foram formulados substratos com constituintes à base de fibra de coco, esterco bovino, casca de arroz carbonizada e casca de café carbonizada, empregando-se como testemunha o substrato comercial Maxfértil. Para cada espécie foi conduzido um experimento, no qual foi montado no ano de 2018, sendo instalados em delineamento inteiramente casualizado (DIC), constituídos por cinco tratamentos, cinco repetições, e a unidade amostral composta por 20 mudas. Aos 120 dias após a germinação, foram mensurados a altura das mudas (H), o diâmetro do coleto (DC), sendo posteriormente calculada a relação altura/diâmetro do coleto (H/DC). Foram escolhidas quatro plantas por parcela para realização de análises destrutivas, para obtenção do peso da matéria seca da parte aérea (MSPA) e da matéria seca radicular (MSR). Após as variáveis coletadas, foram calculadas o peso da matéria seca total (MST), a relação entre pesos da matéria seca da parte aérea e da matéria seca do sistema radicular (RMSPAR) e o índice de qualidade de Dickson (IQD). Como análises qualitativas, foram feitas a avaliação de facilidade de retirada das mudas do recipiente e agregação das raízes ao substrato, escolhendo-se quatro plantas por parcela para este procedimento. As mudas formadas nos substratos formulados com constituintes alternativos apresentaram valores superiores quando comparados às mudas produzidas com o substrato comercial, para a maioria das variáveis analisadas. A casca de café contribuiu para a melhoria das propriedades físicas dos substratos, ao passo que para as propriedades químicas, não houve variação expressiva entre os tratamentos. Os constituintes alternativos podem ser aplicados na produção de mudas de *P. dubium* nas proporções de 30% de esterco bovino + 20% de fibra de coco + 30% de casca de arroz carbonizada e 20% de casca de café carbonizada ou 30% de esterco bovino + 20% de fibra de coco + 15% de casca de arroz carbonizada e 35% de casca de café carbonizada, substituindo parcialmente a necessidade de uso da casca de arroz. Para a produção de mudas de *E. urophylla*, recomendam-se os substratos formulados com 30% de esterco bovino + 20% de fibra de coco e 50% de casca de café carbonizada, podendo substituir totalmente a necessidade de uso da casca de arroz na produção de mudas dessa espécie. Já para a formação de mudas de *E. erythropappus*, não se recomenda nenhuma das formulações testadas nessa pesquisa.

Palavras-chave: Constituintes renováveis. Parâmetros morfológicos. Qualidade de mudas florestais.

ABSTRACT

The quality of the seedling produced is directly related to the composition of the substrate, being essential the selection of constituents that present adequate characteristics, capable of providing subsidies to the plant growth. The objective of this study was to evaluate the initial growth of *Eucalyptus urophylla*, *Peltophorum dubium* and *Eremanthus erythropappus* seedlings and also to relate the physical and chemical characteristics of the formulated substrates to the quality of the seedlings formed. For this, substrates were prepared with constituents based on coconut fiber, bovine manure, charcoal rice husk and carbonized coffee husk, using the Maxfértil commercial substrate as a control. For each species, an experiment was carried out, in which it was assembled in 2018, with a completely randomized design (DIC), consisting of five treatments, five replications, and the sample unit composed of 20 seedlings. At 120 days after germination, the height of the seedlings (H), the diameter of the collection (DC), and the height /diameter ratio of the collection (H/DC) were then calculated. Four plants were selected per plot for destructive analysis to obtain the dry weight of shoot (MSPA) and root dry matter (MSR). After the collected variables, the weight of the total dry matter (MST), the ratio between dry matter weight of the aerial part and dry matter of the root system (RMSPAR) and the Dickson quality index (IQD) were calculated. Qualitative, the evaluation of the ease of removal of the seedlings from the container and the aggregation of the roots to the substrate were made, choosing four plants per plot for this procedure. The seedlings formed in the substrates formulated with alternative constituents presented higher values when compared to the seedlings produced with the commercial substrate, for most of the analyzed variables. The coffee husks contributed to the improvement of the physical properties of the substrates, whereas for the chemical properties, there was no significant variation between the treatments. The alternative constituents can be applied in the production of *P. dubium* seedlings in the proportions of 30% of bovine manure + 20% coconut fiber + 30% charcoal rice husk and 20% charcoal coffee husk or 30% bovine manure + 20% coconut fiber + 15% charcoal rice husk and 35% carbonized coffee husk, partially replacing the need to use the rice husk. For the production of *E. urophylla* seedlings, the substrates formulated with 30% bovine manure + 20% coconut fiber and 50% carbonized coffee husk are recommended, and can replace totally the need to use rice husk in the production of seedlings of this species. For the formation of *E. erythropappus* seedlings, none of the formulations tested in this research are recommended.

Keywords: Renewable constituents. Morphological parameters. Quality of forest seedlings.

1. INTRODUÇÃO

Para a formação de povoamentos produtivos, é necessário a produção de mudas com qualidade, o que depende de vários fatores, dentre os quais, os constituintes do substrato e suas proporções (ELOY et al., 2013; SANTOS et al., 2014).

O principal constituinte utilizado na formulação de substratos era o próprio solo, combinado com esterco bovino, principalmente para produção de mudas em sacos plásticos

(TRAZZI et al., 2012). Mas com o avanço da tecnologia na produção de mudas e a maior utilização de tubetes, surgiram outros tipos de materiais considerados renováveis, tendo como componentes cascas, serragens, compostos orgânicos, turfas, dentre outros (KRATZ et al., 2016).

Durante a seleção de substratos que atendam aos requisitos demandados para produção de mudas de qualidade, algumas características devem ser observadas. O substrato deve ser de baixo custo, ser de fácil acessibilidade, apresentar homogeneidade, não degradar ou encolher de forma significativa com o uso, e estar isento de patógenos (CALDEIRA et al., 2013; KRATZ et al., 2016). Também devem ser consideradas as características físicas e químicas dos constituintes, como densidade, porosidade, pH, condutividade elétrica, entre outras (DORNELLES et al., 2014).

De acordo com Delarmelina et al. (2013), os substratos podem ser constituídos por um único material ou podem ser formulados utilizando-se diferentes tipos de materiais, sendo este último caso o mais indicado, pois reúne-se várias características consideradas desejáveis em uma só mistura. Entre os constituintes mais utilizados, destacam-se a vermiculita, a casca de arroz carbonizada, a fibra de coco, as serragens, as turfas, dentre outros (COSTA et al., 2017).

A fibra de coco é um material que vem sendo bastante utilizado nas formulações dos substratos. As principais características deste material são o baixo custo, ser de fácil manuseio, apresentar boa capacidade de absorção de água e proporcionar ótima taxa de germinação às sementes (NOGUEIRA et al., 2000). Este material apresenta boa aeração e alta estabilidade física, características ideais para quando se considera um bom constituinte para substrato (DELARMELINA et al., 2014; SOUZA et al., 2015).

O esterco bovino é empregado principalmente devido ao seu baixo custo e fácil acessibilidade, colaborando na redução de custos na produção de mudas (TRAZZI et al., 2012). Contribui para a melhoria da qualidade física do substrato, influenciando a capacidade de infiltração de água, melhorando também a possibilidade de penetração radicular (ANDREOLA et al., 2000).

Por outro lado, o emprego de um substrato comercial é vantajoso, pois já vem pronto e formulado. A desvantagem está no fato da casca de pinus, principal constituinte dos substratos comerciais estar diminuindo, devido à área plantada de *Pinus* spp. no Brasil ter queda nos últimos anos, reduzindo a produção deste resíduo (ABRAF, 2010). Além da redução de áreas plantadas de *Pinus* spp., sua casca também é utilizada para outros fins, como a queima para a

geração de energia, diminuindo ainda mais a disponibilidade desse subproduto (KRATZ et al., 2013a).

Outro constituinte bastante utilizado na produção de mudas é a casca de arroz. Esta pode contribuir na melhoria das propriedades físico-hídricas, principalmente devido ao aumento da porosidade dos substratos (KLEIN et al., 2015). Porém a principal desvantagem está relacionada a sua disponibilidade e alto custo do transporte, para a obtenção em regiões distantes, o que eleva o custo final da muda (KRATZ et al., 2013a).

Neste sentido, o uso de resíduos regionais pode reduzir consideravelmente o custo do substrato (WENDLING et al., 2007; MELO et al., 2014). Ultimamente, nas regiões produtoras de café, como é o caso da região do sul de Minas Gerais, vem sendo testada a casca de café em diferentes formas na produção de mudas, surgindo como uma boa opção, principalmente devido a fácil acessibilidade e custo reduzido.

Em relação ao uso deste resíduo como constituinte na formulação de substratos, na literatura ainda há poucos estudos sobre seus efeitos. Porém, em trabalho conduzido por Caldeira et al. (2013), os resultados obtidos foram semelhantes aos encontrados quando se utiliza a casca de arroz. Neste contexto, é importante a realização de mais estudos que avaliem se este constituinte possui potencial para ser empregado na produção de mudas, substituindo assim a dependência pela casca de arroz.

Diante do exposto, objetivou-se avaliar o crescimento inicial de mudas de três espécies florestais produzidas em diferentes formulações de substratos alternativos e também correlacionar as características físicas e químicas dos substratos formulados com a qualidade das mudas formadas, aferindo sobre a possibilidade de substituição do constituinte casca de arroz carbonizada pela casca de café carbonizada.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O teste foi conduzido em um viveiro florestal localizado no sul de Minas Gerais, no período de abril a novembro de 2018. As espécies arbóreas utilizadas foram *Eucalyptus urophylla* (S. T. Blake), *Peltophorum dubium* (Spreng.) e *Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish.

De acordo com a classificação climática de Köppen, o clima da região é Cwa, temperado chuvoso (mesotérmico) com inverno seco e verão chuvoso, subtropical, a temperatura do mês mais quente é maior que 22 °C, com temperatura média de 19,9°C, apresentando pluviosidade média anual de 1486 mm (DANTAS et al., 2007; ALVARES et al., 2013).

2.1 Obtenção e preparo dos constituintes para formulação dos substratos

Foram avaliados quatro tipos de constituintes para formulação dos substratos: casca de café carbonizada, casca de arroz carbonizada, fibra de coco e esterco bovino. Como testemunha, foi empregado o substrato comercial Maxfértil, composto de casca de pinus, fosfato natural, casca de arroz carbonizada e vermiculita. Para cada espécie foi conduzido um experimento, instalado em delineamento inteiramente casualizado (DIC), constituído de cinco tratamentos, com cinco repetições, sendo a unidade experimental composta por 20 mudas. As proporções dos tratamentos estão dispostas na Tabela 1.

Tabela 1. Proporções volumétricas dos constituintes (%) utilizados na formulação dos substratos para a produção de mudas de *Eucalyptus urophylla*, *Peltophorum dubium* e *Eremanthus erythropappus*.

Table 1. Proportions of the constituents (%) used in the formulation of substrates for the production of *Eucalyptus urophylla*, *Peltophorum dubium* and *Eremanthus erythropappus* seedlings.

Tratamentos	ES	FC	CAC	CCC	SC
T1	30	20	50	-	-
T2	30	20	30	20	-
T3	30	20	15	35	-
T4	30	20	-	50	-
T5	-	-	-	-	100

Em que: ES - Esterco bovino; FC - Fibra de coco; CAC - Casca de arroz carbonizada; CCC - Casca de café carbonizada e SC - Substrato comercial.

A casca de café utilizada foi adquirida por meio de doação de cafeicultores rurais nas proximidades do local de produção. A casca de arroz foi adquirida de uma empresa de beneficiamento de arroz, localizada no Centro-Oeste de Minas Gerais. O esterco foi cedido por um produtor rural próximo ao viveiro, enquanto o substrato comercial e a fibra de coco foram obtidos em loja de insumos agropecuários.

A casca de café e casca de arroz passaram pelo processo de carbonização ao ar livre nas dependências do viveiro. Em uma área aberta, foram adicionados 500 litros do subproduto de café. Este foi amontoado ao redor da base de um carbonizador, de maneira uniforme, e em seguida foi ateado fogo nas laterais do carbonizador. Com o auxílio de uma pá e enxada, o material foi manuseado até a completa carbonização, sendo posteriormente espalhado e aspergido água com o auxílio de uma mangueira, para evitar quaisquer resquícios de fogo. O mesmo procedimento foi aplicado para a carbonização da casca de arroz.

Após este procedimento, foram determinadas as proporções de cada constituinte, e em seguida realizada a mistura dos mesmos com o uso de uma betoneira, até completa homogeneização, evitando o fracionamento entre os constituintes. Para melhor crescimento das mudas, durante a mistura dos constituintes, foram adicionados adubo de liberação lenta (Osmocote) na proporção 4 kg m^{-3} de substrato.

2.2 Análises químicas e físicas dos substratos formulados

Com o intuito de caracterização física e química, amostras dos substratos formulados e uma amostra individual da casca de café, foram encaminhadas ao Laboratório de Substratos do Departamento de Horticultura e Silvicultura da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

Para caracterização química dos substratos, foram feitas as avaliações de potencial hidrogeniônico (pH) determinado em água, diluição 1:5 (v/v) e condutividade elétrica (CE) obtida em solução 1:5 (v/v), de acordo com metodologia descrita na Instrução Normativa nº 17, de 21 de maio 2007 (MAPA, 2004). Para melhor compreensão e confiabilidade dos dados, foram realizadas três replicatas por amostras (BRASIL, 2007).

Para análises físicas, foram realizadas as avaliações de densidade úmida (DU), densidade seca (DS), umidade atual (UA), porosidade total (PT), espaço de aeração (EA), água facilmente disponível (AFD), água tamponante (AT), água remanescente (AR), capacidade de retenção de água (CRA) sob sucção de 10, 50 e 100 cm de coluna de água determinado em base volumétrica - v/v e água disponível (AD), que foi obtida pela soma de AFD + AT.

A determinação da densidade foi realizada por meio do Método da Auto compactação (HOFFMANN, 1970), ao passo que as curvas de retenção de água, foram determinadas em funis de tensão, de acordo com os princípios de De Boot et al. (1972).

2.3 Processo de produção de mudas

Para a produção das mudas, as sementes das três espécies foram coletadas na região sul de Minas Gerais. Para a formação das mudas, foram utilizados tubetes de 55 cm^3 para o *E. urophylla* e de 110 cm^3 para o *P. dubium* e para a *E. erythropappus*. Estes foram acondicionados em bandejas alocadas em canteiros suspensos, a aproximadamente 80 cm do solo.

A semeadura foi realizada diretamente nos tubetes, sendo semeadas entre três a quatro sementes por recipiente. Posteriormente, as sementes foram cobertas com o mesmo substrato

utilizado no enchimento dos recipientes e, sobre as bandejas, foi colocada tela sombrite 50%, como forma de proteção contra a ação de gotas de chuvas e radiação direta. A partir da emergência das plântulas, a tela sombrite foi retirada.

Aos 15 dias após a germinação, foi realizado o desbaste, deixando-se uma plântula por recipiente, escolhendo-se a que apresentou maior vigor e a mais centralizada (ABREU et al., 2017). A irrigação das mudas foi feita por sistema de microaspersão, três vezes por dia. Aos 60 dias, foi realizada a alternagem das mudas, com o objetivo de reduzir a competição por luz, e aumentar o espaçamento entre as mesmas, contribuindo para o melhor crescimento das mudas.

Durante o processo de produção das mudas, foram realizados tratos culturais, sendo feita a retirada de plantas daninhas e musgos dos recipientes, que prejudicavam o desenvolvimento das mudas. A cada 15 dias, foram feitas adubações de cobertura, com cloreto de potássio (KCl) e monoamônio fosfato (MAP), na proporção de 100g e 1000g, respectivamente, diluídos em 100 L de água, solução suficiente para 10000 mudas, sendo aplicada com o auxílio de um regador.

Com a finalidade de se evitar a ocorrência de doenças fúngicas, que causam tombamento nas mudas de *E. erythropappus*, conforme Melo et al. (2014), foi feito o tratamento com aplicação de pencicuirom (feniluréia), um fungicida protetor e específico para o controle de rizoctoniose (BRASIL, 2013), na dosagem de 3 ml L⁻¹, aplicando a solução sobre as mudas com o auxílio de um regador.

2.4 Caracterização morfológica e qualitativa das mudas

Para avaliação da qualidade das mudas, aos 120 dias após germinação em todas as mudas, foi mensurado o diâmetro do coleto (DC), com auxílio de um paquímetro digital (mm), e a altura da parte aérea (H), com uso de régua graduada (cm).

Foram feitas análises destrutivas para obtenção do peso da matéria seca da parte aérea (MSPA) e da matéria seca radicular (MSR). Para este procedimento foram escolhidas quatro mudas por parcela, aquelas que apresentaram valores mais próximos da média para diâmetro e altura. As mudas escolhidas tiveram suas raízes lavadas em água corrente para retirada do substrato, foram separadas a parte aérea do sistema radicular, e as mesmas foram devidamente identificadas, acondicionadas em sacos de papel e em seguida, encaminhadas para estufa, onde ficaram por um período de 72 horas, à temperatura de 65°C, sendo, posteriormente, pesadas em balança analítica com precisão de 0,001 g.

Após avaliadas as características, foram calculados a relação entre altura da parte aérea e diâmetro do coleto (H/DC), o peso da matéria seca total (MST), a relação entre matéria seca da parte aérea e matéria seca radicular (RMSPAR) e o índice de qualidade de Dickson (IQD). O Índice de Qualidade de Dickson foi obtido por meio da fórmula de Dickson (1960):

$$IQD = \frac{MST (g)}{H(cm)/DC (mm) + MSPA (g)/MSR(g)}$$

Em que: MST é o peso da matéria seca total; H é a altura; DC é o diâmetro do coleto; MSPA é o peso matéria seca da parte aérea; e MSR é o peso da matéria seca radicular.

Como análises qualitativas, foram feitas avaliações de facilidade de retirada das mudas do recipiente e agregação das raízes ao substrato, adaptando-se à metodologia descrita por Wendling et al. (2007). Para este procedimento, foram selecionadas também quatro mudas por parcela. Para avaliação de facilidade de retirada do tubete foram atribuídas notas de um a dez, sendo um a dificuldade máxima e dez a facilidade máxima de retirada das mudas do recipiente, após três batidas na parte superior do tubete.

Quanto à agregação das raízes ao substrato, após as mudas serem retiradas dos tubetes, estas foram soltas em queda livre a cerca de um metro do solo. Ao torrão esboroadado foi atribuída nota de um a dez, sendo um para a muda totalmente esboroadada e dez para o torrão íntegro, conforme gabarito (Figura 1).

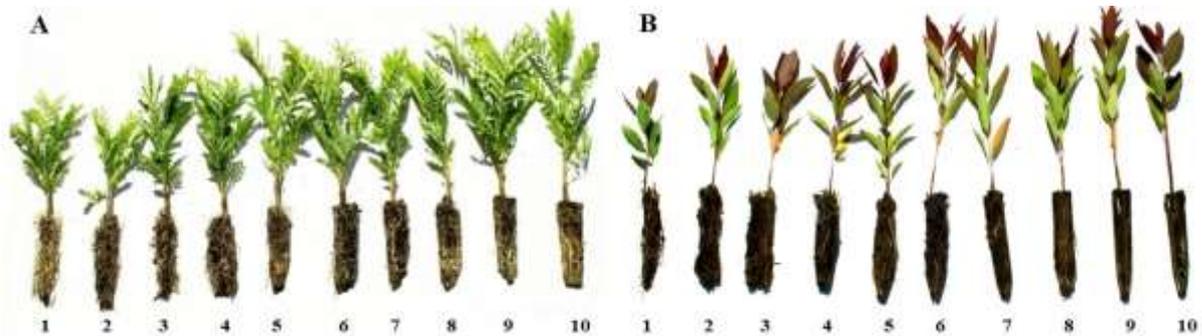


Figura 1. Índices de agregação das raízes ao substrato em mudas de *Peltophorum dubium* (A) e *Eucalyptus urophylla* (B), aos 120 após germinação.

Figure 1. Root aggregation indices of the substrate in seedlings of *Peltophorum dubium* (A) and *Eucalyptus urophylla* (B) at 120 after germination.

2.5 Análises estatísticas realizadas

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e, quando significativo foi aplicado o teste Tukey a 5% de probabilidade de erro, por meio do Software SISVAR, versão 5.6. (FERREIRA, 2014).

Para melhor compreensão da influência das diferentes formulações dos substratos na qualidade das mudas produzidas, foi realizada uma análise multivariada. Por meio da análise dos componentes principais (ACP), foi possível agrupar os tratamentos conforme seu desempenho. A ACP foi realizada baseada na matriz de correlação, utilizando-se o programa R OriginLab Versão 8.6 (WU et al., 2017; XIANG LI et al., 2018).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados referentes às análises físicas e químicas dos substratos formulados encontram-se na Tabela 2.

Tabela 2. Caracterização física e química dos substratos formulados para produção de mudas de *Eucalyptus urophylla*, *Peltophorum dubium* e *Eremanthus erythropappus*.

Table 2. Physical and chemical characterization of the substrates formulated for the production of *Eucalyptus urophylla*, *Peltophorum dubium* and *Eremanthus erythropappus* seedlings.

Parâmetros	Unidade	Tratamentos				
		T1	T2	T3	T4	T5
pH	-	6,87	7,28	7,59	7,57	5,53
CE	mS cm ⁻¹	1,05	0,93	1,13	1,27	0,23
DU	kg m ⁻³	344,76	406,82	386,19	396,14	625,47
DS	kg m ⁻³	244,84	240,08	282,90	271,88	308,80
UA	%	29,00	40,98	26,75	31,40	50,63
PT	%	85,11	86,93	79,80	78,62	85,49
EA	%	46,21	40,96	28,69	34,64	28,17
AFD	%	13,03	15,22	17,04	11,78	19,42
AT	%	1,45	0,76	1,29	0,56	2,24
AR	%	24,42	30,00	32,78	31,65	35,66
CRA (10)	%	38,90	45,97	51,11	43,99	57,32
CRA (50)	%	25,87	30,76	34,07	32,21	37,90
CRA (100)	%	24,42	30,00	32,78	31,65	35,66

Em que: pH = determinado em água, diluição 1:5 (v/v); CE = condutividade elétrica obtida em solução 1:5 (v/v); DU = densidade úmida; DS = densidade seca; UA = Umidade atual; PT = porosidade total; EA = espaço de aeração; AFD = água facilmente disponível; AT = água tamponante; AD = água disponível; AR = Água remanescente; CRA10 = capacidade de retenção de água sob sucção de 10 cm de coluna de água; CRA50 = capacidade de retenção de água sob sucção de 50 cm de coluna de água; CRA100 = capacidade de retenção de água sob sucção de 100 cm de coluna de água.

Quando se almeja a produção de mudas de qualidade, o substrato deve apresentar boas características físicas e químicas. Segundo KRATZ et al. (2013), as propriedades físicas dos substratos são mais importantes que as químicas, pois após a formulação do substrato e seu acondicionamento nos recipientes, é difícil a interferência nas propriedades físicas. Em contrapartida, as características químicas podem ser manejadas com a adição de corretivos e

fertilizantes por meio da irrigação ou fertirrigação durante a formação das mudas. Dentre os atributos químicos dos substratos geralmente são estudados a influência do potencial de hidrogênio (pH), a condutividade elétrica e a salinidade (SCHMITZ *et al.*, 2002; CALDEIRA *et al.*, 2011b).

Ao avaliar a Tabela 2, nota-se que os valores de pH variaram de 5,53 a 7,59. Segundo Gonçalves e Poggiani (1996), a faixa de pH ideal para a maioria das culturas florestais se situa na faixa de 5,5 a 6,5. Quando o pH está muito elevado ou muito baixo, as raízes não conseguem aproveitar os nutrientes nas proporções adequadas, como consequência, isso influencia o desenvolvimento radicular das mudas (RODRIGUES *et al.*, 2002). Levando em consideração esses autores, em que valores de pH fora da faixa ideal, pode comprometer o crescimento das mudas, apenas o T5 (substrato comercial) apresentou valor de pH adequado. O T1 apresentou pH moderado, bem próximo do limite recomendado para espécies florestais. Os demais tratamentos apresentaram pH elevado, de teor básico, fora da faixa ideal.

Foi verificado que, quando houve o aumento da proporção da casca de café no substrato, o valor do pH aumentou. Um dos motivos para este aumento pode estar relacionado com o elevado período de carbonização deste subproduto, que segundo Kloss *et al.* (2012) este processo pode aumentar o valor do pH do material. Ao avaliar a amostra individual da casca de café carbonizada (Tabela 3), notou-se que o pH apresentou valor de 9,20, considerado alto, corroborando com dados de Kloss *et al.* (2012). Para as demais variáveis não houve diferenças entre a amostra individual da casca de café e as formulações testadas.

Tabela 3. Caracterização física e química de uma amostra individual da casca de café carbonizada.

Table 3. Physical and chemical characterization of an individual sample of the carbonized coffee husk.

Parâmetros	Unidade	Amostra individual da casca de café carbonizada
pH	-	9,20
CE	mS cm ⁻¹	0,77
DU	kg m ⁻³	206,94
DS	kg m ⁻³	177,18
UA	%	14,38
PT	%	68,56
EA	%	37,13
AFD	%	1,49
AT	%	0,07
AR	%	29,87
CRA (10)	%	31,43
CRA (50)	%	29,94

CRA (100) % 29,87

Em que: pH = determinado em água, diluição 1:5 (v/v); CE = condutividade elétrica obtida em solução 1:5 (v/v); DU = densidade úmida; DS = densidade seca; UA = Umidade atual; PT = porosidade total; EA = espaço de aeração; AFD = água facilmente disponível; AT = água tamponante; AD = água disponível; AR = Água remanescente; CRA10 = capacidade de retenção de água sob sucção de 10 cm de coluna de água; CRA50 = capacidade de retenção de água sob sucção de 50 cm de coluna de água; CRA100 = capacidade de retenção de água sob sucção de 100 cm de coluna de água.

Em relação à condutividade elétrica (CE), observou-se pequena variação entre as formulações dos tratamentos T1, T2, T3 e T4, variando de 0,93 a 1,27 mS cm⁻¹. Notou-se que nos tratamentos T3 e T4, com maior porcentagem de casca de café, o valor para condutividade foi maior. Em contrapartida, a testemunha apresentou valor baixo em relação aos demais, sendo considerada como de baixa condutividade.

Conforme Martinez (2002), a condutividade elétrica acima de 3,5 dS m⁻¹ é considerada excessiva para a maior parte das plantas cultivadas. De forma geral, para as espécies florestais, a CE deve estar entre 1,5 a 3,0 mS cm⁻¹ (KÄMPF, 2005). De acordo com Rodrigues et al. (2002), altos valores de condutividade elétrica podem danificar as raízes das plantas e os pelos radiculares, os quais podem interferir na absorção de água e nutrientes, e conseqüentemente prejudicar o desenvolvimento das mudas.

Na avaliação das propriedades físicas, os dados foram comparados de acordo com a classificação descrita por Gonçalves e Poggiani (1996). Para densidade úmida o tratamento T1 apresentou o menor valor 344,6 kg m⁻³. O maior valor foi obtido na testemunha 625,47 kg m⁻³. Considerando a classificação de Gonçalves e Poggiani (1996) em que o valor de 250 kg m⁻³ para densidade é considerado baixo, valores entre 250 a 500 kg m⁻³ são considerados médios e valores entre 450 a 500 kg m⁻³, são considerados adequados, os tratamentos T1, T2, T3 e T4 apresentaram valores médios, ao passo que a testemunha apresentou valor alto, ultrapassando o limite máximo. De forma geral, formulações que geram substratos mais densos apresentam menor espaço entre as partículas, o que dificulta as trocas gasosas e a circulação de água, dificultando o crescimento radicular das mudas.

Para densidade seca, os valores variaram de 244,84 a 308,80 kg m⁻³. Os valores do tratamento T1 e T2 com menor porcentagem de casca de café foram inferiores aos demais tratamentos e considerados baixos, segundo a classificação proposta por Gonçalves e Poggiani (1996). Para os tratamentos T3 e T4, quando houve aumento da proporção deste constituinte, alcançou-se valores médios, seguidos pela testemunha.

A densidade de um substrato é uma característica muito importante quando se avalia a qualidade das mudas. Segundo Fermino (2002), a densidade tem relação inversamente

proporcional com a porosidade total e, de certa forma, esta pode auxiliar no entendimento da porosidade. Quando avaliada a porosidade total, esta apresentou baixa variação entre os tratamentos. Os valores variaram de 78,62 a 86,93%. Os substratos formulados em T1, T2 e T5 apresentaram valores de 85,11, 86,93 e 85,49%, um pouco acima da classificação indicada por Gonçalves e Poggiani (1996), que consideram valores adequados para essa variável em até 85%. Os demais tratamentos apresentaram valores de porosidade dentro da faixa adequada.

A porosidade é importante para o crescimento das mudas. Constituintes a base de cascas fornecem maior porosidade aos substratos, conseqüentemente contribuem para o aumento da formação de raízes, devido aos espaços para troca gasosa, auxiliando na respiração do sistema radicular (COUTO et al., 2003; FERRAZ et al., 2005; KRATZ et al., 2013a).

Apesar da porosidade total ser uma variável importante a ser avaliada, o indicado é que sua interpretação seja realizada de forma fracionada em macro e microporosidade. Quando ocorre a saturação, os macroporos são preenchidos por ar e o seu volume é definido como espaço de aeração (EA). Em contrapartida, os microporos são preenchidos por água, na qual seu volume se relaciona com a capacidade de retenção hídrica do substrato (CRA) (SCHMITZ et al., 2002).

Neste sentido, ao avaliar os dados da macroporosidade, os tratamentos T1, T2 e T4 apresentaram valores de 46,21, 40,96 e 34,64% respectivamente, no qual foram classificados como valores adequados segundo classificação de Gonçalves e Poggiani (1996). Os tratamentos T3 e T5 apresentaram valores médios para essa variável.

Uma das formas de se elevar a macroporosidade de um substrato é a complementação dos constituintes com material mais leve (GONÇALVES E POGGIANI 1996). Geralmente vem sendo aplicado materiais que contêm cascas em sua composição, como a de arroz e a casca de café, empregadas neste estudo.

Na avaliação da microporosidade considerando a CRA (10kpa), a testemunha apresentou valores acima do adequado. Os tratamentos T1, T2 e T4 apresentaram valores considerados médios, ao passo que o T3 apresentou valor adequado (GONÇALVES; POGGIANI, 1996).

Os substratos formulados com esterco bovino, fibra e coco, casca de arroz carbonizada e casca de café carbonizada apresentaram valores médios e adequados para microporosidade, ao passo que a testemunha apresentou valores acima do indicado. Esse resultado corrobora aos de Gonçalves e Poggiani (1996), os quais afirmam que materiais com baixa densidade, como materiais carbonizados, elevam a macroporosidade das misturas e reduzem a capacidade de

retenção de água do substrato. No entanto, deve-se ficar atento, pois conforme Guerrini e Trigueiro (2004), altas proporções de materiais como as cascas podem se tornar inviáveis, em virtude do alto consumo de água para irrigação.

Como critérios físicos, a capacidade de retenção de água deve ser considerada como de suma importância para avaliação de qualidade dos substratos. De acordo com Wendling et al. (2007), substratos que possuem baixa capacidade de retenção de água, exigem maiores quantidades de lâmina de irrigação, ao passo que em substratos com maior microporosidade deve haver maior controle de irrigação para evitar encharcamento e redução de aeração das raízes. Neste sentido, o tratamento T5 (testemunha) foi o que apresentou os maiores valores de CRA a 10, 50 e 100 nas avaliações, influenciando negativamente no desenvolvimento da maioria das variáveis avaliadas, possivelmente devido ao excesso hídrico ocasionado.

Quando avaliada a quantidade de água facilmente disponível (AFD), todos os substratos demonstraram valores abaixo do limite que é entre 20 a 30% (DE BOODT; VERDONCK, 1972; GONÇALVES e POGGIANI, 1996). Para a variável água tamponante (AT), todos os substratos formulados apresentaram valores abaixo dos recomendados por DeBoot e Verdonck (1972), e Haynes e Goh (1978). Estes autores estipulam como valor de referência a porcentagem de AT entre 4 a 10%. Na avaliação da água remanescente (AR), os resultados variaram de 24,42 a 35,66%, no qual o menor valor foi encontrado no tratamento T1 e o maior valor foi apresentado pela testemunha.

De forma geral, os tratamentos formulados com diferentes proporções de esterco bovino, fibra de coco, casca de arroz carbonizada e casca de café carbonizada demonstraram valores melhores para as características físicas quando comparados ao substrato comercial Maxfertil.

Após análises das propriedades físicas e químicas dos substratos formulados, foram avaliados os parâmetros morfológicos e também realizadas as análises qualitativas em mudas de *P. dubium* e *E. urophylla*.

Para a espécie *E. erythropappus*, não foi possível fazer a avaliação devido à alta mortalidade das mudas dessa espécie, durante o processo de formação das mudas. Isto pode ter ocorrido devido às proporções de esterco contidos nesses tratamentos, conforme já elucidado por Melo et al. (2014). Estes autores, ao avaliarem o crescimento inicial de *Eremanthus erythropappus* sob diferentes formulações de substratos, constataram que a utilização de esterco no substrato foi prejudicial ao crescimento de mudas dessa espécie.

No entanto, para mudas de *P. dubium* e *E. urophylla*, o uso de substratos alternativos proporcionou, conforme análise de variância, efeito significativo ($p < 0,05$) para a maioria das características avaliadas. De acordo com a Tabela 3, observa-se que mudas de *P. dubium* e *E. urophylla*, produzidas nos tratamentos formulados com esterco bovino, fibra de coco, casca de arroz carbonizada e casca de café carbonizada foram superiores entre a maioria das características avaliadas, quando comparadas com a testemunha (substrato comercial).

Tabela 4. Valores médios do diâmetro do coleto (DC), altura (H), relação altura/diâmetro do coleto (H/DC), massa seca de parte aérea (MSPA), massa seca radicular (MSR), massa seca total (MST), relação massa seca da parte aérea/raiz (RMSPAR), Índice de Qualidade de Dickson (IQD), facilidade de retirada das mudas dos tubetes (FRT) e índice de agregação (AGR) em mudas de *Peltophorum dubium* e *Eucalyptus urophylla*, aos 120 após germinação.

Table 4. Mean values of collection diameter (DC), height (H), collection height / diameter ratio (H/DC), dry shoot mass (MSPA), root dry mass (MST), root dry matter / root dry matter ratio (RMSPAR), Dickson quality index (IQD), ease of seedling removal (FRT) and aggregation index (AGR) in seedlings of *Peltophorum dubium* and *Eucalyptus urophylla* 120 after germination.

<i>Peltophorum dubium</i> (angico amarelo)										
Trat.	DC (mm)	H (cm)	H/DC ---	MSPA (g)	MSR (g)	MST (g)	RMSPAR ---	IQD ---	FRT ---	AGR ---
T1	4,58 a	17,96 a	3,94 b	2,69 a	1,53 ab	4,22 a	1,75 b	0,74 ab	3,28 c	7,09 a
T2	4,49 a	17,29 ab	3,85 b	2,64 a	1,95 a	4,59 ab	1,36 bc	0,89 a	5,50 bc	7,65 a
T3	4,64 a	18,15 a	3,91 b	2,69 a	0,98 b	3,67 ab	2,76 a	0,55 b	6,25 ab	6,67 a
T4	3,08 b	15,64 ab	5,10 a	1,68 b	1,75 a	3,43 ab	0,98 c	0,56 b	8,25 a	8,12 a
T5	3,47 b	13,86 b	3,99 b	2,00 ab	1,10 b	3,11 b	1,80 b	0,54 b	8,50 a	5,88 a
CV%	9,99	12,10	8,99	19,94	20,81	18,63	16,61	22,53	18,98	17,74
<i>Eucalyptus urophylla</i> (eucalipto)										
Trat.	DC (mm)	H (cm)	H/DC ---	MSPA (g)	MSR (g)	MST (g)	RMSPAR ---	IQD ---	FRT ---	AGR ---
T1	2,39 a	15,41 a	6,46 b	1,00 a	0,73 a	1,73 ab	1,35 a	0,22 a	10,00 a	9,60 a
T2	2,13 ab	14,70 a	6,90 ab	0,76 a	0,57 a	1,33 b	1,39 a	0,16 b	9,33 b	9,13 a
T3	2,39 a	15,33 a	6,42 b	1,03 a	0,76 a	1,79 a	1,39 a	0,23 a	8,40 c	6,20 c
T4	2,49 a	15,95 a	6,47 b	1,03 a	0,71 a	1,74 ab	1,44 a	0,22 a	9,47 ab	7,00 b
T5	1,95 b	14,76 a	7,56 a	0,77 a	0,58 a	1,35 b	1,33 a	0,15 b	9,20 b	4,60 d
CV%	9,02	5,08	6,67	18,61	14,94	13,72	21,86	13,52	3,15	4,99

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

O diâmetro do coleto é uma das características mais observadas ao avaliar os parâmetros de qualidade de uma muda, pois pode indicar a capacidade de sobrevivência e consequentemente o crescimento das mudas em campo (SOUZA et al., 2006; PEZZUTTI et al., 2011). Para *P. dubium*, as maiores médias em diâmetro foram obtidas nas mudas com as

formulações dos tratamentos T1, T2 e T3. Para os tratamentos T5 (testemunha) e T4 foram encontradas as menores médias de diâmetro, diferindo significativamente dos demais tratamentos. Para o *Eucalyptus urophylla*, na avaliação do diâmetro, os maiores valores foram encontrados nas mudas dos tratamentos T1, T2, T3 e T4. Os menores valores foram obtidos nas mudas do T5.

Com relação ao diâmetro do coleto, Davide et al. (2015) sugerem que o valor de 3 mm de diâmetro pode ser considerado como um padrão mínimo, para espécies florestais nativas na fase de expedição. Neste sentido, todos os tratamentos da espécie *P. dubium* apresentaram valor superior ao valor estipulado por esses autores. Para mudas de espécies exóticas, como o *E. urophylla*, indica-se o valor igual ou maior que 2 mm (DANIEL et al., 1997). Neste experimento, apenas as mudas do tratamento testemunha não apresentaram valores acima de 2 mm.

Dados semelhantes em diâmetro foram obtidos por Melo et al. (2014), em que os autores avaliaram diferentes formulações de substrato, contendo esterco de curral curtido, casca de arroz carbonizada e fibra de coco e, após 110 dias da semeadura, as mudas de *Eucalyptus grandis* apresentaram diâmetro que variaram de 2,14 a 3,21 mm. Em contrapartida, Kratz et al. (2013b), avaliando o crescimento inicial de mudas de *Eucalyptus benthamii* em substratos formulados com fibra de coco, casca de arroz carbonizada, lodo de esgoto e casca de pinus semidecomposta em diferentes formulações, observaram valores de diâmetro de coleto médio de 1,70 mm, sendo inferior ao encontrado neste estudo.

Quando avaliadas as alturas das mudas de *P. dubium*, as médias variaram de 13,86 a 18,15 cm. O tratamento que apresentou maior média para essa variável foi o T3, diferindo estaticamente do T5, que proporcionou mudas de menor porte. Na avaliação da altura das mudas de *E. urophylla* não houve diferença significativa entre os tratamentos.

A altura das mudas é um critério bastante utilizado para avaliar a qualidade das mudas, sendo muito empregada principalmente por ser de fácil mensuração e não há necessidade de destruição desta (GOMES et al., 2002; CAIONE et al., 2012). Contudo, indica-se que essa característica seja avaliada em conjunto com outras variáveis para melhor compreensão dos resultados. Os resultados positivos encontrados para *P. dubium* nos tratamentos T1, T2 e T3 podem estar relacionados com os constituintes esterco bovino, casca de arroz carbonizada e casca de café carbonizada que são considerados materiais orgânicos, e contribuíram para melhorar as condições físicas, químicas dos substratos (GUERRINI; TRIGUEIRO, 2004).

Outro fator que pode ter colaborado para os resultados desses tratamentos foi a utilização da fibra de coco em conjunto com a casca de café e casca de arroz, sendo considerados materiais leves e porosos contribuindo para o melhor crescimento em altura das mudas (GONÇALVES; POGGIANI, 1996). Porém quando houve elevada porcentagem de casca de café, como no T4, as mudas de *P. dubium* não se desenvolveram muito bem. Em contrapartida, esse tratamento apresentou bons valores para as mudas do *E. urophylla*.

Em trabalho desenvolvido por Caldeira et al. (2013), os autores avaliaram a influência de substratos alternativos na produção de mudas de *Chamaecrista desvauxi* e constataram que os constituintes cascas de arroz carbonizada e casca de café foram essenciais para o desenvolvimento em altura das mudas desta espécie. Dados semelhantes foram obtidos para este trabalho, no qual as mudas apresentaram valores superiores para essa variável, quando comparados as mudas do tratamento testemunha.

Analisando-se as médias da relação altura da parte aérea/diâmetro do coleto (H/DC), em mudas de *P. dubium*, o maior valor (5,10) foi obtido em mudas do T4, diferindo estaticamente das mudas dos demais tratamentos. Quando analisada a H/DC das mudas de *E. urophylla*, as mudas do T2 e T5 foram as que apresentaram as maiores médias.

A relação altura/diâmetro é bastante utilizada na avaliação de qualidade das mudas de espécies florestais. Tem como vantagens a junção de duas variáveis em apenas uma, expressando seu equilíbrio de crescimento, e conseqüentemente sobrevivência da muda em campo (DANIEL et al., 1997; STURION et al., 2000) e ainda é de fácil mensuração, em que não é preciso análises destrutivas para sua obtenção (GOMES et al., 2002). Birchler et al. (1998) recomendam que mudas de qualidade devam apresentar valores dessa relação inferiores a 10.

Na avaliação das mudas de *P. dubium*, as médias variaram de 3,85 a 5,10, no qual o maior valor obtido foi nas mudas do T4. Para as mudas de *E. urophylla*, as médias de H/DC variaram de 6,42 a 7,56, sendo os maiores valores observados nas mudas dos tratamentos T2 e T5. Levando em consideração a classificação de Birchler et al. (1998), as mudas das duas espécies apresentaram valores satisfatórios, estando dentro do intervalo indicado, consideradas assim, mudas de qualidade.

Na avaliação do crescimento de mudas de *E. grandis* x *E. urophylla*, Simões et al. (2012) encontraram valores entre 9,39 e 12,13, Kratz e Wendling (2013), em *E. dunnii*, com média 6,52 a 8,95. Pode-se afirmar que há uma grande variação entre os dados obtidos para essa relação, que depende do tipo de constituinte utilizado, da qualidade do material, do teor de nutrientes que influenciam no crescimento das mudas, entre outros (GOMES et al., 2002).

Quanto aos dados referentes ao peso da matéria seca da parte aérea (MSPA), do peso da matéria seca das raízes (MSR) do peso da matéria seca total (MST) para as mudas do *E. urophylla* e do *P. dubium*, não houve diferença significativa entre os tratamentos.

A MSPA, MSR e MST são importantes quando se avalia o aporte de biomassa da planta, no qual esse crescimento pode estar relacionado com os tipos e proporções dos constituintes utilizados, dos componentes físicos e químicos, do manejo das mudas, além de outros fatores (GOMES et al., 2013; FREITAS et al., 2013).

Neste trabalho, as mudas produzidas nas proporções entre casca de arroz e casca de café carbonizada foram superiores aos valores das mudas do tratamento testemunha. Dessa forma, pode-se inferir que os constituintes alternativos tiveram uma parcela significativa no desenvolvimento destas características, corroborando com dados encontrados por Kratz e Wendling (2013) em que os autores avaliaram constituintes semelhantes.

Outro ponto a ser observado é que segundo Clement e Machado (1997) a utilização de compostos com características orgânicas, como a casca de arroz, a casca de café e o esterco bovino, podem ter interferência direta na produção de biomassa e desenvolvimento radicular, principalmente devido à melhoria nas características físicas e hídricas proporcionadas por estes constituintes, corroborando com dados encontrados neste trabalho.

Ao avaliar a relação da parte aérea e matéria seca das raízes (RMSPAR), em mudas de *P. dubium*, houve diferenças significativas entre os tratamentos, sendo os menores valores observados em mudas do T4, ao passo que o maior valor foi obtido em mudas do T3. Para a relação do peso da matéria seca da parte aérea e matéria seca das raízes (RMSPAR) do *E. urophylla* não houve diferença estatística entre os tratamentos. Conforme Gomes et al. (2002) e Caldeira et al. (2012) a RMSPAR não é um bom parâmetro de avaliação de qualidade de mudas florestais, por ser um método destrutivo e de difícil interpretação, e em alguns casos, possui relação contraditória com o crescimento das mudas em campo.

Por outro lado, de acordo com Birchler et al. (1998), essa variável pode expressar o equilíbrio entre a parte aérea e a quantidade de raízes, em que, quanto maior o valor, maior será a área foliar, podendo ocorrer desequilíbrio no crescimento da muda e ocorrência de tombamento da mesma, assim como prejudicar a absorção de água e nutrientes, sendo prejudicial para o crescimento da muda (CALDEIRA et al., 2012).

Para a compreensão dessa variável indica-se a razão de 2,0 ou menor valor como ótimo (DANIEL et al., 1997; CALDEIRA et al., 2000). Neste sentido, apenas o tratamento T3 do *P. dubium* apresentou valor acima do ideal. Para os demais tratamentos e incluindo os dados de *E.*

urophylla, as médias obtidas dessa relação foram inferiores a 2,0 podendo indicar um equilíbrio no ganho de matéria seca da parte aérea e matéria seca radicular.

Para analisar se os constituintes utilizados nas formulações dos substratos foram positivos na produção de mudas de *P. dubium*, foi calculado o índice de qualidade de Dickson (IQD). Na avaliação deste índice, não foram encontradas diferenças significativas entre os tratamentos. Na avaliação deste, para as mudas de *E. urophylla*, os tratamentos T1, T3 e T4 apresentaram as maiores médias sendo 0,22, 0,23 e 0,22 respectivamente.

O índice de qualidade de Dickson é considerado um bom indicador para avaliação da qualidade das mudas, pois agrega os demais parâmetros morfológicos em uma única avaliação, e quanto maior o seu valor, maior será a capacidade da muda sobreviver em campo. (FONSECA et al. 2002). Este parâmetro é muito empregado nas avaliações, pois considera a robustez e o equilíbrio entre as características de avaliação de qualidade das mudas (AGUIAR et al., 2011). Contudo a literatura evidencia que o IQD é uma característica que varia em função da espécie, do tipo de constituinte utilizado nas formulações dos substratos, da forma de manejo das mudas do viveiro, entre outros (TRAZZI et al., 2010; GOMES et al., 2013).

Quando avaliada a facilidade de retirada das mudas dos tubetes (FRT) das mudas de *P. dubium*, o T1 apresentou menor valor. Na avaliação da FRT em mudas de *E. urophylla*, obteve-se valores próximos a 10, valor este considerado como bom, para a maioria dos tratamentos, em que apenas nas mudas do T3 foram observadas menores médias. Kratz et al. (2016), avaliando a FRT de mudas de *Eucalyptus camaldulensis* em substratos à base de casca de arroz carbonizada, constataram que todos os tratamentos avaliados apresentaram valores próximos a 8. Dados encontrados para este estudo, em mudas de *E. urophylla*, foram superiores aos obtidos por Kratz et al. (2016), ao passo que para mudas de *P. dubium* os resultados foram inferiores.

De acordo com metodologia descrita por Wendling et al. (2007), quanto menor o valor para esse índice, maior será a dificuldade de retirada das mudas dos tubetes, podendo demonstrar também que há uma maior quantidade de raízes nos tratamentos T1, T2, que podem ter interferido neste procedimento. Porém, o fato de maior quantidade de raízes atrapalhar a FRT, pode indicar que esses tratamentos apresentaram maior formação de raízes, sendo considerado essencial para o melhor desenvolvimento das mudas em campo (TRIGUEIRO e GUERRINI, 2003).

A avaliação de retirada das mudas dos tubetes é importante, pois está relacionada com a qualidade do torrão formado e considera se a remoção das mudas dos tubetes é uma atividade onerosa ou não (WENDLING et al. 2007). Quanto mais fácil esta operação, menos gastos terá

no preparo das mudas para plantio. Porém, conforme Trigueiro e Guerrini (2003) a FRT pode estar relacionada com o baixo enraizamento, apresentando assim fácil operação, mas, conseqüentemente, como característica negativa de baixa quantidade de biomassa radicial, sendo prejudicial para desenvolvimento da planta em campo.

Na avaliação de agregação das raízes ao substrato, para *P. dubium*, não houve diferenças significativas entre os tratamentos. Para agregação das mudas de *E. urophylla* ao substrato, os maiores valores obtidos foram para o T1 e o T2. A diferença maior foi observada na testemunha, sendo que este tratamento apresentou valor de 4,60, abaixo dos valores encontrados por Wendling et al. (2007), em que avaliaram a agregação do substrato de mudas de *Ilex paraguariensis* em substratos orgânicos, compostos por casca de pinus, esterco bovino, serragem, semidecomposta, palito de erva-mate, terra de subsolo e húmus de minhoca, e obtiveram valores entre 6 e 9 para este índice.

O substrato para ser considerado adequado para a produção de mudas deve fornecer condições adequadas ao crescimento radicular, possibilitar boa agregação das raízes, para que quando o torrão for removido do tubete, este não se rompa, o que pode ocasionar exposição das raízes ao ressecamento e dificultar a sobrevivência das mudas em campo (WENDLING et al. (2007).

O coeficiente de variação (CV) para a maioria das avaliações feitas ficou em um intervalo considerado adequado (Tabela 3). Segundo Pimentel-Gomes (2009) CV são considerados baixos quando inferiores a 10%, médios quando estão entre 10 a 20%, altos quando estão entre 20 a 30% e muitos altos quando superiores a 30%. Assim, as variáveis apresentaram valores adequados para CV, inferindo assim que os dados avaliados foram bem retratados e as análises explicaram todas as características avaliadas.

Ao observar a figura 2 abaixo, resultado da análise dos componentes principais é possível notar a interação entre os componentes para o *Peltophorum dubium* e *Eucalyptus urophylla*. Na análise de componentes principais, para cada eixo os maiores valores indicam a variável mais representativa, explicando assim a maior parcela da variância do conjunto original de dados (XIANGI et al., 2018). Para a espécie *P. dubium*, ao analisar o primeiro componente principal do lado esquerdo da linha vertical que passa pelo zero, observam-se os tratamentos T1, T2 e T3, mostrando maior correlação entre as variáveis analisadas, demonstrando que esses tratamentos foram melhores para essa espécie.

O tratamento T4 posicionado do lado direito da linha vertical apresentou correlação para a relação altura/diâmetro do coleto, sendo inversamente proporcional ao diâmetro do coleto e a

massa seca da parte aérea. Já a testemunha (T5) também do lado direito demonstrou baixa correlação entre a maioria as características avaliadas, apresentando correlação apenas com a facilidade das mudas dos tubetes, sendo esta inversamente proporcional à altura das mudas como já visto anteriormente.

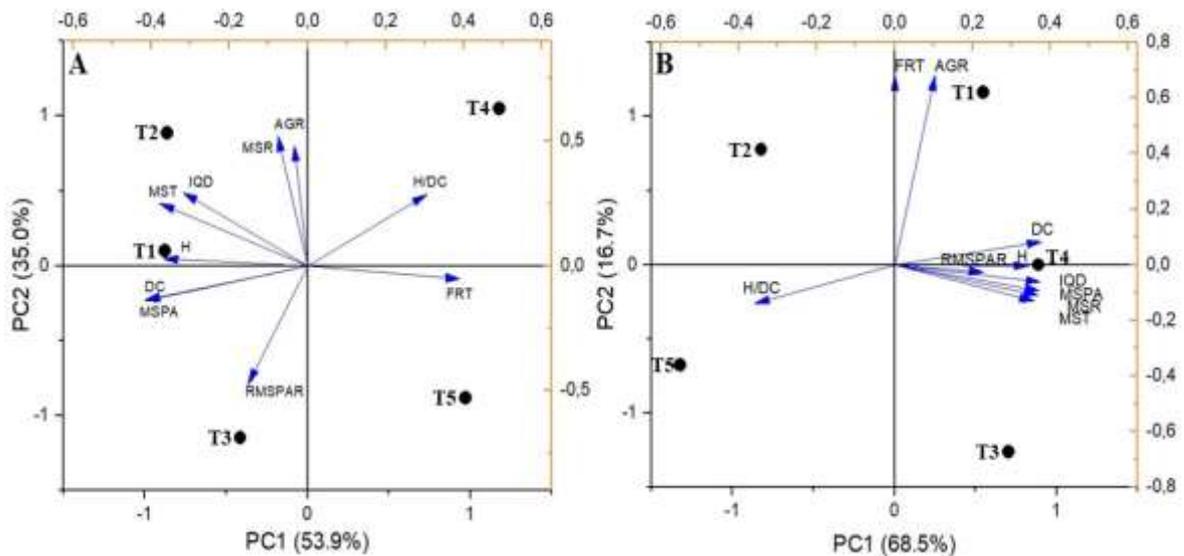


Figura 2. Projeção dos dois componentes principais mostrando em detalhes o desempenho dos cinco tratamentos em relação às diferentes características morfológicas DC, H, H/DC, MSPA, MSR, MST, RMSPAR, IQD, e análises qualitativas FRT e AGR no crescimento de mudas de *Peltophorum dubium* (A) e *Eucalyptus urophylla* (B).

Figure 2. Projection of the two main components showing in detail the performance of the five treatments in relation to the different morphological characteristics DC, H, H / DC, MSPA, MSR, MST, RMSPAR, IQD, and qualitative FRT and AGR analyzes on seedling growth of *Peltophorum dubium* A) and *Eucalyptus urophylla* (B).

Para o *E. urophylla*, ao analisar o eixo 1 que se refere ao primeiro componente principal, nota-se nítida separação entre os tratamentos. O tratamento T4 formulado com 30% de esterco bovino; 20 % de fibra de coco e 50 % de casca de café carbonizada e o T3 com 30% de esterco bovino; 20 % de fibra de coco, 15% de casca de arroz carbonizada e 35 % de casca de café carbonizada apresentaram correlação com as variáveis DC, H, RMSPAR, IQD, MSPA, MSR, e MST, principalmente o T4, sendo os mais indicados para a produção de mudas dessa espécie.

O tratamento T1 formulado com 30% de esterco bovino; 20 % de fibra de coco e 50 % de casca de arroz carbonizada, apresentou correlação com a FRT e AGR, conforme discutido anteriormente, em que para essas duas variáveis qualitativas este tratamento apresentou os maiores valores. Em contrapartida, o tratamento T2 com 30% de esterco bovino; 20 % de fibra de coco, 30% de casca de arroz carbonizada e 20 % de casca de café carbonizada, representado

do lado esquerdo, não demonstrou correlações com as variáveis analisadas. O T5 (substrato comercial) também representado do lado esquerdo apresentou correlação apenas com a relação altura/diâmetro do coleto, sendo inversamente proporcional ao diâmetro do coleto, ou seja, quanto menor foi o diâmetro maior foi a H/DC.

4. CONCLUSÕES

A casca de café carbonizadaa apresentou-se viável para a produção de mudas de *P. dubium* e *E. urophylla*. As formulações com 20% e 35% de casca de café, combinada com casca de arroz, fibra de coco e esterco bovino são as mais indicadas para a produção de mudas de *P. dubium*, substituindo parcialmente a necessidade de uso da casca de arroz carbonizada.

Para a produção de mudas de *E. urophylla* recomendam-se a formulação com 50% de casca de café carbonizada, complementada com 30% de esterco e 20% de fibra de coco (5:3:2), substituindo totalmente a necessidade de uso da casca de arroz carbonizada na produção de mudas de *E. urophylla*.

Para a *E. erythropappus* nenhuma das formulações apresentou dados satisfatórios, não sendo indicado a utilização destes constituintes nessas proporções, para a produção de muda dessa espécie.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAF. **Anuário estatístico da ABRAF 2010, ano base 2009/** ABRAF. Brasília, 2010. 140 p.

ABREU, A. H. M.; LELES, P. S. S.; MELO, L. M.; OLIVEIRA, R. R.; FERREIRA, D. H. A. A. Caracterização e potencial de substratos formulados com biossólido na produção de mudas de *Schinusterebinthifolius* Raddi. e *Handroanthus heptaphyllus* (Vell.) Mattos. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 27, n. 4, p. 1179-1190, 2017.

AGUIAR, F. F. A.; KANASHIRO, A.; TAVARES, A. R.; NASCIMENTO, T. D. R.; ROCCO, F. M. Crescimento de mudas de pau-brasil (*Caesalpinia echinata* Lam.), submetidas a cinco níveis de sombreamento. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 58, n. 6, p. 729-734, 2011.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. De M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013.

BRASIL. **MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO - MAPA**. Monceren 250 SC. 2013. 10 p. [cited 2019 Jan 22]. Available from: http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/defis/DFI/Bulas/Fungicidas/MONCEREN_250_SC.pdf.

BIRCHLER, T.; PARDOS, M.; ROYO, A.; ROSE, R. W. La planta ideal: revision del concepto, parametros definitorios e implementacion practica. **Investigacion Agraria, Sistemas y Recursos Forestales**, Madrid, v. 7, n. 1, p. 109-121, 1998.

CAIONE, G.; LANGE, A.; SCHONINGER, E. L. Crescimento de mudas de *Schizolobium amazonicum* (Huber ex Ducke) em substrato fertilizado com nitrogênio, fósforo e potássio. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 40, n. 94, p. 213- 221, 2012.

CALDEIRA, M.V.W.; WENDLING, I.; PENCHEL, R.M.; GONÇALVES, E.O.; KRATZ, D.; TRAZZI, P.A. **Propriedades de substratos para produção de mudas florestais**. In: CALDEIRA, M.V.W.; GARCIA, G.O.; GONÇALVES, E.O.; ARANTES, M.D.C; FIEDLER, N.C. (Ed) Contexto e perspectivas da área florestal no Brasil. Visconde do Rio Branco: Suprema, 2011b. v.1, p.142-160.

CALDEIRA, M.V.W.; DELARMELINA, W. M.; FARIA, J. C. T.; JUVANOL, R. S. Substratos alternativos na produção de mudas de *Chamaecrista desvauxii*. **Revista Árvore**, v. 37, n. 1, p. 31-39, 2013.

CALDEIRA, M. V. W.; SCHUMACHER, M. V.; BARICHELLO, L. R.; VOGEL, H. L. M.; OLIVEIRA, L. S. Crescimento de mudas de *Eucalyptus saligna* Smith em função de diferentes doses de vermicomposto. **Revista Floresta**, v.28, n.1/2, p.19-30, 2000.

COSTA, J. C. F.; MENDONÇA, R. M. N.; FERNANDES, L. F.; OLIVEIRA, F. P.; SANTOS, D. Caracterização física de substratos orgânicos para o enraizamento de estacas de goiabeira. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, Viçosa, v. 7, p. 16-23, 2017.

DANTAS, A. A.; A.; DE CARVALHO, L. G.; FERREIRA, E. Classificação e tendências climáticas em Lavras, MG. **Ciência agrotécnica**, Lavras, v. 31, n. 6, p. 1862-1866, 2007.

DAVIDE, A. C.; BOTELHO, S. A. Fatores que afetam a qualidade de mudas destinadas aos projetos de restauração de ecossistemas florestais. In: DAVIDE, A. C.; BOTELHO, S. A. (Ed.). **Fundamentos e métodos de restauração de ecossistemas florestais: 25 anos de experiência em matas ciliares**. Lavras: Ed. UFLA, 2015. p. 181-274.

DAVIDE A. C.; SILVA E. A. A. **Produção de sementes e mudas de espécies florestais**. Lavras: UFLA; 2008. 174 p.

DE BOODT, M.; VERDONCK, O. The physical properties of the substrates in horticulture. **Acta Horticulturae**, v.26, p.37-44, 1972.

DELARMELINA, W. M.; CALDEIRA, M. V. W.; FARIA, J. C. T.; GONÇALVES, E. O.; ROCHA R. L. F. D Diferentes substratos para a produção de mudas de *Sesbania virgata*. **Floresta e Ambiente**, v. 21, n. 2, p. 224-233, 2014.

DELARMELINA. W. M.; CALDEIRA, M. V. W.; FARIA, J. C. T.; GONÇALVES, E. O. M et al. Uso de lodo de esgoto e resíduos orgânicos no crescimento de mudas de *Sesbania virgata* (Cav.) Pers¹. **Revista Agro@mbiente online**, v. 7, n. 2, p. 184-192, 2013.

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.

DORNELLES, P.; SILVA, F. G.; MOTA, C. S.; SANTANA, J. G. Production and quality of *Anacardium othonianum* Rizz. seedling grown in different substrates. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.36, n.2, p.479-486, 2014.

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, 2005.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a guide for its bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.38, n.2, p.109- 112, 2014.

FONSECA, E. P.; VALÉRI, S. V.; MIGLIORANZA, E.; FONSECA, N. A. N.; COUTO, L. Padrão de qualidade de mudas de *Trema micranta* (L.) Blume, produzidas sob diferentes períodos de sombreamento. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 26, n. 4, p. 515-523, 2002.

FREITAS, T. A. S. de.; FONSECA, M. D. S.; SOUZA, S. S. M. de.; LIMA, T. M.; MENDONÇA, A. V. R.; SANTOS, A. P. dos. Crescimento e ciclo de produção de mudas de *Eucalyptus* em recipientes. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 33, n. 76, p. 419 - 428, 2013.

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 *Tectonagrandis* L. **Cerne**, Lavras, v. 19, n. 1, p. 123 - 131, 2013.

GONÇALVES, L.M.; POGGIANI, F. Substratos para produção de mudas florestais. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 13. Águas de Lindóia, 1996. **Resumos**. Piracicaba, Sociedade Latino Americana de Ciência do Solo, CD-ROM, 1996.

HAYNES, R. J; GOH, K. M. Evaluation of potting media for commercial nursery production of container-grown plants. IV: Physical properties of a range amendment peat-based media. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, v.21, p.449-456, 1978.

KÄMPF, A. N. Substrato. In: KÄMPF, A. N. **Produção comercial de plantas ornamentais**. 2ª edição, Guaíba: Agrolivros, 2005. p. 45 - 72

KLEIN, C. Utilização de substratos alternativos para produção de mudas. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, Curitiba, v. 4, p. 43-63, 2015.

KLOSS, S.; FRANZ ZEHETNER, F.; DELLANTONIO, A.; HAMID, R.; OTTNER, F.; LIEDTKE, V.; SCHWANNINGER, M.; GERZABEK, M. H.; SOJA, G. Characterization of slow pyrolysis biochars: effects of feedstocks and pyrolysis temperature on biochar properties. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 41, n. 4, p. 990-1000, July/Aug. 2012.

KRATZ, D.; WENDLING, I.; NOGUEIRA, A. C.; SOUZA, P. V. D. Propriedades físicas e químicas de substratos renováveis. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 37, n. 6, p. 1103-1113, 2013a.

MELO, L. A.; PEREIRA, G. A.; MOREIRA, E. J. C.; DAVIDE, A. C.; SILVA, E. V.; TEIXEIRA, L. A. F. Crescimento de mudas de *Eucalyptus grandis* e *Eremanthus erythropappus* sob diferentes formulações de substrato. **Floresta e Ambiente**, v.21, n.2, p.234-242, 2014.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA). **Instrução Normativa SDA nº 17**. Diário Oficial da União - Seção 1, nº 99, 24 de maio de 2007. Métodos Analíticos Oficiais para Análise de Substratos para Plantas e Condicionadores de Solo. Brasília, 2007.

PEZZUTTI, R. V.; CALDATO, S. L. Sobrevivência e crescimento inicial de mudas de *Pinus taeda* L. com diferentes diâmetros do colo. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 21, n. 2, p. 355-362, 2011.

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 15. ed. Piracicaba: Fealq, 2009, 451p.

RODRIGUES, L. R. F. **Técnicas de cultivo hidropônico e de controle ambiental no manejo de pragas, doenças e nutrição vegetal em ambiente protegido**. Jaboticabal: FUNEP, 2002.

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, v.32, n.6, p.937-944, 2002.

SIMÕES D.; SILVA, R. B. G.; SILVA, M. R. Composição do substrato sobre o desenvolvimento, qualidade e custo de produção de mudas de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden × *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake. **Ciência Florestal**, 22:091-100. 2012.

SOUZA, C. A. M.; OLIVEIRA, R. B.; MARTINS FILHO, S.; LIMA, J. S. S. Crescimento em campo de espécies florestais em diferentes condições de adubações. **Ciência Florestal**, v.16, n.3, p.243-249, 2006.

SOUZA, P. L. T.; VIEIRA, L. R.; BOLIGON, A. A.; VESTENA, S. Produção e qualidade de mudas de *Eugenia involucrata* DC, em diferentes substratos. **Revista Biociências**, v. 21, n. 1, p. 100-108, 2015.

TRAZZI, P. A.; CALDEIRA, M. V. W.; COLOMBI, R. Avaliação de mudas de *Tecoma stans* utilizando bio-sólido e resíduo orgânico. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 85, p. 218 - 226, 2010.

VALERI, S.V.; CORRADINI, L. Fertilização em viveiro para produção de mudas de *Eucalyptus* e *Pinus*. In: GONÇALVES, J.L.M.; BENEDETTI, V. **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000. p.168-190.

WENDLING, I., GATTO, A. **Substratos, adubação e irrigação na produção de mudas**. Viçosa: AprendaFácil. 2002.

WU, G. ROSS, C. F., MORRIS, C. F.; MURPHY, K. M. Lexicon development, consumer acceptance, and drivers of liking of quinoa varieties. **Journal of Food Science**, 82(4), 993–1005, (2017).

XIANGI LI.; YMING FENG.; SHARON TING.; JIANG JIANG.; YUNFA LIU. Correlating emulsion properties to microencapsulation efficacy and nutrients retention in mixed proteins system. **Food Research International**, nº 115, p. 44–53, 2018.

CAPITULO 3 - AVALIAÇÃO DE PARÂMETROS MORFOLÓGICOS EM MUDAS DE ESPÉCIES FLORESTAIS PRODUZIDAS EM DIFERENTES FORMULAÇÕES DE SUBSTRATOS

EVALUATION OF MORPHOLOGICAL PARAMETERS IN FOREST SPECIES PRODUCED IN DIFFERENT SUBSTRATE FORMULATIONS

Oclizio Medeiros das Chagas Silva, Fernanda Leite Cunha, Geisislaine do Carmo Reis Araújo, Djavan Valentim da Paixão Evangelista, Erick Martins Nieri, Lucas Amaral de Melo, Paulo Sérgio dos Santos Leles

RESUMO

Em espécies florestais, há vários fatores que influenciam na qualidade da muda a ser formada. Dentre estes, um dos mais importantes é a composição do substrato. Neste contexto, é importante a seleção de constituintes para formulações de substratos que atendam a essa demanda. Objetivou-se neste trabalho avaliar parâmetros morfológicos e características físico-químicas em substratos para produção de mudas de *Eucalyptus urophylla*, *Peltophorum dubium* e *Eremanthus erythropappus* e também relacionar as características físicas e químicas dos substratos formulados com a qualidade das mudas formadas. Dessa forma, para cada espécie, foi instalado um experimento, utilizando-se nas formulações dos substratos os seguintes constituintes: casca de arroz compostada, casca de café compostada, fibra de coco e substrato comercial. Os experimentos foram conduzidos no ano de 2018, sendo instalados em delineamento inteiramente casualizado (DIC), constituídos por cinco tratamentos, cinco repetições e 20 mudas por parcela. A semeadura foi feita diretamente nos tubetes, os quais foram acondicionados em bandejas de polipropileno alocadas, em canteiros suspensos aproximadamente a 80 cm do solo. Aos 120 dias após a germinação, foram mensurados a altura das mudas (H) e o diâmetro do coleto (DC) e, posteriormente, calculada a relação altura/diâmetro do coleto (H/DC). Em seguida, foram escolhidas quatro plantas por parcela para realização de análises destrutivas para obtenção do peso da matéria seca da parte aérea (MSPA) e peso da matéria seca radicular (MSR). Com base nesses dados, foram calculados o peso da matéria seca total (MST), a relação entre peso da matéria seca da parte aérea e peso da matéria seca radicular (RMSPAR) e o índice de qualidade de Dickson (IQD). Também foram feitos, por meio de análises qualitativas, a avaliação de facilidade de retirada das mudas do tubete (FRT) e a agregação das raízes ao substrato (AGR), sendo utilizadas quatro plantas por parcela. Os resultados encontrados atestaram que os tratamentos formulados com casca de café compostada apresentaram valores superiores para a maioria das variáveis analisadas, quando comparado com a casca de arroz e as mudas produzidas no tratamento testemunha. A casca de café como substrato alternativo contribuiu para a melhoria das propriedades físicas dos substratos. Para as três espécies, indica-se a utilização da proporção de 40% de casca de café compostada com 40% de substrato comercial e 20% de fibra de coco para composição do substrato.

Palavras-chave: Crescimento inicial. Compostos orgânicos. Índices de qualidade. Propriedades físicas e químicas

ABSTRACT

In forest species, there are several factors that influence the quality of seedling to be formed. Among these, one of the most important is the substrate composition. In this context, it is important to select constituents for formulations of substrates that meet this demand. The objective of this work was to evaluate morphological parameters and physicochemical characteristics in substrates for the production of *Eucalyptus urophylla*, *Peltophorum dubium* and *Eremanthus erythropappus* seedlings and also to relate the physical and chemical characteristics of the formulated substrates to the quality of the seedlings formed. Thus, for each species, an experiment was installed using the following constituents in the formulations of the substrates: composted rice hull, composted coffee hull, coconut fiber and commercial substrate. The experiments were conducted in 2018 and were installed in a completely randomized design (DIC) consisting of five treatments, five replications and 20 seedlings per plot. The sowing was done directly in the tubes, which were placed in polypropylene trays placed in raised beds approximately 80 cm from the soil. At 120 days after germination the height of the seedlings (H) and the collection diameter (DC) were measured and the height / diameter ratio of the collection (H/DC) was then calculated. Four plants were then selected per plot to perform destructive analyzes to obtain the weight of dry matter of the aerial part (MSPA) and root dry matter weight (MSR). After the collected variables were calculated the weight of the total dry matter (MST), the relation between dry weight of shoot and root dry matter weight (RMSPAR) and Dickson quality index (IQD). The evaluation of the ease of removal of the seedlings (FRT) and root aggregation to the substrate (AGR) were also carried out through qualitative analyzes, where four plants were selected per plot with the purpose of evaluating the quality of the clod of the seedlings formed. The results showed that the treatments formulated with composted coffee hull presented higher values for most of the analyzed variables when compared to the rice husk and the seedlings of the control treatment. The coffee husk as an alternative substrate contributed to the improvement of the physical properties of the substrates. For the three species the use of the proportion of 40% of composted coffee husk with 40% of commercial substrate and 20% of coconut fiber in the formulations is indicated.

Keywords: Initial growth. Organic compounds. Quality indices. Physical and chemical properties

1. INTRODUÇÃO

A qualidade obtida na produção de mudas florestais está ligada diretamente ao tipo de substrato utilizado, sendo que mudas de qualidade são de fundamental importância para a formação de florestas produtivas. Para atender a esses requisitos, a seleção de constituintes para formulações de substratos desse ser levada em consideração, pois, a sobrevivência e

crescimento da muda em campo também está relacionada com sua formação inicial (SANTOS et al., 2014; MELO et al., 2018).

O substrato tem a função de sustentar e fornecer condições adequadas à muda, contribuindo para o seu desenvolvimento, conseqüentemente garante melhor taxa de sobrevivência em campo, resistência a estresses ambientais, maior crescimento inicial, influenciando diretamente na qualidade final da floresta (ELOY et al., 2013; KRATZ et al., 2016). Nesse sentido, têm sido realizadas pesquisas com o intuito de selecionar constituintes capazes de melhorar a qualidade da muda, levando em consideração também a redução de custos no processo de produção (GONÇALVES et al., 2000; HARTMANN et al., 2011).

Há uma grande diversidade de substratos, em que estes são encontrados prontos para uso, alguns puros ou misturados, cada um com características peculiares (WENDLING et al., 2006). Não há um substrato classificado como perfeito para todas as espécies, porém, o indicado é a utilização de constituintes em forma de mistura, podendo em conjunto, apresentar características desejáveis ao crescimento das mudas (CALDEIRA et al., 2011a; DELARMELINA et al., 2013).

Entre as características desejáveis na seleção dos substratos, destacam-se o custo benefício, a disponibilidade na região, a esterilidade biológica e o fácil manuseio (KRATZ et al., 2013a). Na seleção dos constituintes também deve se atentar com as características físicas, como densidade, porosidade, macro e microporosidade, e as propriedades químicas, como pH, condutividade elétrica, dentre outras, que variam em função do tipo e proporção do constituinte utilizado e a forma de manejo com as mudas (GOMES et al., 2002; WENDLING et al., 2007; KRAUSE et al. 2017).

Segundo MELO et al. (2014), o uso de subprodutos regionais pode reduzir o custo do substrato e, por conseguinte, o preço final da muda. Minas Gerais se destaca como grande produtor de café, com produção estimada em 30,7 milhões de sacas, na safra de 2018, correspondendo a 53% da produção nacional (CONAB, 2018). Entre as regiões produtoras do estado, a produção da região sul foi estimada em aproximadamente 16 milhões de sacas, gerando ampla quantidade de subproduto no final do seu processamento (CONAB, 2018). Neste contexto, torna-se viável o aproveitamento deste, para ser utilizado como constituinte, devido à disponibilidade do material e seu baixo custo de aquisição, podendo este ser empregado na produção de mudas na região.

A casca de arroz é um constituinte bastante empregado na produção de mudas florestais, principalmente nas regiões produtoras dessa espécie. De acordo com Kratz et al. (2013), a

desvantagem do uso deste subproduto está no preço do frete para sua obtenção de regiões distantes, além da concorrência, pois a mesma é empregada na cobertura de canteiros de morangos, uso para energia e na formação da cama aviária, o que eleva o seu custo devido à demanda.

Dessa forma, faz-se necessário o estudo de fontes alternativas (KRATZ et al., 2013), com o intuito de diminuir a dependência da utilização da casca de arroz. Neste sentido, a saída seria o emprego da casca de café, pois é um material que após passar pelo processo de compostagem, pode ser empregado na produção de mudas, tendo como vantagens a facilidade de aquisição e baixo custo, quando comparado com a casca de arroz.

Devido à importância do substrato na produção de mudas e à procura por materiais alternativos, objetivou-se nesse trabalho, avaliar o uso de constituintes à base de casca de arroz compostada, casca de café compostada, fibra de coco e substrato comercial na produção de mudas de três espécies florestais e também relacionar as propriedades físico-químicas dos substratos formulados em relação à muda formada.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Para fins de avaliação do potencial dos constituintes na produção de mudas, foi instalado um teste em um viveiro florestal localizado no sul de Minas Gerais, no período de agosto a dezembro de 2018. Para o estudo, foram utilizadas três espécies arbóreas, sendo elas: *Eucalyptus urophylla* (S. T. Blake), *Peltophorum dubium* (Spreng.) e *Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish.

Conforme a classificação climática de Köppen, o clima da região é Cwa, temperado chuvoso (mesotérmico) com inverno seco e verão chuvoso, subtropical, sendo a temperatura do mês mais quente maior que 22 °C, com temperatura média de 19,9°C, apresentando pluviosidade média anual de 1486 mm (DANTAS et al., 2007; ALVARES et al., 2013).

2.1 Obtenção e preparo dos constituintes para formulação dos substratos

Foram avaliados quatro tipos de constituintes para formulação dos substratos: casca de café compostada, casca de arroz compostada, fibra de coco e substrato comercial Maxfértil. Como testemunha foi empregada a proporção de 20% de fibra de coco e 80% de substrato comercial Maxfértil, composto de casca de pinus, fosfato natural, casca de arroz carbonizada e vermiculita, complementado com 20% de fibra de coco. Para cada espécie foi conduzido um experimento, instalados em delineamento inteiramente casualizado (DIC), constituídos de oito

tratamentos, com cinco repetições e 20 plantas por parcela. As proporções dos tratamentos estão dispostas na tabela 1.

Tabela 1. Proporções dos constituintes (%) utilizados na formulação dos substratos para a produção de mudas de *Eucalyptus urophylla*, *Peltophorum dubium* e *Eremanthus erythropappus*.

Table 1. Proportions of the constituents (%) used in the formulation of substrates for the production of *Eucalyptus urophylla*, *Peltophorum dubium* and *Eremanthus erythropappus* seedlings.

Tratamentos	FC	SC	COA	COC
T1	20	20	60	-
T2	20	40	40	-
T3	20	60	20	-
T4	20	20	30	30
T5	20	20	-	60
T6	20	40	-	40
T7	20	60	-	20
T8 (testemunha)	20	80	-	-

Em que: FC- Fibra de coco; SC – Substrato comercial; COA - Composto orgânico da casca de arroz e COC - Composto orgânico da casca de café.

A casca de arroz foi adquirida de uma empresa de beneficiamento de arroz localizada no Centro Oeste de Minas Gerais, ao passo que a casca de café utilizada foi adquirida por meio de doação de cafeicultores rurais nas proximidades do local de produção das mudas. O esterco foi adquirido em uma propriedade rural próximo ao viveiro, já a fibra de coco e o substrato comercial foram obtidos em loja de insumos agropecuários.

Para produção do composto orgânico, foi escolhido um local aberto nas dependências do viveiro. Para montagem da pilha de compostagem, utilizou-se 500 litros de esterco bovino, e a mesma proporção com casca de café in natura. A técnica de compostagem foi baseada em um processo espontâneo de decomposição de materiais orgânicos que passaram por processo de estabilização biológica por um período de 120 dias, no qual permaneceram depositados em local aberto e, posteriormente, foram passados por uma peneira de aço com malha de 3 mm para completa homogeneização das partículas. Este mesmo procedimento foi aplicado para a compostagem da casca de arroz.

Após este procedimento, foram quantificadas as proporções de cada constituinte e, posteriormente, realizada a mistura dos mesmos com o uso de uma betoneira, até completa

homogeneização. Para favorecer o crescimento das mudas, durante a mistura dos constituintes, foi adicionado adubo de liberação lenta (Osmocote) na proporção 4 kg m⁻³ de substrato.

2.2 Análises químicas e físicas dos substratos

Com a finalidade de realizar a caracterização física e química, amostras dos substratos formulados e uma amostra individual da casca de café foram encaminhadas ao Laboratório de Substratos do Departamento de Horticultura e Silvicultura da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

Na caracterização química dos substratos foram feitas as avaliações de potencial hidrogeniônico (pH) determinado em água, diluição 1:5 (v/v) e condutividade elétrica (CE) obtida em solução 1:5 (v/v), de acordo com metodologia descrita na Instrução Normativa nº 17, de 21 de maio 2007 (MAPA, 2004). Para melhor compreensão e confiabilidade dos dados, foram realizadas três replicatas por amostras (BRASIL, 2007).

Para análises físicas foram realizadas as avaliações de densidade úmida (DU), densidade seca (DS), umidade atual (UA), porosidade total (PT), espaço de aeração (EA), água facilmente disponível (AFD), água tamponante (AT), água remanescente (AR), capacidade de retenção de água (CRA), sob sucção de 10, 50 e 100 cm de coluna de água determinado em base volumétrica - v/v e água disponível (AD), obtida pela soma de AFD + AT.

A determinação da densidade foi realizada por meio do Método da Auto Compactação (HOFFMANN, 1970), e as curvas de retenção de água foram determinadas em funis de tensão, de acordo com os princípios de DeBoodt e Verdonck (1972).

2.3 Processo de produção de mudas

Para a produção das mudas, as sementes foram coletadas na região sul de Minas Gerais. Após a formulação dos substratos, estes foram acondicionados em tubetes com capacidade de 55 cm³ para o *E. urophylla* e de 110 cm³ para o *P. dubium* e *E. erythropappus*, os quais foram alocados em bandejas de polipropileno, apoiadas em canteiros suspensos a aproximadamente 80 cm do solo.

A semeadura foi realizada diretamente nos tubetes, colocando-se entre três a quatro sementes por recipiente. Após 15 dias da germinação das sementes, foi realizado o desbaste, deixando uma plântula por recipiente, escolhendo-se a mais vigorosa e mais centralizada, conforme Melo et al. (2018). A irrigação das mudas foi feita por sistema de microaspersão três vezes ao dia e ou de acordo com a necessidade hídrica das mudas. Aos 60 dias, foi realizada a

alternagem das mudas, com o objetivo de reduzir a competição por luz e aumentar o espaçamento entre as mesmas, contribuindo para o melhor crescimento destas.

No decorrer do processo de produção das mudas, foram realizados tratamentos culturais, sendo feita a retirada de plantas daninhas e musgos dos recipientes, para facilitar o desenvolvimento das mudas. A cada 15 dias, como adubação de cobertura, foram aplicados cloreto de potássio (KCL) e monoamônio fosfato (MAP), na proporção de 100 g e 1000 g, respectivamente, diluídos em 100 L de água, solução suficiente para 10 000 mudas, sendo aplicada com o auxílio de um regador. Para evitar a ocorrência de doença fúngica que causa tombamento nas mudas de *E. erythropappus*, de acordo com Melo et al. (2014), foi feito o tratamento nas mudas com aplicação de pencicurom (feniluréia), um fungicida protetor e específico para o controle de rizoctoniose (BRASIL, 2013), na dosagem de 3 ml L⁻¹, aplicando a solução sobre as mudas, por meio de regador.

2.4 Caracterização morfológica e qualitativa das mudas produzidas

Aos 120 dias após a germinação, todas as mudas foram mensuradas, avaliando-se a altura da parte aérea (H) e o diâmetro do coleto (DC). Na mesma data, foram obtidos dados de peso de matéria seca das mudas. Para a obtenção do peso da matéria seca da parte aérea (MSPA) e peso da matéria seca do sistema radicular (MSR), foram escolhidas quatro mudas por parcela, sendo separados a parte aérea do sistema radicular, sendo esta última lavada em água corrente para retirada do substrato. Em seguida, foram identificadas e acondicionadas em sacos de papel, e encaminhadas a laboratório para processamento. Estas foram acondicionadas em estufa, com circulação forçada de ar e temperatura de 65°C por 72h, sendo posteriormente pesadas.

De posse desses dados, foram calculadas a relação entre altura da parte aérea e diâmetro do coleto (H/DC), o peso da matéria seca total (MST), a relação entre peso da matéria seca da parte aérea e matéria seca do sistema radicular (RMSPAR) e o índice de qualidade de Dickson (IQD). O Índice de Qualidade de Dickson foi obtido por meio fórmula de Dickson (1960):

$$IQD = \frac{MST (g)}{H(cm)/DC (mm) + MSPA (g)/MSR(g)}$$

Em que: MST é o peso da matéria seca total; H é a altura; DC é o diâmetro do coleto; MSPA é o peso matéria seca da parte aérea; e MSR é o peso da matéria seca radicular.

Para avaliação da qualidade do torrão formado foi feita a avaliação de facilidade de retirada das mudas do tubete (FRT) e agregação das raízes ao substrato (AGR), adaptando à metodologia descrita em Wendling et al. (2007). Para este procedimento, também foram

selecionadas quatro mudas por parcela. Para FRT foram atribuídas notas de um a dez, sendo um a dificuldade máxima e dez a facilidade máxima de retirada das mudas do recipiente, após três batidas na parte superior do tubete.

Quanto à AGR, após as mudas serem retiradas dos tubetes, estas foram soltas em queda livre a cerca de um metro do solo. Ao torrão esboroado foi atribuída nota de um a dez, sendo um, para a muda totalmente esboroadada e dez, para o torrão íntegro, conforme gabarito (Figura 1).

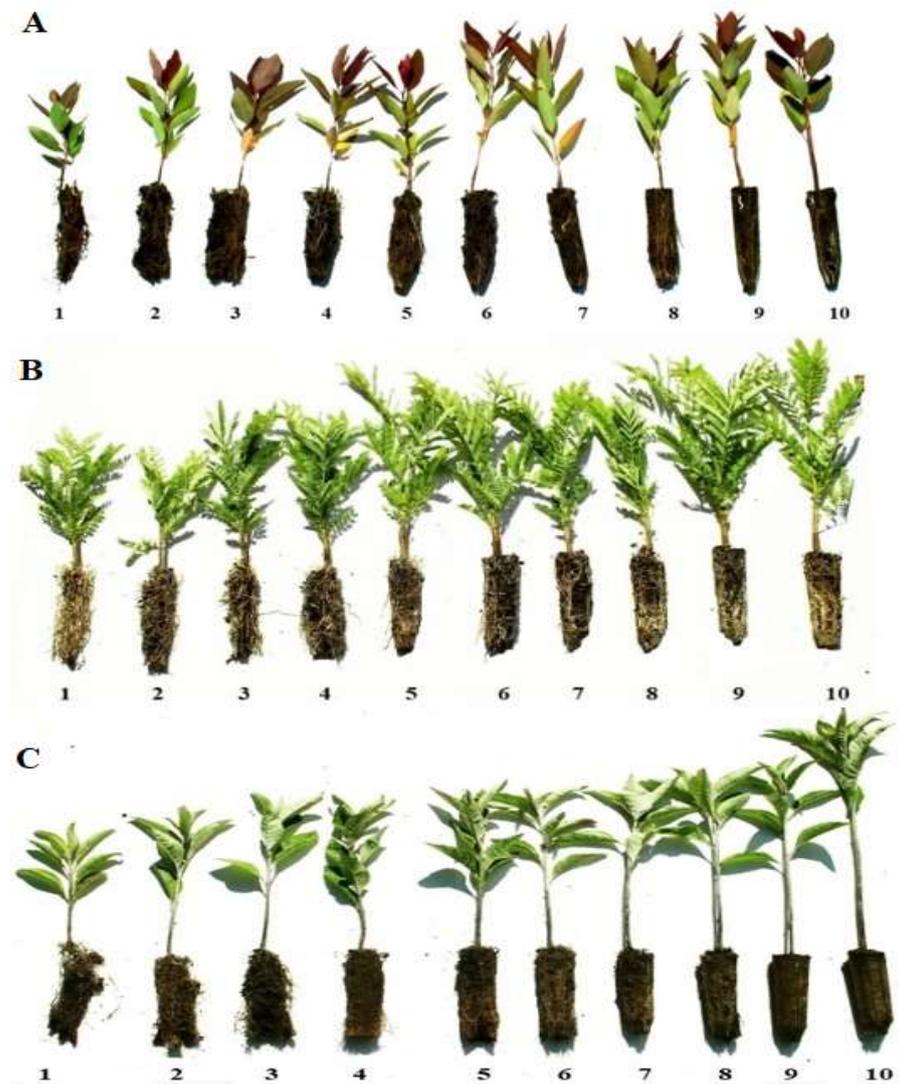


Figura 1 - Índices de agregação das raízes ao substrato em mudas de *Eucalyptus urophylla* (A) *Peltophorum dubium* (B) e *Eremanthus erythropappus* (C), aos 120 após germinação.

Figura 1 - Root aggregation indices to the substrate in *Eucalyptus urophylla* (A) *Peltophorum dubium* (B) and *Eremanthus erythropappus* (C) seedlings at 120 after germination.

2.5 Análises estatísticas realizadas

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e uma vez verificada a diferença significativa, foi feita a comparação de médias pelo teste Tukey em nível de 5% de probabilidade de erro, utilizando-se o programa Sisvar 5.6 (FERREIRA, 2014).

Para melhor descrição da influência das diferentes formulações dos substratos, na qualidade das mudas produzidas, foi realizada uma análise multivariada. Por meio da análise dos componentes principais (ACP), foi possível agrupar os tratamentos conforme seu desempenho. A ACP foi realizada baseada na matriz de correlação, utilizando-se o programa R OriginLab Versão 8.6(WU et al., 2017; XIANG LI et al., 2018).

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os dados referentes às análises químicas e físicas dos substratos formulados estão dispostos na Tabela 2.

Tabela 2. Caracterização física e química dos substratos formulados para produção de mudas de *Eucalyptus urophylla*, *Peltophorum dubium* e *Eremanthus erythropappus*.

Table 2. Physical and chemical characterization of substrates formulated for seedlings production of *Eucalyptus urophylla*, *Peltophorum dubium* and *Eremanthus erythropappus*.

Parâmetros	Unidade	Tratamentos							
		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
pH	-	4,79	5,67	4,89	5,56	5,41	4,98	4,80	4,46
CE	mS cm ⁻¹	1,22	1,16	1,06	1,23	1,65	1,54	1,25	1,01
DU	kg m ⁻³	476,37	448,38	533,94	461,49	637,13	627,46	579,80	619,54
DS	kg m ⁻³	264,22	294,29	272,02	292,79	308,17	273,82	275,70	252,93
UA	%	44,55	34,37	49,05	36,56	51,63	56,36	52,45	59,17
PT	%	85,84	82,79	86,28	84,58	87,72	87,38	86,27	88,63
EA	%	43,75	34,78	37,13	46,21	38,58	41,84	41,27	38,05
AFD	%	12,75	14,80	13,53	7,21	10,54	6,45	7,49	10,47
AT	%	0,88	1,72	1,03	0,29	0,95	0,14	0,10	1,10
AR	%	28,46	31,49	34,59	30,87	37,64	38,95	37,41	39,01
CRA (10)	%	42,09	48,01	49,15	38,37	49,13	45,55	45,00	50,58
CRA (50)	%	29,35	33,21	35,63	31,16	38,59	39,10	37,51	40,11
CRA (100)	%	28,46	31,49	34,59	30,87	37,64	38,95	37,41	39,01

Em que: pH = determinado em água, diluição 1:5 (v/v); CE = condutividade elétrica obtida em solução 1:5 (v/v); DU = densidade úmida; DS = densidade seca; UA = Umidade atual; PT = porosidade total; EA = espaço de aeração; AFD = água facilmente disponível; AT = água tamponante; AD = água disponível; AR = Água remanescente; CRA10 = capacidade de retenção de água sob sucção de 10 cm de coluna de água; CRA50 = capacidade de retenção de água sob sucção de 50 cm de coluna de água; CRA100 = capacidade de retenção de água sob sucção de 100 cm de coluna de água.

De acordo com KRATZ et al. (2013), as propriedades físicas e químicas devem ser levadas em consideração no processo de formação das mudas, pois estas interferem no desenvolvimento radicular e conseqüentemente no crescimento da planta. Após formulação dos

substratos e acondicionamento destes nos recipientes, não há possibilidade de correção das propriedades físicas.

Em contrapartida, com o manejo em viveiro é possível a correção das propriedades químicas, como pH e condutividade elétrica, por meio da utilização de corretivos e fertilizantes. Neste sentido, deve-se dar atenção máxima na escolha dos constituintes para formulação dos substratos, principalmente, no que se refere às propriedades físicas (CALDEIRA et al., 2011b; KRATZ et al., 2013).

Na avaliação do pH, observou-se que os valores dos tratamentos variaram de 4,46 a 5,67. De acordo com Gonçalves e Poggiani (1996), a faixa de pH ideal para a maioria das culturas florestais situa-se na faixa de 5,5 a 6,5. Porém, conforme Kratz et al. (2013), quando são utilizados substratos orgânicos, e quando não há adição de solo em sua composição, recomenda-se trabalhar com pH em intervalo de 4,4 a 6,2. Neste estudo, levando em consideração os valores descritos por Kratz et al. (2013), todos os tratamentos apresentaram valores entre 4,4 e 6,2.

Tabela 3. Caracterização física e química de uma amostra individual da casca de café compostada.

Table 3. Physical and chemical characterization of an individual sample of the composted coffee husk.

Parâmetros	Unidade	Amostra da casca de café compostada
pH-	-	7,47
CE	mS cm ⁻¹	1,07
DU	kg m ⁻³	559,33
DS	kg m ⁻³	466,97
UA	%	16,55
PT	%	71,1
EA	%	35,09
AFD	%	7,2
AT	%	0,07
AR	%	28,74
CRA (10)	%	36,01
CRA (50)	%	28,81
CRA (100)	%	28,74

Em que: pH = determinado em água, diluição 1:5 (v/v); CE = condutividade elétrica obtida em solução 1:5 (v/v); DU = densidade úmida; DS = densidade seca; UA = Umidade atual; PT = porosidade total; EA = espaço de aeração; AFD = água facilmente disponível; AT = água tamponante; AD = água disponível; AR = Água remanescente; CRA10 = capacidade de retenção de água sob sucção de 10 cm de coluna de água; CRA50 = capacidade de retenção de água sob sucção de 50 cm de coluna de água; CRA100 = capacidade de retenção de água sob sucção de 100 cm de coluna de água.

Ao avaliar a amostra individual da casca de café compostada (Tabela 3), notou-se que o pH apresentou valor de 7,47, considerado alto. Para as demais variáveis, não houve diferenças entre a amostra individual e as formulações testadas.

As propriedades químicas influenciam na disponibilidade de nutrientes presentes, como consequência afeta o crescimento e desenvolvimento das mudas (RODRIGUES et al., 2002). Conforme Valeri e Corradini (2000), quando o pH está abaixo de 5,0, há problemas na absorção de nitrogênio, cálcio, magnésio, potássio e boro, ao passo que quando ultrapassa valores de 6,5 pode ocorrer sintomas de deficiência de fósforo, ferro, zinco e cobre.

Contudo, determinadas espécies toleram níveis de acidez mais elevados. Exemplo disso são algumas espécies do gênero *Eucalyptus* que geralmente são mais tolerantes à acidez do que a maioria das outras culturas (POSCHENRIEDER et al., 2008; TAHARA et al., 2008). Segundo Scolforo et al. (2004), a espécie *Eremanthus erythropappus* ocorre em sítios com solos pouco férteis. Por esse motivo esta espécie pode tolerar pH mais baixo. Conforme Kratz et al. (2013), a resposta do crescimento das mudas em relação ao pH, pode estar ligada também à ecologia da espécie, em que mudas de espécies adaptadas a condições de solos pobres e ácidos tendem a tolerar melhor os baixos valores de pH do substrato.

Em trabalho desenvolvido por Kratz et al. (2013b) os autores avaliaram o desenvolvimento de mudas de *E. benthamii*, produzidas em substratos com distintos valores de pH (5,5 a 9,1), em que não houve variação no crescimento das mudas nas diferentes formulações de substratos. Dessa forma, os melhores valores encontrados para esse trabalho, o valor de pH estava abaixo daquela indicada por Gonçalves e Poggiani (1996), levando a concluir que o pH não interferiu diretamente no crescimento das mudas dessas espécies.

Na avaliação da condutividade elétrica (CE), não houve grande variação entre as formulações dos substratos. O maior valor foi encontrado no tratamento T5 e o menor valor na testemunha (T8), com valores de 1,65 e 1,01 mS cm⁻¹, respectivamente. De acordo com Gonçalves et al. (2000), a CE não deve ultrapassar o limite de 1,0 mS cm⁻¹.

Conforme Rodrigues et al. (2002), altos valores de condutividade elétrica podem danificar as raízes das plantas e os pelos radiculares, os quais podem interferir na absorção de água e nutrientes, conseqüentemente prejudicar o desenvolvimento das mudas. Entretanto Kratz et al. (2013), ao avaliarem a qualidade de mudas de *E. benthamii*, constataram que a CE não teve muita influencia no desenvolvimento dos parâmetros morfológicos, indicando que determinadas espécies toleram níveis de CE acima dos propostos por Gonçalves et al. (2000).

Para avaliação das propriedades físicas, os dados foram equiparados de acordo com a classificação descrita por Gonçalves e Poggiani (1996) e Valeri e Corradini (2000), em que os autores descreveram valores para interpretação dos resultados dessas características. Para densidade úmida, os tratamentos contendo proporções de casca de café compostada, apresentaram valores superiores, quando comparados aos substratos formulados com casca de arroz compostada. O tratamento T5, composto por 20% de fibra de coco, 20% de substrato comercial e 60% de casca de café compostada foi o que apresentou o maior valor para densidade úmida ($637,13 \text{ kg m}^{-3}$). Em contrapartida, o T2, formulado com 20% de fibra de coco; 40% de substrato comercial e 40% de casca de arroz compostada foi o que apresentou menor valor ($448,38 \text{ kg m}^{-3}$).

Levando em consideração os valores propostos por Gonçalves e Poggiani (1996), os tratamentos T1, T3 e T4 apresentaram valores considerados com nível adequado para densidade úmida. O T2 foi classificado como de nível médio, ao passo que T5, T6, T7 e T8 excederam o limite máximo para esta característica (VALERI e CORRADINI, 2000).

Para densidade seca, o tratamento T5 foi o que apresentou maior valor, ao passo que a testemunha apresentou menor valor, sendo $308,17$ e $252,93 \text{ kg m}^{-3}$, respectivamente. Conforme Gonçalves e Poggiani (1996), formulações que geram substratos mais densos apresentam menor espaço entre as partículas, o que pode dificultar trocas gasosas e a circulação de água, oferecendo maior resistência ao desenvolvimento das raízes.

Em contrapartida, menores valores de densidade caracterizam substratos leves, que podem proporcionar menor capacidade de suporte para as plantas, e menor capacidade de retenção de água. De forma geral, não houve grande variação para esta variável entre as diferentes formulações dos substratos, em que todos os tratamentos apresentaram valores classificados como médio (GONÇALVES E POGGIANI, 1996).

Segundo Kämpf (2005) a porosidade é muito importante quando se considera o crescimento das mudas, pois, na formação de raízes, estas exigem alto fornecimento de oxigênio e saída de gás carbônico. Neste sentido o substrato deve ter valor adequado de porosidade, permitindo assim trocas gasosas eficientes, contribuindo para o desenvolvimento radicular. De acordo com Gonçalves e Poggiani (1996), valores de porosidade abaixo de 55% são considerados baixos, valores de 55% a 75% são considerados médios e os adequados são valores que se situam entre 75 a 85%.

De acordo com esses autores, apenas os tratamentos T2 e T4 com valores de 82,79% e 84,58%, respectivamente, foram classificados como adequado para porosidade. Os demais

tratamentos que variaram de 85,84 a 88,63% ficaram um pouco acima dos valores considerados adequados (GONÇALVES e POGGIANI,1996).

Apesar da porosidade total ser a relação de macro e microporosidade, é indicado a sua avaliação também de forma fracionada (SCIVITTARO et al., 2007). Os macroporos correspondem aos espaços preenchidos por ar, sendo seu volume definido como espaço de aeração (EA). Já a microporosidade compreende os espaços preenchidos por água e seu volume correlaciona com a capacidade de retenção hídrica (CRA), quando os substratos estão saturados hidricamente (KAMPF, 2005).

Na avaliação da macroporosidade, o tratamento T2 apresentou valor de 34,78%, sendo classificado como médio. Os tratamentos T1, T3, T5, T6, T7 e T8 apresentaram valores de macroporosidade classificados como adequados, ao passo que o T4, com valor de 46,21%, ficou acima do indicado por Valeri e Corradini (2000). De forma geral, houve variação para macroporosidade entre os tratamentos, sendo o maior valor obtido no tratamento formulado com proporções iguais de casca de arroz compostada e casca de café compostada (T4).

Para microporosidade, considerando CRA (10), os tratamentos T2, T3, T5, T6, T7 e T8 apresentaram valores classificados como adequados, ao passo que os tratamentos T1, T4 apresentaram valores considerados como médios, conforme Valeri e Corradini (2000). De forma geral, para macro e microporosidade, os valores foram semelhantes entre os tratamentos, demonstrando equilíbrio (EMBRAPA, 2003).

Considerando a capacidade de retenção de água para as três avaliações de CRA (10; 50; 100 %), a testemunha foi a que apresentou os maiores valores. Segundo Wendling et al. (2007), substratos com menor capacidade de retenção de água exigem maiores quantidades de irrigação, ao passo que em substratos com maior microporosidade deve haver um maior controle na quantidade de irrigação utilizada, correndo o risco de ocorrer excesso hídrico, sendo prejudicial ao desenvolvimento das raízes das mudas (GONÇALVES et al., 2000).

Para a avaliação da quantidade de água facilmente disponível (AFD), os valores dos tratamentos variaram de 7,21 a 14,80. Os tratamentos formulados com casca de arroz carbonizada foram superiores ao formulados com casca de café. Porém de forma geral, todos os substratos demonstraram valores abaixo do limite que é entre 20 a 30% (DE BOODT; VERDONCK, 1972; GONÇALVES e POGGIANI,1996).

Para a variável água tamponante (AT), todos os substratos formulados apresentaram valores abaixo dos recomendados por De Boot e Verdonck (1972), e Haynes e Goh (1978). Esses autores estipulam como valor de referência a porcentagem de AT entre 4 e 10%. Na

avaliação da água remanescente (AR), o menor valor foi obtido no tratamento T1, e o maior valor foi apresentado pela testemunha, sendo 28,46 e 39,01%, respectivamente.

Após a caracterização das propriedades físicas e químicas dos substratos formulados, foram avaliados os parâmetros morfológicos e também análises qualitativas em mudas de *Eucalyptus urophylla*, *Peltophorum dubium* e *Eremanthus erythropappus* (Tabela 4).

Tabela 4. Valores médios do diâmetro do coleto (DC), altura (H), relação altura/diâmetro do coleto (H/DC), peso da matéria seca de parte aérea (MSPA), peso da matéria seca radicular (MSR), peso da matéria seca total (MST), relação entre peso da matéria seca da parte aérea/raiz (RMSPAR), índice de qualidade de Dickson (IQD), facilidade de retirada das mudas dos tubetes (FRT) e índice de agregação (AGR), em mudas de *Eucalyptus urophylla*, *Peltophorum dubium* e *Eremanthus erythropappus*, aos 120 dias após germinação.

Table 4. Average values of the collecting diameter (DC), height (H), relation height / diameter of the collection (H/DC), dry weight of aerial part (MSPA), weight of dry matter dry weight ratio (MST), dry matter ratio of shoot/root (RMSPAR), Dickson quality index (IQD), ease of removal of seedlings (FRT) and aggregation index (AGR) in seedlings of *Eucalyptus urophylla*, *Peltophorum dubium* and *Eremanthus erythropappus* at 120 days after germination.

<i>Eucalyptus urophylla</i> (eucalipto)										
Trat.	DC (mm)	H (cm)	H/DC ---	MSPA (g)	MSR (g)	MST (g)	RMSPAR ---	IQD ---	FRT ---	AGR ---
T1	2,18 a	17,80 a	8,24 a	1,24 abc	0,61 a	1,85 abc	2,04 a	0,18 bc	8,80 a	6,47 ab
T2	2,24 a	18,17 a	8,17 a	1,29 abc	0,71 a	2,00 abc	1,89 a	0,20 abc	9,07 a	8,20 a
T3	1,92 a	16,14 b	8,47 a	0,84 c	0,52 a	1,36 c	1,70 a	0,13 c	8,73 a	7,80 ab
T4	2,14 a	17,69 a	8,32 a	1,39 ab	0,79 a	2,19 ab	1,87 a	0,22 ab	6,73 ab	7,80 ab
T5	2,22 a	18,38 a	8,31 a	1,29 ab	0,65 a	2,02 abc	2,35 a	0,19 abc	7,93 ab	8,20 a
T6	2,39 a	18,63 a	7,81 a	1,56 a	0,95 a	2,52 a	1,81 a	0,26 a	6,53 ab	8,47 a
T7	2,10 a	18,63 a	8,94 a	1,26 abc	0,65 a	1,91 abc	1,92 a	0,17 bc	7,40 ab	8,20 a
T8	2,06 a	15,93 b	7,83 a	1,00 bc	0,51 a	1,51 bc	2,00 a	0,15 bc	5,87 b	5,60 b
CV%	11,65	8,98	10,81	18,89	32,32	19,48	25,67	21,59	16,77	14,26
<i>Peltophorum dubium</i> (angico amarelo)										
Trat.	DC (mm)	H (cm)	H/DC ---	MSPA (g)	MSR (g)	MST (g)	RMSPAR ---	IQD ---	FRT ---	AGR ---
T1	4,14 b	13,54 a	3,27 a	1,02 abc	0,52 ab	1,54 ab	1,94 a	0,37 a	8,20 a	6,20 a
T2	5,37 a	17,61 a	3,26 a	1,01 abc	0,45 ab	1,46 ab	2,29 a	0,33 a	9,54 a	6,73 a
T3	3,95 b	12,66 a	3,21 a	0,88 bc	0,43 b	1,31 b	2,07 a	0,31 a	8,87 a	4,73 a
T4	4,17 b	13,68 a	3,30 a	0,98 abc	0,49 ab	1,47 ab	2,02 a	0,35 a	8,40 a	6,73 a
T5	5,42 a	18,47 a	3,41 a	0,79 c	0,51 ab	1,31 b	1,61 a	0,33 a	9,40 a	6,07 a
T6	5,22 a	17,34 a	3,31 a	1,35 a	0,55 ab	1,90 a	2,45 a	0,34 a	8,54 a	5,93 a
T7	5,21 a	18,09 a	3,40 a	1,29 ab	0,62 a	1,90 a	2,10 a	0,35 a	9,00 a	4,13 a
T8	5,53 a	17,91 a	3,24 a	1,30 ab	0,55 ab	1,84 ab	2,43 a	0,33 a	7,60 a	5,20 a
CV%	4,76	22,01	21,44	20,38	16,85	16,86	20,76	19,07	11,77	22,58
<i>Eremanthus erythropappus</i> (candeia)										
Trat.	DC (mm)	H (cm)	H/DC ---	MSPA (g)	MSR (g)	MST (g)	RMSPAR ---	IQD ---	FRT ---	AGR ---
T1	3,11 b	16,97 bc	5,44 b	2,40 ab	1,60 a	4,00 ab	1,52 ab	0,57 a	2,60 cd	5,20 b

T2	4,20 a	25,23 a	5,99 ab	3,00 a	1,79 a	4,78 ab	1,82 a	0,62 a	2,47 d	4,13 cd
T3	3,23 b	17,23 bc	5,33 b	1,93 b	2,37 a	4,31 ab	0,86 bc	0,70 a	3,93 b	6,20 a
T4	3,20 b	17,13 bc	5,35 b	1,76 b	1,26 a	3,02 b	1,45 abc	0,45 a	3,92 b	3,46 de
T5	3,97 a	22,19 ab	5,59 b	2,37 ab	1,57 a	3,94 ab	1,68 ab	0,55 a	3,80 bc	4,67 bc
T6	3,28 b	23,22 a	7,07 a	1,82 b	2,73 a	4,55 ab	0,74 c	0,61 a	1,74 d	3,47 de
T7	3,99 a	21,90 ab	5,50 b	2,53 ab	2,84 a	5,38 a	1,08 abc	0,86 a	4,33 b	6,26 a
T8	4,05 a	16,60 c	4,10 c	1,84 b	1,17 a	3,00 b	1,70 ab	0,53 a	5,73 a	3,07 e
CV%	5,40	12,70	10,31	19,06	47,92	27,35	30,79	36,14	17,80	7,50

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade de erro.

Na avaliação do diâmetro do coleto para *E. urophylla*, não houve diferença estatística entre os tratamentos. As maiores médias em diâmetro para a espécie *P. dubium* foram obtidas nos tratamentos T2, T5, T6, T7 e T8, diferindo estaticamente dos demais. O crescimento em diâmetro das mudas de *E. erythropappus* variou de 3,11 a 4,20 mm. As maiores médias foram obtidas nos tratamentos T2, T5, T7 e T8, diferindo estaticamente dos tratamentos T1, T3, T4 e T6.

Quando o objetivo é avaliar a qualidade das mudas em viveiro, o diâmetro do coleto é uma das características mais observadas, pois este pode indicar a capacidade de sobrevivência e, conseqüentemente, o crescimento das mudas em campo. Outra vantagem da utilização dessa característica é por ser de fácil mensuração, e não necessitar de análise destrutivas para sua obtenção (GOMES et al., 2002).

Davide et al. (2015), sugerem o valor de 3 mm de diâmetro, considerado como um padrão mínimo, para espécies florestais nativas. Neste sentido, todos os tratamentos das espécie *P. dubium* e *E. erythropappus* apresentaram valor superior ao valor estipulado por esses autores. Para mudas de espécies exóticas, como o *E. urophylla*, Daniel et al. (1997) indicam um valor igual ou maior que 2 mm. Neste experimento, apenas o tratamento T3 não apresentou valor médio superior a 2 mm.

Em trabalho desenvolvido por Dutra et al. (2013), em que os autores avaliaram o uso de diferentes formulações de substratos alternativos na produção de mudas de *P. dubium*, as plantas alcançaram diâmetros que variaram de 3,33 a 3,36 mm. Para este trabalho, obteve-se valores maiores de diâmetro, que variaram de 3,95 a 5,53 mm, para esta espécie. Já para a *E. erythropappus*, os diâmetros variaram de 3,11 a 4,05 mm, sendo semelhantes aos dados encontrados por Dutra et al. (2013).

Melo et al. (2014), avaliando o crescimento inicial de mudas de *E. grandis* em diferentes formulações de substratos, contendo esterco de curral curtido, casca de arroz carbonizada e fibra de coco, verificaram que as mudas apresentaram diâmetro de 2,14 a 3,21 mm, sendo

semelhantes aos dados encontrados para esse estudo para o *E. urophylla*. Em contrapartida, Kratz et al. (2013b), avaliando o crescimento inicial de mudas de *E. benthamii* em substratos formulados com fibra de coco, casca de arroz carbonizada, lodo de esgoto e casca de pinus semidecomposta, observaram valores de diâmetro de coleto médio de 1,70 mm, sendo inferiores ao encontrados para este estudo. Dessa forma, pode-se dizer que os constituintes utilizados neste trabalho contribuíram positivamente para o desenvolvimento das mudas com relação a essa variável.

A altura das mudas de *E. urophylla* variou de 15,93 a 18,63 cm. As menores médias foram observadas nos tratamentos T3 e T8, diferindo estaticamente entre as demais. Para a variável altura em mudas de *P. dubium*, não houve diferença estatística entre os tratamentos. Para a altura das mudas de *E. erythropappus*, a menor média foi obtida no tratamento T8.

A altura das plantas é outra variável bastante utilizada na avaliação de qualidade das mudas e, assim como o diâmetro, é de fácil mensuração. Porém, o aconselhável é que a altura seja avaliada em conjunto com outras variáveis, como o diâmetro (GOMES et al., 2002). Em trabalho desenvolvido por Caldeira et al. (2013), avaliando-se a influência de substratos alternativos na produção de mudas de *Chamaecrista desvauxii*, os autores observaram que as mudas apresentaram bom crescimento em altura, quando empregados os constituintes cascas de arroz e casca de café na preparação dos substratos.

Para a relação altura/diâmetro (H/DC), tanto em mudas do *E. urophylla*, quanto em *P. dubium*, não houve diferença estatística entre os tratamentos. Quando avaliada a H/DC em mudas de *E. erythropappus*, o menor valor obtido foi no tratamento T8, com valor de 4,10, diferindo estaticamente dos demais.

A relação altura/diâmetro é bastante utilizada na avaliação de qualidade das mudas de espécies florestais. Tem como vantagens a junção de duas variáveis em apenas uma, expressando seu equilíbrio de crescimento, e consequentemente sobrevivência da muda em campo (DANIEL et al., 1997; STURION et al., 2000). Carneiro et al. (1995), avaliando a produção de mudas nuas de *Pinus taeda*, constataram que a faixa considerada ideal de H/DC deve se situar entre 5,4 e 8,1, exprimindo assim a robustez das mudas na fase de expedição.

Contudo, como se trata de espécies que apresentam características de crescimento diferentes, a recomendação proposta por Carneiro (1995) pode não ser a mais adequada. Em trabalho desenvolvido por Kratz et al. (2013b), estudando *E. benthamii*, as mudas encontravam-se com alto vigor, estando aptas ao plantio em campo, apresentando uma relação H/DC superior a faixa considerada adequada. E ainda, de acordo com Trazzi et al. (2012), os tratamentos que

ficaram abaixo da faixa citada ideal por Carneiro (1995), não devem ser desconsiderados, uma vez que uma das desvantagens deste método é que o sistema radicular não é levado em consideração na avaliação.

Quando avaliado o peso da matéria seca da parte aérea (MSPA), em mudas do *E. urophylla*, a menor média foi obtida no T3. Para o peso da matéria seca radicular (MSR), não houve diferença significativa entre os tratamentos. Já para o peso da matéria seca total (MST) em mudas do *E. urophylla*, o maior valor foi observado em mudas do T6.

Na avaliação das mudas de *P. dubium* para MSPA, a menor média foi obtida no T5, ao passo que para MSR e MST, não houve variação entre os tratamentos. Para as mudas de *E. erythropappus*, o maior valor observado para essa variável foi no tratamento T2. Para a MSR, apenas o T5 apresentou menor valor, e comparação aos demais. Quando avaliado a MST, para essa mesma espécie, foi observado maior valor em mudas do T7.

A MSPA, MSR e MST são características importantes quando se considera o aporte de biomassa da planta. Seu crescimento pode estar relacionado com os tipos e proporções dos constituintes utilizados, dos componentes físicos e químicos, com o manejo das mudas no viveiro, além de outros fatores (GOMES et al., 2013; FREITAS et al., 2013).

De forma geral, para as mudas de *E. urophylla*, quando se avaliou essas três características, não houve diferenças estatísticas entre os tratamentos, em que apenas o T3 e a testemunha apresentaram mudas com menores valores, principalmente devido a menor variação de constituintes que pode ter influenciado negativamente o crescimento dessas características para essa espécie. Para as mudas de *P. dubium*, o comportamento foi diferente, em que, as proporções de casca de café compostada, conjuntamente com a testemunha influenciaram positivamente no desenvolvimento da MSPA e MST. Na avaliação das mudas de *E. erythropappus*, para essas características, houve variação entre as formulações dos tratamentos, não seguindo o padrão conforme as outras duas espécies.

Dutra et al. (2013) avaliando a influência de substratos alternativos no crescimento inicial de mudas de *P. dubium*, encontraram valores de MSPA que variaram de 1,25 a 1,36 g; MSR de 0,43 a 0,51 g e MST de 1,68 a 1,87 g. Dados semelhantes foram obtidos para esse estudo na produção de mudas de *P. dubium* e *E. urophylla*, ao passo que para *E. erythropappus*, os valores para essas variáveis foram maiores.

Conforme Reis et al. (2012) e Rocha et al. (2013), para uma melhor compreensão da MSPA e MSR é indicado avaliar a relação entre essas duas variáveis. Para a relação entre o peso da matéria seca da parte aérea e peso da matéria seca do sistema radicular (RMSPAR), a

melhor relação deve ter valor igual ou inferior a 2,0, para que o desenvolvimento radicular contenha estatura suficiente para permitir o suprimento de água e nutrientes para a parte aérea (JOSÉ et al., 2009).

Quando avaliada a RMSPAR em mudas do *E. urophylla*, *P. dubium* e *E. erythropappus*, não houve diferenças significativas entre os tratamentos. Conforme Gomes et al. (2002) e Caldeira et al. (2012), a RMSPAR não é um bom parâmetro de avaliação de qualidade de mudas florestais, por ser um método destrutivo e de difícil interpretação, e em alguns casos, possui relação contraditória com o crescimento das mudas em campo.

Por outro lado, de acordo com Birchler et al. (1998), essa variável pode expressar o equilíbrio entre a parte aérea e a quantidade de raízes, em que, quanto maior o valor, maior será a área foliar, podendo ocorrer desequilíbrio no crescimento da muda e ocorrência de tombamento da mesma, assim como prejudicar a absorção de água e nutrientes, sendo prejudicial para o crescimento da muda (CALDEIRA et al., 2012).

Na avaliação do IQD nas mudas do *E. urophylla*, *P. dubium* e *E. erythropappus*, não houve diferença significativa entre os tratamentos. De acordo com Fonseca et al. (2002), o índice de qualidade de Dickson (IQD) é muito utilizado na avaliação de qualidade de mudas, tendo como vantagens a análise conjunta dos demais parâmetros morfológicos em uma única avaliação. Conforme Aguiar et al. (2011), este parâmetro é muito empregado nas avaliações, pois considera a robustez e o equilíbrio entre as características avaliadas e, segundo José et al. (2005), quanto maior seu valor, maior é o grau de qualidade da muda dentro de um mesmo lote.

Como análise qualitativa, a avaliação de retirada das mudas dos tubetes (FRT) é importante, pois está relacionada com a qualidade do torrão formado e considera se o processo de retirada das mudas dos tubetes é uma atividade onerosa ou não (WENDLING et al., 2007). Quanto mais fácil esta operação, menos gastos terá no preparo das mudas para plantio. Porém, conforme Trigueiro e Guerrini (2003), a FRT pode estar relacionada com o baixo enraizamento, apresentando fácil operação, mas uma baixa quantidade de biomassa radicular, sendo prejudicial para desenvolvimento da planta em campo.

Na avaliação da FRT para o *E. urophylla* e *P. dubium*, não houve diferenças significativas entre os tratamentos. Para *E. erythropappus*, os resultados encontrados para todas as formulações testadas foram relativamente baixos (WENDLING et al., 2007), em que a maior média para essa variável foi obtida em mudas do T8.

Na avaliação de substratos alternativos à base de casca de arroz carbonizada, combinada com fibra de coco, para *E. camaldulensis*, Kratz et al. (2016) observou médias de facilidade de

retirada da muda do tubete próximas a 8. Para mudas de *E. urophylla*, neste trabalho, os tratamentos T1, T2 e T3 apresentaram média acima de 8, ao passo que nos demais tratamentos as médias foram menores.

Em algumas espécies, a dificuldade de retirada da muda do tubete está relacionada com a maior quantidade de raízes, ocasionando maior compactação, que dificulta a liberação do torrão. A espécie *E. erythropappus* apresentou elevada quantidade de raízes que dificultou essa operação. Porém, o fato de maior quantidade de raízes atrapalhar a FRT, pode indicar que esses tratamentos apresentaram maior formação de raízes, sendo considerado essencial para o melhor desenvolvimento das mudas em campo (TRIGUEIRO e GUERRINI, 2003).

Quando avaliada a agregação das mudas ao substrato (AGR), em mudas de *E. urophylla* e *P. dubium*, não houve diferenças estatísticas entre os tratamentos. Já para as mudas da *E. erythropappus*, os valores encontrados foram considerados baixos (WENDLING et al., 2007), em que as maiores médias alcançadas foram nos tratamentos T3 e T7 diferindo estaticamente dos demais.

Conforme Trigueiro e Guerrini (2003), quanto mais vigoroso o enraizamento, mais coeso e mais agregado é o substrato, devido ao maior desenvolvimento de raízes laterais. De acordo com Wendling et al. (2007), o substrato para ser considerado adequado para a produção de mudas deve fornecer condições adequadas ao crescimento radicular, permitir boa agregação das raízes, para que quando o torrão for removido do tubete este não se rompa, o que pode ocasionar exposição das raízes ao ressecamento e dificultar a sobrevivência das mudas em campo.

Como na literatura ainda são encontradas poucas avaliações para as variáveis qualitativas FRT e AGR, indica-se a sua aplicação para um número maior de espécies, sempre com o objetivo de produção de mudas de alta qualidade e com o menor custo operacional, que tenham maior capacidade de sobrevivência em campo, e que poderão ser empregadas na formação de florestas produtivas.

Além disso, foi realizada uma análise multivariada com a finalidade de compreender melhor a influência dos diferentes constituintes utilizados nas formulações dos substratos. Por meio da análise conjunta, é possível o agrupamento dos tratamentos conforme seu desempenho. Na figura 2 é possível observar a interação entre os componentes para as três espécies do presente estudo.

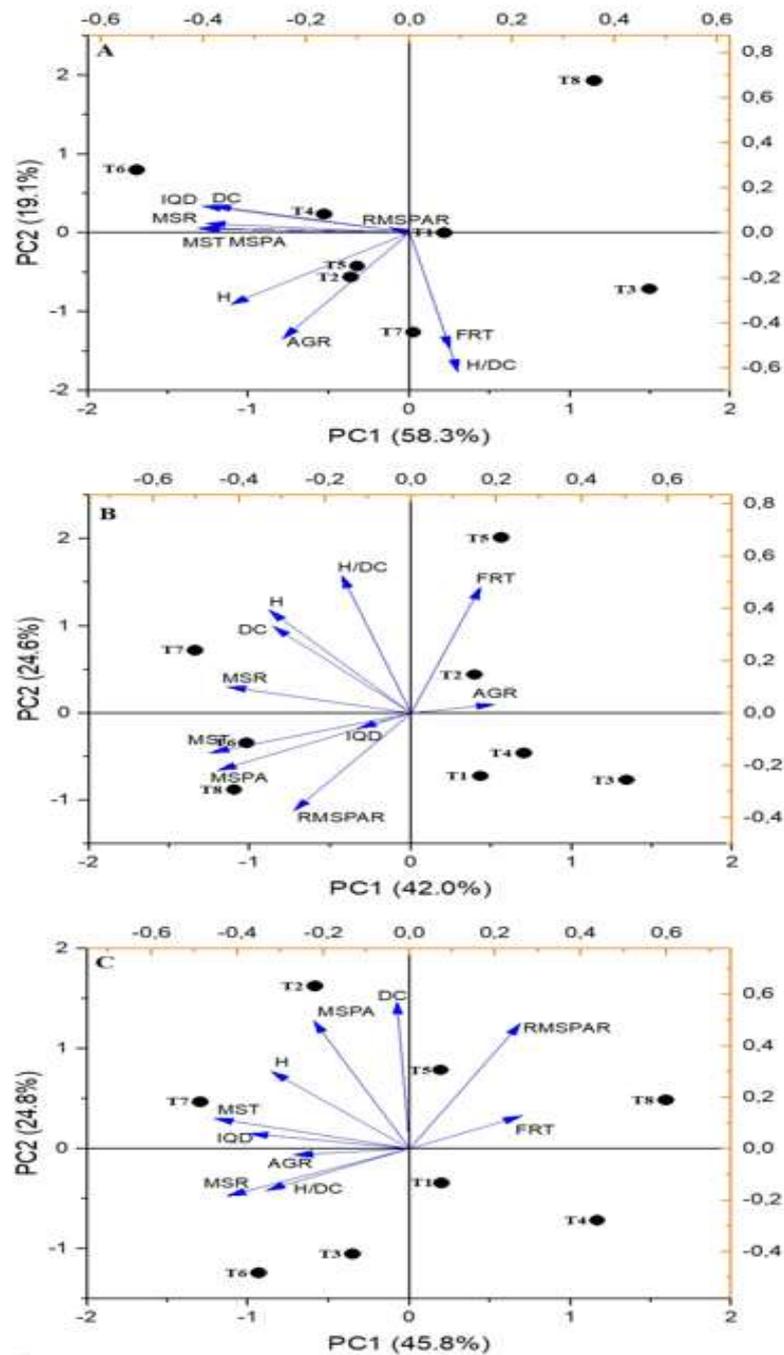


Figura 2. Projeção dos dois componentes principais mostrando em detalhes o desempenho dos oito tratamentos em relação às diferentes características morfológicas DC, H, H/DC, MSPA, MSR, MST, RMSPAR, IQD e análises qualitativas FRT e AGR, no crescimento de mudas de *Eucalyptus urophylla* (A), *Peltophorum dubium* (B) e *Eremanthus erythropappus* (C).

Figure 2. Projection of the two main components showing in detail the performance of the eight treatments in relation to the different morphological characteristics DC, H, H/DC, MSPA, MSR, MST, RMSPAR, IQD and qualitative FRT and AGR *Eucalyptus urophylla* (A), *Peltophorum dubium* (B) and *Eremanthus erythropappus* (C).

Na análise de componentes principais, para cada eixo os maiores valores indicam a variável mais representativa, explicando assim a maior parcela da variância do conjunto original

de dados. Para o *E. urophylla*, ao analisar o primeiro componente principal, nota-se uma nítida separação entre alguns tratamentos. Do lado direito da linha vertical, observa-se que os tratamentos T3 e T8 não se correlacionaram com as variáveis analisadas, demonstrando assim que estes dois apresentaram as menores médias para a maioria dos parâmetros estudados. Ainda, do lado direito, observa-se o T1 que apresentou correlação com a RMSPAR.

Em contrapartida, do lado esquerdo da linha vertical, os tratamentos T4 e T6 apresentaram as maiores correlações para as variáveis DC, IQD, MSR, MSPA e MST. Ao passo que o T5 apresentou maior correlação para a variável H e RMSPAR e o T2 com maiores valores para FRT, conforme já discutido anteriormente. O T7 apresentou correlação moderada para a relação H/DC e FRT.

Na análise para a espécie *P. dubium*, do lado direito da linha vertical nota-se que os tratamentos T1, T3 e T4 não se correlacionaram com nenhuma das variáveis analisadas, comprovando assim que estes apresentaram pior crescimento das mudas, não sendo indicados para a produção de mudas dessa espécie. Ainda, do lado direito, foi possível analisar os tratamentos T2 e T5. O T2 apresentou correlação com a AGR, sendo inversamente proporcional a MST, em que quanto maior o índice de AGR, menor foi a MST. Para o T5 foi observada alta correlação com a FRT, sendo esta inversamente proporcional a MST, MSPA e RMSPAR.

Ao analisar o lado esquerdo da linha, observa-se os tratamentos T6, T7 e T8 que apresentaram correlação com a maioria das características avaliadas. O T7 apresentou correlação com as variáveis MSR, DC, H, H/DC e IQD, demonstrando resultados positivos na avaliação de qualidade de mudas de *P. dubium*. O tratamento T6 apresentou maior correlação para a MST, sendo inversamente proporcional a AGR, ao passo que o T8 apresentou alta correlação com a MSPA, conforme discussão anterior.

Para a *E. erythropappus*, ao analisar o agrupamento dos tratamentos, percebe-se que houve uma grande variação entre eles. Do lado direito da linha vertical o T8 apresentou correlação com a FRT, sendo inversamente proporcional a AGR, MSR e H/DC, ou seja, quanto maior a FRT, menor foram as médias para as demais variáveis. O tratamento T5, com 60% de casca de café compostada na sua proporção, apresentou correlação com as variáveis DC, MSPA e H, comprovando que este resíduo pode ser aplicado na produção de mudas dessa espécie. Para os tratamentos T1 e T4 não houve correlação com as demais variáveis, atestando que para essa espécie as formulações desses tratamentos não apresentaram resultados satisfatórios. Ao analisar o lado esquerdo da linha vertical observa-se os demais tratamentos avaliados neste estudo, com destaque para o T2 e T7 que apresentaram alta correlação com as variáveis DC,

MSPA, H, MST e IQD, apresentando ótimos valores, demonstrando que as mudas provenientes desses tratamentos apresentam qualidade e maior capacidade de sobrevivência em campo. Os tratamentos T3 e T6 apresentaram correlações moderadas para as variáveis AGR, H/DC e MSR, sendo estas inversamente proporcionais a FRT, ou seja, quanto menor a FRT, maiores foram os valores para as outras variáveis.

4. CONCLUSÕES

Os resultados encontrados atestaram que as mudas dos tratamentos formulados com casca de café compostada, apresentaram valores superiores, para a maioria das variáveis analisadas, quando comparadas com as mudas dos tratamentos com casca de arroz compostada e o tratamento testemunha.

A casca de café compostada, combinada com proporções de fibra de coco e substrato comercial pode ser aplicada na produção de mudas das três espécies florestais. Indica-se a proporção 20% de fibra de coco, com 40% de substrato comercial e 40% de casca de café compostada, na formulação de substratos para a produção de mudas de *E. urophylla*, *P. dubium* e *E. erythropappus*.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. De M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v 22, n. 6, p. 711–728, 2013.

CARNEIRO, J. G. A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 1995. p. 41-65.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). Acompanhamento da Safra Brasileira de Café, Safra 2018, segundo levantamento, maio/2018. **Conab**, 2018. Disponível em <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/34724227/producao-dos-cafes-do-brasil-equivale-a-36-da-producao-mundial-em-2018>. Acesso em: 18/01/2019.

DANTAS, A. A.; A.; DE CARVALHO, L. G.; FERREIRA, E. Classificação e tendências climáticas em Lavras, MG. **Ciência agrotécnica**, Lavras, v. 31, n. 6, p. 1862-1866, nov./dez., 2007.

DANIEL, O. VITORINO, A. C. T.; ALOVISI, A. A.; MAZZOCHIN, L.; TOKURA, A. M.; PINHEIRO, E. R.; SOUZA, E. F. de. Aplicação de fósforo em mudas de *Acaciamangium*. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 21, n. 2, p. 163-168, 1997.

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.

DUTRA, T. R.; MASSAD, M. D.; SARMENTO, M. F. Q.; DE OLIVEIRA, J. C. Substratos alternativos e métodos de quebra de dormência para produção de mudas de canafístula. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 60, n.1, p. 072-078, 2013.

ELOY, E.; CARON, B. O.; SCHMIDT, D.; BEHLING, A.; SCHWERS, L.; ELLI, E. F. Avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptusgrandis* utilizando parâmetros morfológicos. **FLORESTA**, Curitiba, v. 43, n. 3, p. 373 - 384, 2013.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA FLORESTAS. **Cultivo do Eucalipto: Produção de Mudanças**. 2003. Disponível em:<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Eucalipto/CultivodoEucalipto/03_producao_de_mudas.htm>. Acesso em: 09 de janeiro. 2019.

FERREIRA, D.F. Sisvar: a guide for its bootstrap procedures in multiple comparisons. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v.38, n.2, p.109- 112, 2014.

FREITAS, T. A. S. de; FONSECA, M. D. S.; SOUZA, S. S. M. de; LIMA, T. M.; MENDONÇA, A. V. R.; SANTOS, A. P. dos. Crescimento e ciclo de produção de mudas de *Eucalyptus* em recipientes. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 33, n. 76, p. 419 - 428, 2013.

GOMES, J.M.; PAIVA, H.N. **Viveiros florestais (propagação sexuada)**. Viçosa: Editora UFV, 2004.

GOMES, J. M.; COUTO, L.; LEITE, H. G.; XAVIER, A.; GARCIA, S. L. R. Parâmetros morfológicos na avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptusgrandis*. **Revista Árvore**, v.26, n.6, p.655-664, 2002.

GONÇALVES, L.M.; POGGIANI, F. Substratos para produção de mudas florestais. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 13. Águas de Lindóia, 1996. **Resumos**. Piracicaba, Sociedade Latino Americana de Ciência do Solo, CD-ROM, 1996.

GONÇALVES, J. L. M.; SANTERELLI, E. G.; NETO, S. P. M.; MANARA, M. P. Produção de mudas de espécies nativas: substrato, nutrição, sombreamento e fertilização. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. (Eds.) **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: ESALQ/USP, p.309-350, 2000.

JOSÉ, A. C.; DAVIDE, A. C.; OLIVEIRA, S. L. Efeito do volume do tubete, tipo e dosagem de adubo na produção de mudas de aroeira (*Schinusterebinthifolia* Raddi). **Agrarian**, Dourados, v. 2, n. 3, p. 73-86, 2009.

KÄMPF, A. N. Substrato. In: KÄMPF, A. N. **Produção comercial de plantas ornamentais**. 2ª edição, Guaíba: Agrolivros, 2005. p. 45 - 72.

KRATZ, D.; WENDLING, I. Produção de mudas de *Eucalyptusdunnii* em substratos renováveis. **Floresta**, Curitiba, v. 43, n. 1, p. 125 - 136, 2013.

KRATZ, D.; WENDLING, I.; NOGUEIRA, A. C.; SOUZA, P. V. D. Propriedades físicas e químicas de substratos renováveis. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 37, n. 6, p. 1103-1113, 2013a.

KRATZ, D.; WENDLING, I.; NOGUEIRA, A. C.; SOUZA, P. V. D. Substratos renováveis na produção de mudas de *Eucalyptusbenthamii*. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 23, n. 4, p. 607-621, 2013b.

KRATZ, D.; PIRES, P.P., STUEPP, C. A., WENDLING, I. Produção de mudas de erva-mate por miniestaquia em substratos renováveis. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 45, n. 3, p. 609 - 616, jul. / set. 2014.

KRATZ, D.; WENDLING, I. Crescimento de mudas de *Eucalyptuscamaldulensis* em substratos à base de casca de arroz carbonizada. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 63, p. 348-354, 2016.

KRAUSE, M. R.; MONACO, P. A. V.; HADDADE, I. R.; MENEGHELLI, L. A. M.; SOUZA, T. D. Aproveitamento de resíduos agrícolas na composição de substratos para produção de mudas de tomateiro. **Horticultura Brasileira**, Brasília v. 35, p. 280-285, 2017.

MELO, L. A.; ABREU, A. H. M.; LELES, P. S. S.; OLIVEIRA, R. R.; SILVA, D. T. Qualidade e crescimento inicial de mudas de *Mimosa caesalpinifoliabenth.* produzidas em diferentes volumes de recipientes. **Ciência Florestal**, v. 28, n. 1, p. 47-55, 2018. DOI: 10.5902/1980509831574.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA). **Instrução Normativa SDA nº 17**. Diário Oficial da União - Seção 1, nº 99, 24 de maio de 2007. Métodos Analíticos Oficiais para Análise de Substratos para Plantas e Condicionadores de Solo. Brasília, 2007.

POSCHENRIEDER, C.; GUNSÉ, B.; CORRALES, I.; BARCELÓ, J. A glance into aluminum toxicity and resistance in plants. **Science of the total environment**, v.400, n.1-3, p. 356-368, ago. 2008.

REIS, B. E.; PAIVA, H. N.; BARROS, T. C.; FERREIRA, A. L.; CARDOSO, W. C. Crescimento e qualidade de mudas de jacarandá-da-bahia (*Dalbergia nigra* Vell.) Allemão ex Benth.) em resposta à adubação com potássio e enxofre. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 22, n. 2, p. 389-396, 2012.

ROCHA, J. H. T.; BACKES, C.; DIOGO, F. A.; PASCOTTO, C. B.; BORELLI, K. Composto de lodo de esgoto como substrato para mudas de eucalipto. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 33, n. 73, p. 27-36, 2013.

SCIVITTARO, W. B.; SANTOS, K. F.; CASTILHOS, D. D.; CASTILHOS, R. M. V. **Caracterização física de substratos elaborados a partir de resíduos agroindustriais**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2007. 26 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 58).

STURION, J. A.; ANTUNES, J. B. M. Produção de mudas de espécies florestais. In: GALVÃO, A.P.M. (Ed.). **Reflorestamento de propriedades rurais para fins produtivos e ambientais**. Colombo: Embrapa Florestas, 2000. p. 125-150.

TAHARA, K.; NORISADA, M.; YAMANOSHITA, T.; KOJIMA, K. Role of aluminum-binding ligands in aluminum resistance of *Eucalyptus camaldulensis* and *Melaleuca cajuputi*. **Plant and Soil**, v.302, n.1-2, p.175-187, jan. 2008.

TRAZZI, P. A.; CALDEIRA, M.V. W.; COLOMBI, R.; PERONI, L.; GODINHO, T. O. Estercos de origem animal em substratos para a produção de mudas florestais: atributos físicos e químicos. **Sci. For.**, Piracicaba, v. 40, n. 96, p. 455-462, dez. 2012.

VALERI, S.V.; CORRADINI, L. Fertilização em viveiro para produção de mudas de *Eucalyptus Pinus*. In: GONÇALVES, J.L.M.; BENEDETTI, V. **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000. p.168-190

WENDLING, I.; GUASTALA, D; DEDECEK, R. Características físicas e químicas de substratos para produção de mudas de *Ilexparaguariensis* St. Hil. **Revista Árvore**, v. 31, p. 209-220, 2007.

WENDLING, I.; DUTRA, L. F. Produção de mudas de eucalipto por sementes. In: WENDLING, I.; DUTRA, L. F. **Produção de mudas de eucalipto**. Colombo: Embrapa Florestas, 2010. p. 13-47.

WU, G. ROSS, C. F., MORRIS, C. F.; MURPHY, K. M. Lexicon development, consumer acceptance, and drivers of liking of quinoa varieties. **Journal of Food Science**, v. 82, n.4, p.993–1005, 2017.

XIANG LI.; YMING FENG.; SHARON TING.; JIANG JIANG.; YUNFA LIU. Correlating emulsion properties to microencapsulation efficacy and nutrients retention in mixed proteins system. **Food Research International**, nº 115, p.44–53, 2018.