



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**QUALIDADE DE MUDAS DE EUCALIPTO E ACÁCIA EM SUBSTRATOS DE
RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS**

ROBERTA PAULA DE JESUS

Orientadora:

Prof^a. Dr^a. Eliana Paula Fernandes Brasil

Goiânia, GO – Brasil
2016

**TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR VERSÕES ELETRÔNICAS
DE TESES E
DISSERTAÇÕES NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG**

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG), regulamentada pela Resolução CEPEC nº 832/2007, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei nº 9610/98, o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou *download*, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

1. Identificação do material bibliográfico: **Dissertação** **Tese**

2. Identificação da Tese ou Dissertação:

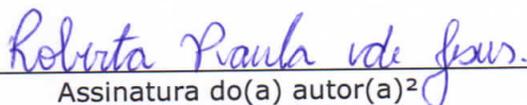
Nome completo do autor: Roberta Paula de Jesus

Título do trabalho: Qualidade de mudas de eucalipto e acácia em substratos de resíduos agroindustriais

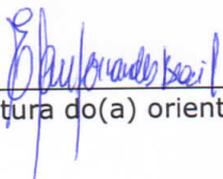
3. Informações de acesso ao documento:

Concorda com a liberação total do documento SIM NÃO¹

Havendo concordância com a disponibilização eletrônica, torna-se imprescindível o envio do(s) arquivo(s) em formato digital PDF da tese ou dissertação.


Assinatura do(a) autor(a)²

Ciente e de acordo:


Assinatura do(a) orientador(a)²

Data: 04/04/2018

¹ Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. A extensão deste prazo suscita justificativa junto à coordenação do curso. Os dados do documento não serão disponibilizados durante o período de embargo.

Casos de embargo:

- Solicitação de registro de patente
- Submissão de artigo em revista científica
- Publicação como capítulo de livro
- Publicação da dissertação/tese em livro

²A assinatura deve ser escaneada.

ROBERTA PAULA DE JESUS

**QUALIDADE DE MUDAS DE EUCALIPTO E
ACÁCIA EM SUBSTRATOS DE RESÍDUOS
AGROINDUSTRIAIS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia, da Universidade Federal de Goiás, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Agronomia, área de concentração: Produção Vegetal.

Orientadora:

Prof^a. Dr^a. Eliana Paula Fernandes Brasil

Goiânia, GO – Brasil
2016

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UFG.

Jesus, Roberta Paula de
Qualidade de mudas de eucalipto e acácia em substratos de resíduos agroindustriais [manuscrito] / Roberta Paula de Jesus. - 2016.
CLXVII, 167 f.

Orientador: Profa. Dr^a. Eliana Paula Fernandes Brasil.
Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Goiás, Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos (EAEA), Programa de Pós Graduação em Agronomia, Goiânia, 2016.

Bibliografia.

Inclui gráfico, tabelas, lista de figuras, lista de tabelas.

1. produção de mudas. 2. essências florestais. 3. fibra de coco. 4. lodo compostado. I. Brasil, Dr^a. Eliana Paula Fernandes, orient. II. Título.

CDU 631/635



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA



ATA DE DEFESA DE TESE

Aos quatorze dias do mês de março do ano de dois mil e dezesseis (14.03.2016), às 14h00min, reuniram-se os componentes da Banca Examinadora: Prof^ª. Dr^ª. Eliana Paula Fernandes Brasil - Orientadora/Presidente, Prof. Dr. Wilson Mozena Leandro, Prof^ª Dr^ª. Luciana Domingues Bittencourt Ferreira, Prof. Dr. Ricardo Fernandes de Sousa e Dr^ª Nara Rúbia de Moraes Arantes, para, em sessão pública realizada no auditório do PPGA da Escola de Agronomia da UFG, procederem à avaliação da defesa de Tese intitulada: **“Qualidade de mudas de Eucalipto e Acácia em substratos de resíduos agroindustriais”**, de autoria de **Roberta Paula de Jesus**, discente do curso de **Doutorado**, na área de Concentração em **Produção Vegetal**, do Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal de Goiás. A sessão foi aberta pela presidente, que fez a apresentação formal dos membros da Banca e deu início às atividades relativas à defesa da Tese. Passou a palavra a doutoranda que em quarenta minutos apresentou o seu trabalho. Após a apresentação a candidata foi arguida sucessivamente pelos membros da banca. Terminada a fase de arguição, procedeu-se à avaliação da defesa. De acordo com a Resolução nº 1051, de 09.09.2011 do CEPEC - Conselho de Ensino, Pesquisa, Extensão e Cultura, que regulamenta o Programa de Pós-Graduação em Agronomia, a Banca Examinadora considerou **APROVADA** a Tese, desde que procedidas às correções recomendadas, estando integralmente cumprido este requisito para fins de obtenção do título de **DOCTORA** em Agronomia, na área de concentração em **Produção Vegetal**, pela Universidade Federal de Goiás. A doutoranda deverá efetuar as modificações sugeridas pela Banca Examinadora e encaminhar a versão definitiva da tese à Secretaria do PPGA, no prazo máximo de trinta dias após a data da Defesa. A conclusão do Curso e a emissão do Diploma dar-se-ão após o cumprimento do Artigo 69, § 1º e § 2º, da Resolução CEPEC nº 1051, de 09.09.2011. A Banca Examinadora recomendou a publicação de artigo(s) científico(s), oriundo(s) dessa tese, em periódicos de circulação nacional e, ou, internacional, depois de efetuadas as modificações sugeridas. No caso da discente titulada não providenciar a publicação de seu trabalho final em forma de artigo(s) científico(s) no prazo de seis meses, após a data da defesa, serão aplicados os dispositivos do Artigo 70, § 1º e § 2º, da mesma Resolução. Para finalizar, a Presidente agradeceu os membros examinadores, congratulou-se com a doutoranda e encerrou a sessão às 18h15min. E para constar, eu Welinton Barbosa Mota, secretário do PPGA, lavrei a presente Ata que depois de lida e aprovada, será assinada pelos membros da Banca Examinadora, em quatro vias de igual teor.

Prof^ª. Dr^ª. Eliana Paula Fernandes Brasil
Presidente – EA/UFG

Prof. Dr. Wilson Mozena Leandro
Membro – EA/UFG

Dr^ª. Nara Rúbia de Moraes Arantes
Membro – EA/UFG

Prof. Dr. Luciana Domingues Bittencourt Ferreira
Membro – Emater, GO.

Prof. Dr. Ricardo Fernandes de Sousa
Membro – IF/Goiás

Porque Dele e por Ele e para Ele são todas as coisas...

Hebreus 2. 36

AGRADECIMENTOS

Agradeço, acima de todas coisas e pelo que há de mais sublime, a Deus por se manifestar permanentemente em minha vida.

À minha mamãe Marilda, pelo incondicional amor com que sempre me auxiliou e apoiou.

À minha vovó Valdivina (*in memoriam*), pela fundamental participação em minha educação.

Ao meu esposo, Cleber, pelo companheirismo, amor e dedicação, por me motivar sempre a seguir em frente, me auxiliando a superar os obstáculos com otimismo e alegria.

À minha pequena Ana Clara que traz tantas alegrias, e me motiva a dar sempre o melhor de mim.

À toda minha família pelo apoio.

Às minhas amigas Elizete, Graciella e Rosely pelo incentivo constante.

À minha orientadora Prof^a Eliana Paula Fernandes Brasil pela amizade, paciência, sabedoria e gentileza demonstrada ao longo de todo este trabalho.

Aos docentes da Escola de Agronomia, em especial o Prof. Wilson Mozena Leandro, pelos ensinamentos transmitidos, apoio e atenção.

Aos colegas Michel e Aline por toda ajuda prestada.

Aos funcionários da Escola de Agronomia, particularmente ao Welinton Mota.

À Universidade Federal de Goiás, em especial, à Escola de Agronomia.

Ao Viveiro Mudas Nobres e seus colaboradores, pelo apoio na implantação e condução dos experimentos. Em especial, aos amigos e proprietários do Viveiro Mudas Nobres, Canrobert Tormin e João Augusto da Silva, pelo total apoio e incentivo.

À Empresa IFB Biotecnologia, na pessoa do Sr. Douglas Perez, pelo apoio.

À todos que direta ou indiretamente estiveram comigo em mais esta etapa da vida, meus sinceros agradecimentos.

Meus amores

Cleber e Ana Clara

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	10
LISTA DE FIGURAS.....	11
RESUMO GERAL.....	13
GENERAL ABSTRACT.....	14
INTRODUÇÃO GERAL.....	15
1. REVISÃO DE LITERATURA.....	18
1.1 A CULTURA DO <i>Eucalyptus grandis</i>	18
1.2 A CULTURA DA <i>Acacia mangium</i>	20
1.3 QUALIDADE DE MUDAS DE ESSÊNCIAS FLORESTAIS.....	23
1.3.1 Altura da parte aérea e diâmetro do colo.....	25
1.3.2 Massa de matéria seca aérea e radicial.....	26
1.3.3 Índice de qualidade de Dickson (IQD).....	27
1.3.4 Determinação da facilidade de retirada do tubete e agregação das raízes ao substrato.....	28
1.4 SUBSTRATOS.....	29
1.4.1 Propriedades físico-químicas de substratos.....	32
1.4.2 Composição de substratos.....	39
1.4.3 Legislação e métodos de caracterização física de substratos.....	46
1.5 RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS.....	47
1.5.1 Potencial do uso agrônomo de resíduos agroindustriais.....	50
1.5.2 Aplicação de resíduos agroindustriais como substrato.....	54
1.5.3 Resíduos da indústria processadora de tomate.....	56
1.5.4 Aspectos legais do uso agrícola de resíduos.....	59
1.6 REFERÊNCIAS.....	61
2 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DE SUBSTRATOS DE RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS PARA PRODUÇÃO DE MUDAS DE <i>Eucalyptus grandis</i> e <i>Acacia mangium</i>.....	79
RESUMO.....	79
ABSTRACT.....	80

2.1	INTRODUÇÃO.....	80
2.2	MATERIAL E MÉTODOS.....	83
2.2.1	Preparo dos substratos e tratamentos.....	83
2.2.2	Caracterização do Lodo compostado.....	83
2.2.3	Parâmetros avaliados.....	85
2.2.3.1	Densidade de volume (DV).....	85
2.2.3.2	Densidade de partícula (DP).....	86
2.2.3.3	Curva de retenção de água.....	86
2.2.4	Delineamento experimental	88
2.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	88
2.3.1	Densidade de volume (DV).....	88
2.3.2	Densidade de partícula (DP).....	91
2.3.3	Porosidade total (PT).....	92
2.3.4	Espaço de aeração (EA).....	94
2.3.5	Água facilmente disponível (AFD), água tamponante (AT) e água disponível (AD).....	96
2.3.6	Capacidade de retenção de água (CRA) e água remanescente a 100 cm (AR).....	99
2.4	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	101
2.5	CONCLUSÕES.....	102
2.6	REFERÊNCIAS.....	102
3	QUALIDADE DE MUDAS DE <i>Eucalyptus grandis</i> EM SUBSTRATOS DE RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS.....	109
	RESUMO.....	109
	ABSTRACT.....	109
3.1	INTRODUÇÃO.....	110
3.2	MATERIAL E MÉTODOS.....	112
3.2.1	Caracterização da área experimental.....	112
3.2.2	Preparo dos substratos, preenchimento dos tubetes e semeadura.....	113
3.2.3	Tratamentos.....	113
3.2.4	Caracterização do lodo compostado.....	114
3.2.5	Parâmetros avaliados.....	114
3.2.6	Delineamento experimental.....	115
3.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	115
3.3.1	Altura da parte aérea (H).....	115

3.3.2	Diâmetro do colo (DC)	118
3.3.3	Relação da altura da parte aérea e diâmetro do colo (H/DC)	120
3.3.4	Massa de matéria seca da parte aérea e massa de matéria seca das raízes	122
3.3.5	Índice de qualidade de Dickson (IQD)	125
3.3.6	Avaliação da facilidade de retirada das mudas do tubete (FRT) e agregação das raízes ao substrato (AGR)	126
3.3.7	Características nutricionais das plantas	129
3.4	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	134
3.5	CONCLUSÕES.....	134
3.6	REFERÊNCIAS.....	135
4	QUALIDADE DE MUDAS DE <i>Acacia mangium</i> EM SUBSTRATOS DE RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS	142
	RESUMO.....	142
	ABSTRACT.....	142
4.1	INTRODUÇÃO.....	143
4.2	MATERIAL E MÉTODOS.....	145
4.2.1	Caracterização da área experimental	145
4.2.2	Preparo dos substratos, preenchimento dos tubetes e semeadura ..	146
4.2.3	Tratamentos	146
4.2.4	Caracterização do lodo compostado	146
4.2.5	Parâmetros avaliados	147
4.2.6	Delineamento experimental	148
4.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	148
4.3.1	Altura da parte aérea (H)	148
4.3.2	Diâmetro do colo (DC)	150
4.3.3	Relação da altura da parte aérea e diâmetro do colo (H/DC)	152
4.3.4	Massa de matéria seca da parte aérea e massa de matéria seca das raízes	153
4.3.5	Índice de qualidade de Dickson (IQD)	156
4.3.6	Avaliação da facilidade de retirada das mudas do tubete (FRT) e agregação das raízes ao substrato (AGR)	157
4.3.7	Características nutricionais das plantas	159
4.4	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	161
4.5	CONCLUSÕES.....	162

4.6	REFERÊNCIAS.....	162
------------	-------------------------	------------

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1. Análise química do lodo compostado e limites máximos de contaminantes admitidos em substratos para plantas e condicionadores de solo (BRASIL, 2006).....	84
Tabela 3.1. Teores dos macronutrientes na parte aérea de mudas de <i>Eucalyptus grandis</i> , aos 120 dias após a semeadura, conduzidas em substratos de resíduos agroindustriais.....	129
Tabela 3.2. Teores dos micronutrientes na parte aérea de mudas de <i>Eucalyptus grandis</i> , aos 120 dias após a semeadura, conduzidas em substratos de resíduos agroindustriais.....	132
Tabela 4.1. Teores dos macronutrientes na parte aérea de mudas de <i>Acacia mangium</i> , aos 120 dias após a semeadura, conduzidas em substratos de resíduos agroindustriais.....	159
Tabela 4.2. Teores dos micronutrientes na parte aérea de mudas de <i>Acacia mangium</i> , aos 120 dias após a semeadura, conduzidas em substratos de resíduos agroindustriais.....	161

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1.	Densidade dos substratos de resíduos agroindustriais para produção de mudas de <i>Eucalyptus grandis</i> e <i>Acacia mangium</i>	89
Figura 2.2.	Densidade de partícula (DP) dos substratos de resíduos agroindustriais para produção de mudas de <i>Eucalyptus grandis</i> e <i>Acacia mangium</i>	92
Figura 2.3.	Porosidade total (PT) dos substratos de resíduos agroindustriais para produção de mudas de <i>Eucalyptus grandis</i> e <i>Acacia mangium</i>	93
Figura 2.4.	Espaço de aeração (EA) dos substratos de resíduos agroindustriais para produção de mudas de <i>Eucalyptus grandis</i> e <i>Acacia mangium</i>	96
Figura 2.5.	Água facilmente disponível (AFD), água tamponante (AT) e água disponível (AD) dos substratos de resíduos agroindustriais para produção de mudas de <i>Eucalyptus grandis</i> e <i>Acacia mangium</i>	97
Figura 2.6.	Capacidade de retenção de água (CRA), e água remanescente a 100 cm (AR) dos substratos de resíduos agroindustriais para produção de mudas de <i>Eucalyptus grandis</i> e <i>Acacia mangium</i>	100
Figura 3.1.	Altura da parte aérea de mudas de <i>Eucalyptus grandis</i> , aos 120 dias após a semeadura, produzidas em substratos de resíduos agroindustriais.....	116
Figura 3.2.	Diâmetro do colo de mudas de <i>Eucalyptus grandis</i> , aos 120 dias após a semeadura, produzidas em substratos de resíduos agroindustriais.....	119
Figura 3.3.	Relação H/DC de mudas de <i>Eucalyptus grandis</i> , aos 120 dias após a semeadura, produzidas em substratos de resíduos agroindustriais.....	121
Figura 3.4.	Massa de matéria seca da parte aérea e massa de matéria seca das raízes de mudas de <i>Eucalyptus grandis</i> , aos 120 dias após a semeadura, produzidas em substratos de resíduos agroindustriais.....	123
Figura 3.5.	Índice de qualidade de Dickson (IQD) de mudas de <i>Eucalyptus grandis</i> , aos 120 dias após a semeadura, produzidas em substratos de resíduos agroindustriais.....	126

Figura 3.6.	Facilidade de retirada das mudas do tubete (FRT) e agregação das raízes ao substrato (AGR) de mudas de <i>Eucalyptus grandis</i> , aos 120 dias após a semeadura, produzidas em substratos de resíduos agroindustriais.....	127
Figura 4.1.	Altura da parte aérea de mudas de <i>Acacia mangium</i> , aos 120 dias após a semeadura, produzidas em substratos de resíduos agroindustriais.....	149
Figura 4.2.	Diâmetro do colo de mudas de <i>Acacia mangium</i> , aos 120 dias após a semeadura, produzidas em substratos de resíduos agroindustriais.....	151
Figura 4.3.	Relação H/DC de mudas de <i>Acacia mangium</i> , aos 120 dias após a semeadura, produzidas em substratos de resíduos agroindustriais.....	153
Figura 4.4.	Massa de matéria seca da parte aérea e massa de matéria seca das raízes de mudas de <i>Acacia mangium</i> , aos 120 dias após a semeadura, produzidas em substratos de resíduos agroindustriais.....	154
Figura 4.5.	Índice de qualidade de Dickson (IQD) de mudas de <i>Acacia mangium</i> , aos 120 dias após a semeadura, produzidas em substratos de resíduos agroindustriais.....	156
Figura 4.6.	Facilidade de retirada das mudas do tubete (FRT) e agregação das raízes ao substrato (AGR) de mudas de <i>Acacia mangium</i> , aos 120 dias após a semeadura, produzidas em substratos de resíduos agroindustriais.....	158

RESUMO GERAL

JESUS, R. P. **Qualidade de mudas de eucalipto e acácia em substratos de resíduos agroindustriais**. 2016. 167 f. Tese (Doutorado em Agronomia: Produção Vegetal)-Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2016.¹

A demanda por mudas de essências florestais de qualidade está em crescente expansão, devido ao aumento da área plantada, bem como a recomposição de ambientes degradados. Baseado na importância do substrato para a produção de mudas e da utilização de materiais renováveis para sua formulação, objetivou-se nesse trabalho caracterizar as propriedades físicas de substratos renováveis a base de fibra de coco e lodo compostado e avaliar a viabilidade da utilização desses substratos para a produção de mudas de *Eucalyptus grandis* e *Acacia mangium*. Para tanto, foram realizados três estudos. As fontes de materiais orgânicos utilizados para a composição dos substratos foram substrato comercial, fibra de coco e lodo compostado (resíduo proveniente da indústria de processamento de tomate). Os tratamentos foram: substrato comercial; substrato comercial + 10% de lodo; substrato comercial + 20% de lodo; substrato comercial + 40% de lodo; fibra de coco; fibra de coco + 10% de lodo; fibra de coco + 20% de lodo e fibra de coco + 40% de lodo. No primeiro estudo foram realizadas as seguintes análises físicas dos substratos formulados: densidade de volume, densidade de partícula, porosidade total, espaço de aeração, água facilmente disponível, água tamponante, água disponível, água remanescente a 100 cm e capacidade de retenção de água. Observou-se que os tratamentos apresentaram uma grande variabilidade para as características físicas e há vantagem em realizar misturas para obtenção de um substrato mais eficiente quanto a estas propriedades. Como condicionador nas misturas, o lodo compostado promoveu o aumento da densidade, redução da porosidade e o aumento da capacidade de retenção de água. No segundo estudo foram avaliados parâmetros relativos ao crescimento das mudas de *Eucalyptus grandis*, e no terceiro estudo foram avaliados parâmetros relativos ao crescimento das mudas de *Acacia mangium*. Os parâmetros avaliados foram: altura da planta, diâmetro do colo, massa de matéria seca aérea e radicial, facilidade de retirada das mudas do tubete, agregação das raízes ao substrato e análise química do tecido vegetal da parte aérea. Os resultados revelaram que a utilização do lodo compostado e da fibra de coco como substrato para produção de mudas de *Eucalyptus grandis* e *Acacia mangium* é uma alternativa promissora, pois resultaram em um desenvolvimento adequado das mesmas. A utilização de resíduos orgânicos na composição de substratos para produção de mudas de essências florestais é uma opção tecnicamente viável e representa uma alternativa para a reciclagem e emprego de subprodutos da agroindústria.

Palavras-chave: produção de mudas, essências florestais, fibra de coco, lodo compostado

¹Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Eliana Paula Fernandes Brasil. EA/UFG

GENERAL ABSTRACT

JESUS, R. P. **Quality of eucalyptus and acacia seedlings in agro-industrial waste substrates**. 2016. 167 p. Thesis (Doctorate in Agronomy: Vegetables production) -School of Agronomy, Federal University of Goiás, Goiânia, 2016.¹

Demand for quality seedlings of forest species is becoming increasingly widespread, due to increased planted area and the restoration of degraded environments. Based on the importance of substrate for seedling production and use of renewable materials in its formulation, the aim of this work was to characterize the physical properties of renewable substrates composed by coconut fiber and composted sludge and evaluate the feasibility of using these substrates in the production of seedlings of *Eucalyptus grandis* and *Acacia mangium*. Therefore, there were three studies. The sources of organic materials used for the composition of the substrates were commercial substrate, coconut fiber and composted sludge (waste from the tomato processing industry). The treatments were: commercial substrate; commercial substrate + 10% sludge; commercial substrate + 20% sludge; commercial substrate + 40% sludge; coconut fiber; Coconut fiber + 10% sludge; coconut fiber + 20% sludge and coconut fiber + 40% sludge. In the first study were performed following physical analysis of formulated substrates: volume density, particle density, porosity, air space, readily available water, buffering water, available water, the remaining water of 100 cm and water retention capacity. It was observed that treatments showed a great variability in the physical characteristics and no advantage in doing mixtures to obtain a more efficient substrate on these properties. As a conditioner of the mixes, the composted sludge promoted increased density, reduced porosity and increased water retention capacity. In the second study, parameters relating to the growth of *Eucalyptus grandis* seedlings were evaluated, and the third study evaluated parameters relating to the growth of *Acacia mangium* seedlings. The evaluated parameters were: plant height, stem diameter, dry matter of aerial part and radicial part, ease of removal of the cartridge seedlings, roots aggregation of the substrate and chemical analysis of the aerial part of the plant. The results showed that the use of sludge and composted coconut fiber as substrate for the production of *Eucalyptus grandis* and *Acacia mangium* seedlings is a promising alternative because it resulted in the adequate development of the same. The use of organic waste in the substrate composition for the production of forest trees seedlings is a technically feasible option and is an alternative to recycling and use of by-products of agribusiness.

Key words: seedling production, forest species, coconut fiber, composted sludge

¹**Adviser:** Prof^ª. Dr^ª. Eliana Paula Fernandes Brasil. EA/UFG

INTRODUÇÃO GERAL

A busca pela qualidade em suas atividades e produtos vem se tornando uma prática de extrema importância para o setor florestal. Dentre as várias atividades do setor, destaca-se a implantação de povoamentos florestais. O sucesso na formação inicial desses empreendimentos é dependente da qualidade das mudas produzidas em viveiro (Gomes et al., 2002).

A demanda por produtos florestais está expandindo e para atendê-la faz-se necessário a implantação de novos plantios, os quais para serem rentáveis devem ter alta produtividade e qualidade. Desta forma, ao se levar em consideração a instalação de povoamentos florestais, um dos fatores a ser priorizados é a qualidade da muda, visto que esta tem repercussão direta na produtividade e qualidade do produto final.

Com o aumento dos programas de reflorestamento, as espécies do gênero *Eucalyptus* têm despertado a atenção de pesquisadores, devido a sua adaptabilidade e produtividade, necessárias para atender as demandas inerentes à produção de madeira (Andrade et al., 2006). O gênero *Eucalyptus* é considerado uma das principais essências florestais encontradas no Brasil (Trevisan et al., 2007).

Uma espécie que merece destaque em relação à recuperação de solos degradados é a *Acacia mangium* Willd, pois apresenta rápido crescimento e rusticidade, boa adaptabilidade às condições adversas de solo e clima, além de excelente capacidade de fixação biológica de nitrogênio e de produção de biomassa (Duarte et al., 2010).

A formação de mudas florestais de boa qualidade envolve os processos de germinação de sementes, iniciação e formação do sistema radicular e da parte aérea, que estão diretamente relacionados com características que definem o nível de eficiência dos substratos, tais como: aeração, drenagem, retenção de água e disponibilidade balanceada de nutrientes. Por sua vez, as características dos substratos são altamente correlacionadas

entre si: a macroporosidade com aeração e drenagem, e a microporosidade com a retenção de água e nutrientes (Gonçalves & Poggiani, 1996).

Nesse sentido, muitos esforços têm sido realizados para melhorar a qualidade e reduzir os custos de produção das mudas e dentre os fatores que influenciam na qualidade está o substrato, sendo ele o meio em que as raízes se desenvolvem, fornecendo suporte estrutural as mudas e também as concentrações necessárias de água, oxigênio e nutrientes (Hartmann et al., 2011).

De acordo com Santos et al. (2000), na escolha do substrato como meio de crescimento de mudas, devem ser consideradas algumas características físicas e químicas do substrato relacionadas com a espécie a plantar, além dos aspectos econômicos. Na sua escolha, Carneiro (1995) menciona que devem ser consideradas a homogeneidade, a densidade, a porosidade, a drenagem, a capacidade de troca catiônica e a isenção de pragas, de organismos patogênicos e de sementes indesejáveis.

A geração de resíduos e subprodutos é inerente a qualquer setor produtivo, entretanto esses resíduos e subprodutos não podem ser considerados como lixo pois possuem valor econômico agregado por possibilitarem reaproveitamento no próprio processo produtivo. A crescente pressão ambientalista leva as indústrias a buscarem alternativas para o destino dos resíduos gerados pelos processos industriais.

Os resíduos urbanos vêm sendo material de estudo de diversas linhas de pesquisa, sendo uma delas sua utilização como substrato. Porém, esta utilização também gera muita discussão quanto ao efeito residual e a forma de aplicação. Em geral, a utilização de resíduos como substrato acontece após o processo de compostagem destes resíduos (Fonseca, 2005).

A utilização de resíduos da agroindústria, disponíveis regionalmente, como componente para substratos pode propiciar a redução de custos, assim como auxiliar na redução da poluição decorrente do acúmulo desses materiais no meio ambiente (Fermino, 1996). De acordo com Matos (2005), dentre as técnicas de transformação de resíduos orgânicos, uma de grande alcance, tendo em vista da sua praticidade e resultados alcançados, é a compostagem, pois ela possibilita a transformação de resíduos orgânicos em adubo orgânico de grande valor fertilizante para as plantas.

Segundo Costa et al. (2005a), o processo de compostagem tem sido utilizado como alternativa para a disposição ambientalmente correta de resíduos oriundos de diferentes atividades agrícolas, agroindustriais e industriais. A compostagem é um processo usualmente envolvido no tratamento de larga variedade de resíduos orgânicos.

Baseado na importância do substrato na produção de mudas e da utilização de materiais renováveis para sua formulação, objetivou-se nesse estudo avaliar a viabilidade da utilização de substratos formulados com de fibra de coco, substrato comercial e lodo compostado (resíduo proveniente da indústria de processamento de tomate). para a produção de mudas de *Eucalyptus grandis* e *Acacia mangium* e realizar a caracterização física dos substratos formulados.

1. REVISÃO DE LITERATURA

1.1 A CULTURA DO *Eucalyptus grandis*

O eucalipto é uma espécie vegetal de porte arbóreo pertencente à família Myrtaceae, gênero *Eucalyptus*. Tem sua origem na Austrália, Nova Guiné, Indonésia e Timor. As várias espécies vegetais caracterizam-se por apresentar um rápido crescimento, facilidade no processo de propagação e possibilidade de uso múltiplo da madeira produzida, como foi observado por Simões (1968). Possuem uma boa adaptação às condições climáticas brasileiras. Devido a essas características e vantagens, na década de 1950 o eucalipto passou a ser usado também como matéria-prima para a produção de celulose e papel (Garcia & Pereira, 2010).

A partir de 1965, a produção de florestas de eucalipto apresentou considerável aumento, principalmente devido aos incentivos fiscais para reflorestamento concedidos pelo governo brasileiro aos produtores rurais, culminando em um incremento do setor econômico florestal (Valverde, 2007).

O eucalipto, originário da Austrália, vem sendo utilizado em programas de reflorestamento. Em diversos países essas plantações visam sua utilização em indústrias de celulose, farmacêutica e de produtos de higiene. As espécies de eucalipto apresentam características adequadas para o uso em escala comercial, tais como rápido crescimento, alta produção de celulose e resistência às adversidades das condições ambientais e às doenças (Santos, 2001).

Segundo Castro (2009), o eucalipto caracteriza-se por apresentar qualidades interessantes ao setor florestal, como rápido crescimento, facilidade com programas de manejo e melhoramento, grande diversidade de espécies, o que amplia a faixa de adaptação a diferentes condições edafoclimáticas, além de possuir uma elevada produção de sementes e facilidade em propagação vegetativa. Trata-se de um gênero

com potencial de múltiplos usos no meio agroflorestal pelos seus atrativos para a silvicultura.

A silvicultura brasileira de florestas plantadas iniciou-se a partir dos trabalhos de pesquisa do engenheiro agrônomo Edmundo Navarro de Andrade que se basearam na introdução do plantio do eucalipto em escala comercial. Eduardo Navarro foi contratado pela companhia Paulista de Estradas de Ferro do Estado de São Paulo com o propósito de encontrar espécies florestais que pudessem suprir com as necessidades da empresa nesse setor. O engenheiro acreditava que para uma silvicultura ser econômica e de aplicação industrial seria necessário florestas homogêneas. Tais florestas poderiam ser formadas com sucesso através das diversas espécies de eucalipto que se mostraram como a melhor opção para suprir a demanda de carvão para as locomotivas e madeira para os dormentes das ferrovias (Martini, 2004).

Introduzido no Brasil no ano de 1868, o eucalipto, proveniente da Austrália, era utilizado apenas como planta decorativa e na formação de quebraventos. Com o desenvolvimento dos programas de reflorestamento, o eucalipto, com mais de 300 espécies, passou a ser utilizado comercialmente para a produção de madeira, sendo uma das essências florestais com maior área plantada no país, apresentando altos níveis de melhoramento genético, de produtividade e qualidade da madeira (Souza et al., 2008). Dentre as espécies de eucalipto, a espécie *E. grandis* é a mais utilizada, ocupando 55% das áreas cultivadas com eucaliptos, seguido das espécies *E. saligna*, com 17%, *E. urophylla*, com 9% e *E. viminalis*, com 2%. (Andrade et al., 2006; SOCIEDADE BRASILEIRA DE SILVICULTURA, 2008).

Segundo a ABRAF - Anuário Estatístico da Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas - (2011), o mercado florestal Brasileiro das últimas décadas pode ser dividido em três grandes fases. A primeira ocorre entre as décadas de 1960 e 1980, período no qual é atribuído a formação da base florestal em que entram em cena os incentivos fiscais e o início dos processos de industrialização, sem, contudo haver uma alta produtividade do setor. A segunda fase ocorre entre as décadas de 1980 e 2000, período que se observa um incremento do extrativismo com ênfase a sustentabilidade, produtividade, crescimento na área de melhoramento genético, negócios, diversidades de uso, competitividade, preocupação socioambiental e consolidação do processo e industrialização. E por fim, a terceira fase ocorre entre as

décadas de 2000 e 2010, em que há um aumento no desenvolvimento sustentável, ampliação de novas fronteiras florestais, novos produtos e processos, fortalecimento da biotecnologia e consolidação do Brasil no mercado internacional no setor de florestas plantadas.

A elevada utilização do eucalipto nos reflorestamentos ocorre devido a sua diversidade de espécies, adaptabilidade em várias regiões e climas e seu potencial de produção, pois contribui para diminuir a pressão e desmatamento das áreas de preservação e reservas legais de matas nativas e também auxilia na captura de dióxido de carbono na atmosfera, diminuindo o efeito estufa (Garay et al., 2004).

Para o sucesso da instalação e estabelecimento das florestas de eucalipto é de fundamental importância a observância de diversos aspectos que serão responsáveis pela boa produtividade da cultura. Dentre os aspectos a ser observado está a produção e qualidade das mudas, pois serão esses pontos que estarão diretamente relacionados ao sucesso do plantio, como a resistência à seca, às doenças e ao ataque de pragas (Éboli, 1999).

A eucaliptocultura, buscando suprir a demanda de madeira, teve grande impulso nos últimos 30 anos, em virtude da vasta rede experimental instalada por órgãos públicos e empresas particulares. A área destinada ao plantio de eucalipto no Brasil apresentou crescimento médio de 6,03% ao ano entre 2006 e 2012, chegando a 5.102.030 ha de área plantada, sendo o estado de Goiás responsável por, aproximadamente, 38.081 ha desse total (ABRAF, 2013).

1.2 A CULTURA DA *Acacia mangium*

A *Acacia mangium* é uma leguminosa pertencente à Família Mimosaceae. O gênero *Acacia* apresenta um grande número de espécies. Inicialmente a espécie foi descrita como *Mangium montanum* Rumph e também como *Acacia glauscenses* sensu Kanehira e Hatusima (CATIE, 1992). Elas são divididas principalmente em dois grupos. Um grupo consiste em árvore ou arbustos com espinhos e folhas pequenas. Sendo pertencentes ao outro grupo, as acácias australianas, que são principalmente sem espinhos, e não apresentam folhas quando adultas, o que se vê como folha na verdade é o pecíolo (Chaturvedi, 1998).

Segundo Joker (2000), os frutos são do tipo vagem, espiralados ou torcidos, marrons, curtos, deiscentes, com sementes pretas, pequenas, pendentes na vagem por um filamento amarelo, formadas de setembro a novembro. O tempo de floração varia do ambiente natural para as plantações. As sementes são elipsóides e pequenas, em torno de 4 mm de comprimento, contendo em média 95000 sementes kg^{-1} , apresentando tegumento duro e de coloração preta lustrosa (Lima & Garcia, 1996).

A *Acacia mangium* é uma espécie natural da região noroeste da Austrália (Queensland), Papua Nova Guiné e leste da Indonésia (Ilhas Molucas, Sula e Aru) (Lemmens et al., 1995; Tonini & Vieira, 2006). O gênero *Acacia* possui mais de 1.300 espécies largamente distribuídas nas regiões tropicais e subtropicais do globo (Rossi et al., 2003). Segundo Smiderle et al. (2005), a maior parte das espécies é encontrada no hemisfério sul e o principal centro de diversidade é a Austrália. A maioria das espécies produtoras de madeira é encontrada na Papua Nova Guiné (Lemmens et al., 1995). Em seu ambiente natural ocorrem em agrupamentos puros e densos, sugerindo que podem ser plantadas em monoculturas sem problemas sérios de pragas e doenças (National Research Council, 1983).

Segundo Turnbull (1984), as leguminosas das espécies *Acacia mangium* e *Acacia auriculiformis* são originárias do nordeste da Austrália e Nova Guiné. As condições climáticas tropicais são quentes e úmidas ou subúmidas, com precipitação média anual de 1.000 mm a 2.000 mm, podendo ser inferior para a espécie *A. mangium*. Os indivíduos dessas espécies atingem alturas entre 25 m e 30 m e se desenvolvem bem em solos oxídicos argilosos, de baixa fertilidade e ácidos, podendo a *A. mangium* tolerar inclusive solos com impedimento de drenagem sazonal.

Uma característica notável é a habilidade da *A. mangium* para crescer em solos com pH baixo como 4,2. Esta característica se torna importante, pois tais terras ácidas são difundidas nas regiões trópicas e esse é um atributo que distingue essa acácia de outras leguminosas como a leucena que requer um pH acima de 5,5 (National Research Council, 1983). De acordo com Turnbull (1984), a *A. mangium* é tolerante a solos ácidos e de baixa fertilidade, também tolera áreas dominadas pelas gramíneas do gênero *Imperata*, sendo utilizada para controle desta (Chatuverdi, 1998).

De acordo com Chaturvedi (1998), essa espécie sobrevive em terrenos rochosos, erodidos, em terras rasas, infecundas e ácidas. Assim, a espécie destaca-se em

programas de recuperação de áreas degradadas e representa uma opção silvicultural para o Brasil (Balieiro et al., 2004). O interesse também, parte por ela apresentar significativa capacidade de adaptação às condições edafoclimáticas brasileiras (Andrade et al., 2000).

O crescimento de *A. mangium* é afetado basicamente por fatores químicos do solo (CATIE, 1992), e por causa de sua folhagem densa e raízes superficiais, a espécie é suscetível ao vento (Mackey, 1996).

Seu tronco ereto possui coloração cinza-pardo, com casca pouco saliente e levemente sulcado longitudinalmente. Quanto à ramificação, apresenta-se fina, horizontal, espaçada, formando copa ovalada com folhagem densa. A madeira da *A. mangium* é considerada dura, de cerne marrom-claro e alborno creme-claro, podendo ser facilmente serrada, aplainada e polida (Lelles et al., 1996). O peso específico de *A. mangium* aumenta em relação ao aumento de idade (Wahyudi et al., 1999).

O aproveitamento da madeira é direcionado, principalmente, para polpa de celulose. Porém, a espécie possui aptidão para produção de moirões e construção civil, (Balieiro et al., 2004), além de possibilitar a produção de carvão e outros produtos como MDF, aglomerados e compensados (Schiavo & Martins, 2003). Em plantios silviculturais existem estudos que podem levar ao aproveitamento de movelaria de baixo custo (Barbosa, 2002). As folhas da acácia podem ser usadas como forragem na alimentação de animais (Lelles et al., 1996).

A espécie apresenta também grande potencial de uso em programas de reflorestamento e recuperação de áreas com solos pobres ou degradados, tais como as áreas de encostas e de mineração (Schiavo & Martins, 2003). Também pode ser utilizada como quebra-ventos e sombreamento (Balieiro et al., 2004). Entre as leguminosas arbóreas, a *Acacia mangium* Willd destaca-se pela rusticidade e adaptabilidade às condições adversas de solo e clima, pelo rápido crescimento, elevada produção de biomassa e capacidade de formar simbioses com microrganismos do solo (Colonna et al., 1991).

As plantas leguminosas, em razão da grande diversidade de espécies, versatilidade de usos potenciais e de seu papel na dinâmica dos ecossistemas, especialmente quanto ao suprimento e ciclagem de nitrogênio (N), têm sido indicadas para a recuperação de áreas degradadas (Franco et al., 1994; Kondo & Resende, 2001).

As sementes de acácia apresentam dormência tegumentar que representa uma dificuldade na produção de mudas em programas de reflorestamento. Devido à dormência causada pelo tegumento impermeável à água, considerável número de sementes de acácia pode permanecer sem germinar durante os testes de germinação ou em sementeiras destinadas à formação de mudas (Smiderle et al., 2005). Os autores indicam para superação de dormência da semente, considerando o menor tempo de resposta para a germinação, o uso de água a 100 °C por um minuto, por facilidade de padronização operacional, sendo desnecessário manter as sementes imersas por período adicional de 12 horas em água a temperatura ambiente (27 °C). As sementes começam a germinar em dois a três dias após a sementeira e completam o processo em dez dias (Azevedo et al., 1998). Lima & Garcia (1996) observaram que o método de imersão das sementes em água a temperatura de 80 °C, mostrou-se eficiente na superação de dormência de *A. mangium*. Ngulube (1988) observou que após três meses da germinação a sobrevivência das mudas foi de 80%, tendo uma altura média de 15,3 cm, e diâmetro médio de colo de 2,6 mm.

Como grande número de leguminosas, essa espécie apresenta simbiose com bactérias pertencentes ao gênero *Rhizobium*, que fixam o nitrogênio, por meio da conversão de nitrogênio molecular em amônia, aumentando a disponibilidade desse nutriente para a planta. Essa simbiose é importante no aumento da absorção dos nutrientes de pouca mobilidade no solo, como fósforo, zinco, cobre e amônio, mas também de nutrientes móveis como potássio, sulfato e nitrato (Reddell & Warren, 1986).

1.3 QUALIDADE DE MUDAS DE ESSÊNCIAS FLORESTAIS

A busca pela qualidade em suas atividades e produtos vem se tornando uma prática de extrema importância para o setor florestal. Dentre as várias atividades do setor, destaca-se a implantação de povoamentos florestais, quando o sucesso na formação inicial desses empreendimentos é dependente da qualidade das mudas produzidas em viveiro (Gomes et al., 2002).

Os critérios para a classificação da qualidade de mudas baseiam-se, fundamentalmente em duas premissas: aumento da sobrevivência das mudas após o plantio e na diminuição da frequência dos tratos culturais de manutenção do povoamento recém-implantado, devido ao maior crescimento inicial (Carneiro, 1995).

Os viveiros devem produzir mudas uniformes livres de pragas, doenças e danos mecânicos e com características que possam oferecer resistência às condições adversas que poderão ocorrer posteriormente ao plantio (Gomes, 2001). Para se saber como as plantas estão reagindo à determinadas variações são realizadas mensurações das variáveis biométricas como altura, diâmetro do colo, biomassa seca, que refletirão o comportamento da planta nas condições que estas encontram-se submetidas, indicando o quanto estes fatores estão influenciando no crescimento das mudas (Almeida, 2005).

Segundo Morgado et al. (2000), mudas de melhor qualidade, por terem maior potencial de crescimento, exercem uma melhor competição com a vegetação invasora, reduzindo os custos dos tratos culturais. Para Novaes et al. (2002), a qualidade das plantas é resultante de parâmetros morfológicos e fisiológicos.

Conforme Gomes et al. (2002), os parâmetros morfológicos são os mais utilizados na determinação do padrão de qualidade das mudas, tendo uma compreensão mais intuitiva por parte dos viveiristas. No entanto, ainda são necessárias definições mais concretas para responder às exigências, quanto à sobrevivência e ao crescimento, diante das adversidades encontradas no campo após o plantio.

De forma semelhante, Carneiro (1995) descreveu que as mudas com padrão de qualidade são fundamentais para o desempenho do povoamento após o plantio, mencionando parâmetros como altura, diâmetro do colo, peso seco da parte aérea e radicular, peso seco total, índice de qualidade de Dickson, entre outros. Para o autor as duas características mais importantes para avaliar a qualidade de mudas são altura e diâmetro do colo. Variáveis qualitativas para avaliação da qualidade do torrão, também vem sendo utilizada, como a facilidade de retirada do tubete e agregação das raízes ao substrato, principalmente quando a causa de variação é o substrato (Wendling et al., 2007).

1.3.1. Altura da parte aérea e diâmetro do colo

A altura da parte aérea combinada com o diâmetro do colo constitui um dos mais importantes parâmetros morfológicos para estimar o crescimento das mudas após o plantio definitivo no campo (Carneiro, 1995).

É sabido que a altura da parte aérea é de fácil medição e, portanto, sempre foi utilizada com eficiência para estimar o padrão de qualidade de mudas nos viveiros (Carneiro, 1995; Gomes, 2001; Caldeira et al., 2008), sendo considerada também como um dos mais importantes parâmetros para estimar o crescimento no campo (Mexal & Lands, 1990; Reis et al., 1991), além do que sua medição não acarreta a destruição das mudas, sendo tecnicamente aceita como uma boa medida do potencial de desempenho das mudas (Mexal & Lands, 1990).

No entanto, o uso da altura das mudas de espécies florestais como único meio de avaliação do padrão de qualidade pode apresentar deficiências no julgamento quando se espera um alto desempenho dessas, principalmente nos primeiros meses após o plantio. Porém para mudas sem nenhuma restrição ao crescimento normal, a altura ainda é um excelente parâmetro em todo tipo de viveiro (Gomes, 2001).

Para Gomes & Paiva (2004), o diâmetro do colo sozinho ou combinado com a altura é uma das melhores características para avaliar a qualidade da muda. Segundo esses mesmos autores, quanto maior o diâmetro, melhor será o equilíbrio do crescimento com a parte aérea, principalmente quando se exige rustificação das mudas.

Conforme Carneiro (1995), o diâmetro do colo é a variável mais importante a ser avaliada na fase de produção de mudas, visto que ela está diretamente relacionada com o índice de sobrevivência e crescimento inicial das plantas em campo. Este parâmetro por ser obtido sem destruição da planta está sendo considerado como um dos mais importantes também, pois exprime a sobrevivência, logo após o plantio de mudas de diferentes espécies florestais.

Gomes & Paiva (2006) ressaltam que as mudas devem apresentar o diâmetro do colo maior para melhor equilíbrio de crescimento da parte aérea, principalmente quando se exige maior rustificação delas. O padrão de qualidade das mudas prontas para o plantio possui alta correlação com o diâmetro do colo e isso

pode ser observado nos aumentos das taxas de sobrevivência e crescimento das mudas no campo.

A relação altura da parte aérea e diâmetro do colo (H/DC) exprimem o equilíbrio de crescimento das mudas no viveiro, por conjugar estes dois parâmetros de uma só vez. Esta relação mostra que quanto menor for o seu valor, maior será a capacidade de as mudas sobreviverem e se estabelecerem em campo. A relação H/DC deve-se situar entre os limites 5,4 até 8,1 (Carneiro, 1995).

Conforme observado por Gomes et al. (2002), a relação H/DC, apresenta uma boa contribuição para uma avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*, sendo essas características fáceis e viáveis de mensuração, além de não destruir as mudas.

1.3.2 Massa de matéria seca aérea e radicial

A biomassa seca, segundo Gomes & Paiva (2004) deve sempre ser considerada visto que indica a rusticidade de uma muda; quanto maior, mais rustificada será. A biomassa seca tem sido considerada como um parâmetro para caracterizar a qualidade de mudas; muitas vezes este parâmetro não é viável, pois requer a destruição de mudas, além de ser necessário o uso de estufa e balança de precisão, mas mesmo assim, indica a rusticidade das mudas (Gomes & Paiva, 2006). Este parâmetro é uma boa indicação de capacidade de resistência das plantas (Carneiro, 1995).

Para Gomes et al. (2002), as mudas devem estar endurecidas no momento do plantio, ou seja, com maior biomassa, apresentando desta forma maior resistência as condições adversas do campo, promovendo maior sobrevivência, evitando gastos com replantios.

A quantificação da biomassa radicial, segundo Novaes (1998), sob o ponto de vista fisiológico, é de grande importância, visto estar diretamente ligada à sobrevivência e crescimento inicial em campo, devido a sua função de absorção de água e nutrientes.

A biomassa seca radicial, segundo Gomes & Paiva (2004), tem sido reconhecida como um dos melhores e mais importantes parâmetros para estimar a sobrevivência e o crescimento inicial das mudas em campo. A sobrevivência é maior

quanto mais abundante o sistema radicial, independentemente da altura da parte aérea, havendo uma correlação entre o peso de matéria seca das raízes e a altura da parte aérea. A percentagem de raízes é a participação, em peso do sistema radicial sobre o peso total das plantas.

O índice obtido pela da relação biomassa seca da parte aérea e biomassa seca das raízes é considerado eficiente e seguro para expressar o padrão de qualidade das mudas, pois reflete o comportamento da planta nas condições a que esta está submetida, indicando o quanto estes fatores estão influenciando o crescimento das mudas (Gomes & Paiva, 2006).

1.3.3. Índice de qualidade de Dickson (IQD)

O índice de qualidade de Dickson (IQD), segundo Gomes & Paiva (2004) é um bom indicador de qualidade das mudas, pois leva em conta para o seu cálculo a robustez e o equilíbrio da distribuição da biomassa da mudas, ponderando vários parâmetros considerados importantes e quanto maior o seu valor, melhor será o padrão de qualidade da muda, sendo calculado pela Equação 1:

$$IQD = \frac{BST}{\frac{H}{DC} + \frac{BSA}{BSR}}$$

Em que:

IQD = índice de qualidade de Dickson

BST = biomassa seca total (g)

H = altura (cm)

DC = diâmetro do colo (mm)

BSA = biomassa seca aérea (g)

BSR = biomassa seca radicial (g)

Segundo Gomes & Paiva (2004), o valor mínimo é de 0,20, porém deve-se lembrar que este valor foi baseado na qualidade de mudas de *Pseudotsuga menziessi* e *Picea abies*. Para o gênero *Eucalyptus*, valores inferiores de IQD vem sendo verificado.

Binotto (2007) observou IQD de 0,05 em mudas de *Eucalyptus grandis* aos 120 dias, enquanto que Oliveira Junior (2009) obteve IQD médio de 0,11 em mudas de *Eucalyptus urophylla* produzidas em substrato comercial aos 100 dias. Indicando desta forma, que o IQD ideal depende da espécie em questão.

1.3.4 Determinação da facilidade de retirada do tubete e agregação das raízes ao substrato

A facilidade de retirada do tubete (FRT) e a agregação das raízes ao substrato (AGR) são técnicas para avaliar a qualidade da muda no momento da expedição e manuseamento. A FRT e a AGR são fatores importantes consideradas na escolha do tipo de substrato a ser adotado em escala comercial na produção de mudas, visto que determina a rapidez de sua preparação antes do plantio ou venda, além de que, em substratos difíceis de serem retirados da embalagem, ocorre a desintegração do torrão. Quanto mais agregado o substrato está ao sistema radicial, mais fácil se tornam todas as etapas posteriores, além do fato que um sistema radicial bem agregado ao substrato resulta em pegamento maior e crescimento mais rápido no plantio (Wendling et al., 2006).

Segundo Sturion et al. (2000), a FRT e AGR são características que para além de propiciar boas condições para o adequado crescimento das mudas, o substrato deve apresentar uma estrutura que não dificulte sua retirada no momento do plantio das mudas e que o torrão não se destrua.

A facilidade de retirada do tubete, segundo Wendling et al. (2007) é de grande importância no momento da expedição das mudas, visto que determina a rapidez de preparação das mudas e além do que, em substratos difíceis de serem retirados pode ocasionar a desintegração do torrão. Segundo Trigueiro & Guerrini (2003), deve-se porém, ficar atento ao fato que mudas com baixo enraizamento podem apresentar grande facilidade de retirada do tubete, mesmo não apresentando boa qualidade radicial.

O substrato para produzir mudas em tubetes deve ser agregado o suficiente para que o torrão não se rompa quando a embalagem for retirada para plantio ou transporte, ocasionando exposição das raízes ao ressecamento e dificultando a pega e a sobrevivência

das mudas. No entanto, se o substrato for muito coeso haverá dificuldade em sua retirada da embalagem, podendo romper as raízes ou provocar danos no crescimento radicial das mudas (Wendling & Delgado, 2008).

1.4 SUBSTRATOS

Na produção de mudas arbóreas, entre as técnicas silviculturais empregadas no manejo de um viveiro, destaca-se a seleção do substrato, tendo em vista sua importância no crescimento e desenvolvimento das plantas (Almeida, 2005). Os substratos devem possuir características como consistência, boa estrutura, alta capacidade de retenção de água e alta porosidade. Não deve se expandir, contrair ou apresentar substâncias tóxicas, devendo ser disponível e padronizado (Gonçalves & Poggiani, 1996).

Substrato é definido como um material ou mistura de materiais que são empregados para o desenvolvimento de mudas, podendo ser de origem animal, vegetal ou mineral, cujas funções consistem na sustentação da planta, retenção de água ou fornecimento de nutrientes. Fundamentalmente, é constituído de uma parte sólida, à base de partículas minerais e orgânicas, em que estão presentes poros, ocupados por água, ar e raízes. O crescimento e a eficiência do sistema radicular são dependentes da aeração do substrato, contribuindo para tal o tamanho das partículas, responsáveis pela sua textura (Sturion, 1981).

Para Pasqual et al. (2001), o substrato é todo e qualquer material que é usado com o objetivo de servir de suporte para o desenvolvimento de uma planta até a sua transferência para o viveiro ou para a área de produção, podendo ser compreendido não apenas como base física, mas também como fornecedor de nutrientes para a muda em formação. Os substratos para a produção de mudas podem ser definidos como sendo o meio para sua sustentação e retenção das quantidades necessárias de água, oxigênio e nutrientes, além de oferecer pH compatível, ausência de elementos químicos em níveis tóxicos e condutividade elétrica adequada (Trigueiro, 2002; Fermino, 1996; Kampf, 2000a; Kampf, 2000b; Fonteno, 1996).

De acordo com Minami (1995), o substrato é o componente mais sensível e complexo do sistema de produção de mudas, uma vez que qualquer variação na sua

composição pode alterar o processo de formação da planta, reduzindo, acentuadamente, a germinação da semente e, até mesmo, o crescimento vegetativo das plantas. Segundo Wendling et al. (2006), a principal função do substrato é sustentar a muda e fornecer condições adequadas para o desenvolvimento e funcionamento do sistema radicular, assim como os nutrientes necessários ao desenvolvimento da planta. Este substrato deve ser isento de sementes de plantas invasoras, pragas e fungos patogênicos, evitando-se assim a necessidade de sua desinfestação.

Entre os principais atributos de um substrato envolvidos com o potencial de germinação das sementes, pode-se mencionar a porosidade, retenção da umidade do substrato, densidade e disponibilidade de nutrientes para a planta (Meerow, 1995). O substrato deve garantir por meio de sua fase sólida a manutenção mecânica do sistema radicular, garantindo um balanço correto de água-ar estabelecendo na fase líquida o suprimento de água e nutrientes e na fase gasosa o fornecimento de oxigênio e o transporte de dióxido de carbono entre as raízes e o ar externo. Necessita, ainda, estar isento de elementos minerais ou qualquer outra substância em concentração fitotóxica, assim como de fitopatógenos, pragas e plantas indesejáveis (Vavrina et al., 2002).

Segundo Spurr & Barnes (1973), o substrato exerce influência significativa na arquitetura do sistema radicular e no estado nutricional das plantas. As principais alterações nas raízes são provocadas pela qualidade e quantidade do substrato, em particular, quando é utilizado recipiente de menor volume. Nessas condições, a elevada concentração de raízes no recipiente depende de suprimento adequado de oxigênio (O_2) para que o sistema radicular não seja comprometido, assim como a remoção do dióxido de carbono (CO_2) do meio, que deve ser eficiente.

Para o crescimento vegetal não ser afetado é indispensável que não haja limitação de água, o que implica em irrigações frequentes, o que aumenta o risco de lixiviação de nutrientes e de ocorrer encharcamentos temporários, provocando, inevitavelmente, estresses às plantas. Assim, as características do material adotado na produção de mudas podem afetar a qualidade da planta em formação, avaliadas por parâmetros biométricos relacionados ao crescimento vegetal (Walters et al., 1970).

O substrato usado para produção de mudas tem por finalidade garantir o desenvolvimento da planta com boa qualidade, em curto período de tempo e baixo custo. A

propriedade física do substrato é importante, em decorrência da utilização deste, em estágio de desenvolvimento em que a planta é muito suscetível ao ataque por microrganismos e pouco tolerante ao déficit hídrico (Cunha et al., 2006).

Coutinho & Carvalho (1983) definem como substrato ideal àquele que possui baixa densidade específica, é rico em nutrientes, tem composição química e física uniforme, apresenta elevada capacidade de troca catiônica, adequada retenção de água, drenagem e aeração. Além disso a coesão entre as partículas deve ser suficiente, bem como a aderência com as raízes e não se constituir em fonte de inóculos. Para Minami (1995), as principais características dos substratos são: baixa densidade; elevada porosidade; isentos de contaminantes fitopatogênicos; elevada capacidade de retenção de água; quantidade de sais solúveis que não prejudique o desenvolvimento das raízes; nutrientes em quantidade suficiente para o bom desenvolvimento das mudas e baixo custo por unidade.

Na produção de mudas de espécies florestais de qualidade, é indispensável que se tenha um bom substrato, que é indicado principalmente por suas características físico-químicas, com boa estrutura, consistência, porosidade e alta capacidade de retenção de água (Gonçalves & Poggiani, 1996). Segundo Gonçalves et al. (2000), o substrato ideal deve oferecer boa estrutura e consistência, de forma a sustentar as sementes e estacas durante a germinação ou enraizamento e ser suficientemente poroso e permitir a drenagem do excesso de água para que se mantenha uma adequada aeração junto ao sistema radicular. Além disso, devem apresentar boa capacidade de retenção de água para que se evite estresse hídrico e diminua a necessidade de irrigação; não expandir-se ou contrair-se facilmente devido as oscilações de umidade; não dispor de substâncias tóxicas, inóculos de doenças, plantas invasoras e demais pragas.

De acordo com Carlile (1997), a principal propriedade que se espera de um substrato é a capacidade de providenciar um ambiente estável com o suprimento de água, oxigênio e ancoragem para as plantas. Na escolha do substrato como um meio de crescimento de mudas, devem ser consideradas algumas características físicas e químicas relacionadas à espécie a ser cultivada, além de aspectos econômicos. Tais características são: homogeneidade, baixa densidade, alta porosidade, boa capacidade de retenção de água, alta capacidade de troca catiônica, boa agregação das partículas nas raízes, nutrientes em quantidades suficientes para o bom desenvolvimento das mudas, isenção de pragas, agentes fitopatogênicos e

sementes indesejáveis, apresentação de fácil manipulação a qualquer tempo, abundância e baixo custo por unidade (Gomes & Silva, 2004).

Para garantir substratos com propriedades adequadas ao desenvolvimento das plantas, é essencial a caracterização física, química e biológica desses materiais (Abreu et al., 2002). De acordo com Gonçalves & Poggiani (1996), a boa formação de mudas destinadas à implantação de povoamentos florestais para a produção de madeira e de povoamentos mistos para fins de preservação ambiental e, ou recuperação de áreas degradadas, está relacionada com o nível de eficiência dos substratos. A germinação de sementes, a iniciação do crescimento radicular e da parte aérea está associada à boa capacidade de aeração, drenagem, retenção e disponibilidade de água apresentada pelos substratos. Essas características são altamente correlacionadas entre si, as duas primeiras estão diretamente relacionadas com a macroporosidade, enquanto retenção de água e os nutrientes estão relacionados com a microporosidade e superfície específica do substrato.

1.4.1 Propriedades físico-químicas de substratos

O substrato para a produção de mudas deve possuir características, como a capacidade de sustentar a planta, de penetração das raízes, de fornecimento adequado de água, oxigênio e nutrientes, porosidade (devendo possuir rápida drenagem e composição uniforme), além de oferecer pH ideal, ausência de elementos químicos em níveis tóxicos e condutividade elétrica adequada (Trigueiro & Guerrini, 2003). Phipps (1974) estudou a influência do meio sobre o crescimento de mudas de essências florestais produzidas em tubetes e concluiu que a composição do substrato pode afetar tanto o crescimento quanto a sobrevivência das plantas, não sendo as diferenças atribuídas, exclusivamente, às características químicas do material. A partir da observação desse autor pode-se afirmar que os atributos físicos dos substratos são tão importantes quanto os atributos químicos.

De acordo com Hartmann et al. (1981), o substrato deve apresentar uma relação adequada entre água e ar para suprir a necessidade da planta, uma vez que, devido ao pequeno volume do recipiente e, conseqüentemente, a pequena profundidade, são proporcionadas condições físicas diferentes daquelas encontradas nos diferentes tipos de

solo. Assim, é fundamental que os atributos físicos favoreçam a aeração, a retenção de água e que a drenagem ocorra sem impedimentos, pois o sistema radicular da planta formada em recipiente contendo substrato é confinado num volume muito restrito, explorado por um período, relativamente, longo. Portanto, o cuidado com a drenagem e o suprimento de oxigênio é imprescindível para o desenvolvimento das raízes e, por extensão, da própria planta.

Verdonck (1983), afirmou que, as características físicas dos substratos são as mais importantes, devido às relações ar-água não poderem sofrer alterações durante o cultivo. Entre essas, Kampf (2000a) e Ferraz et al. (2005) citam que a densidade do substrato, a porosidade, a disponibilidade de água e de ar e, entre as características químicas, os valores de pH e condutividade elétrica (CE) são de extrema importância.

As características físicas de maior importância para determinar o manejo dos substratos são granulometria, porosidade e curva de retenção de água. A definição da granulometria do substrato, ou proporções entre macro e microporosidade e, conseqüentemente relações entre ar e água, permite sua manipulação e conseqüentemente sua melhor adaptação às situações de cultivo (Fermino, 2002).

A densidade aparente pode ser definida como sendo a massa do substrato por unidade de volume ocupada (Carneiro, 1995). Define-se densidade como sendo a relação entre a massa e o volume do substrato, expressa em kg m^{-3} ou equivalente a g L^{-1} . Esta propriedade é muito importante para interpretar outras características do substrato (Kampf, 2005).

Fermino (2003) afirmou que a densidade do substrato a ser usado em recipiente é a primeira propriedade física a ser considerada, sendo essa de grande importância para a interpretação de outras características, como porosidade, espaço de aeração e disponibilidade de água, além de salinidade e teor de nutrientes. Segundo Kampf (2000a), substratos com alta densidade podem limitar o crescimento das plantas e dificultar o seu transporte.

Martínez (2002) sugere valores de densidade entre $0,5 \text{ kg dm}^{-3}$ e $0,75 \text{ kg dm}^{-3}$ para recipientes colocados ao ar livre e menores de $0,15 \text{ kg dm}^{-3}$ para cultivos em estufa. Kampf (2000b) recomenda utilizar substratos com densidade de $0,1 \text{ kg dm}^{-3}$ a $0,3 \text{ kg dm}^{-3}$ para bandejas multicelulares, de $0,25 \text{ kg dm}^{-3}$ a $0,4 \text{ kg dm}^{-3}$ para vasos de até 15 cm de altura, de $0,3 \text{ kg dm}^{-3}$ a $0,5 \text{ kg dm}^{-3}$ para vasos de 20 cm a 30 cm, e de $0,5 \text{ kg dm}^{-3}$ a $0,8 \text{ kg dm}^{-3}$ para vasos maiores de 30 cm. Gonçalves & Poggiani (1996) sugerem, para

emprego na produção de mudas florestais em recipientes do tipo tubetes, valores de densidade entre $0,45 \text{ kg dm}^{-3}$ a $0,55 \text{ kg dm}^{-3}$.

Segundo Martínez (2002), a densidade aparente indica o peso do substrato, fator considerado importante para o transporte, manipulação dentro do viveiro e ainda na estabilidade das plantas. Lembrando que substratos muito leves não apresentam um bom suporte para as plantas, assim como substratos muito densos podem prejudicar o crescimento radicial das mudas, por meio da impedância mecânica.

Em algumas bibliografias encontra-se o termo densidade real ou de partícula, a qual se refere à densidade aparente descontado a porosidade. Materiais orgânicos apresentam densidade de partícula em torno de $1,45 \text{ g cm}^{-3}$, enquanto que materiais minerais ao redor de $2,65 \text{ g cm}^{-3}$ (Martínez, 2002).

Além da origem dos componentes utilizados para a formulação do substrato, a sua proporção também influencia na densidade, em que a combinação de diferentes proporções de materiais com diferentes densidades podem aumentar ou diminuir a densidade do substrato formulado (Kratz, 2011). A capacidade de retenção de água do substrato é uma importante característica física a ser considerada. Essa capacidade é conceituada como a quantidade máxima de água que um substrato retém após drenagem sem restrição (Carneiro, 1995). O conhecimento da capacidade de retenção de água é importante porque permite um manejo racional das plantas em função da quantidade de água disponível (Fermino, 1996). Segundo DeBoodt & Verdonck (1972), a capacidade de retenção de água é um dos atributos físicos mais importantes dos substratos, determinada por meio da curva de retenção de água.

Para Martínez (2002) a capacidade de retenção de água entre 20% e 30% do seu volume pode ser considerada ótima para ser classificado como um bom substrato para esta característica.

Se o substrato possui uma baixa capacidade de retenção de água, poderá provocar um estresse hídrico na planta, interrompendo o fluxo de nutrientes e possibilitando o aumento da concentração de sais no substrato, que poderá exercer um efeito tóxico ou, ainda, a retirada de água da muda formada. No caso de substratos com uma retenção excessiva de água, existirá o problema com acúmulo de CO_2 e a redução da aeração das raízes (Suguino, 2006).

Substratos com menor capacidade de retenção de água exigem maior aplicação de água em cada irrigação, ou que seja aumentada a frequência (Wendling et al., 2006). Desta forma, substratos com maior microporosidade (maior capacidade de retenção de água) requerem maior rigor de controle de irrigação, com o intuito de evitar o encharcamento (Gonçalves et al., 2000).

A capacidade de retenção de água é determinada pelo teor, quantidade e características dos componentes do substrato, principalmente a matéria orgânica e alguns tipos de material inerte, como a vermiculita. Alguns materiais como a fibra de coco, retêm grande quantidade de água, o que pode reduzir substancialmente a necessidade de irrigações ao longo do dia, principalmente no inverno, quando a taxa de transpiração é menor (Wendling et al., 2003).

A mistura de materiais com elevada porosidade poderá trazer vantagens potenciais de uma boa aeração e retenção de água, que estarão condicionadas a distribuição e tamanho dos poros. Se os poros forem muito grandes, os espaços estarão preenchidos principalmente por ar, o que pode fazer com que a quantidade de água retida seja insuficiente. No caso inverso, em que os poros são excessivamente pequenos, a retenção de água será maior, no entanto a disponibilidade de ar para a respiração das raízes poderá não ser suficiente, tornando necessário que a distribuição dos tamanhos dos poros de um substrato seja adequada para que este possa reter boas quantidades tanto de água como de ar (Ansorena Miner, 1994).

Segundo Martínez (2002), o tamanho dos microporos influencia na disponibilidade de água para as mudas, visto que microporos muito pequenos (menores que 30 μm) apresentam alta resistência mecânica, o que torna a água retida indisponível, exigindo da planta grande gasto de energia para retirar a água destes poros. Alguns substratos leves, de baixa densidade, como a casca de arroz carbonizada elevam a macroporosidade das misturas reduzindo a capacidade de retenção de água do substrato (Gonçalves et al., 2000). Com exceção da vermiculita que apresenta alta macropororidade, porém tem alta capacidade de retenção de água (Wendling & Gatto, 2002).

Entende-se como porosidade de um volume qualquer, os espaços porosos que não se encontram preenchidos por nenhum elemento na fase sólida e que, matematicamente, pode ser definido como o coeficiente entre o volume dos poros e o

volume total que a mistura ocupa no recipiente. Estes valores variam desde 30% em solos compactados até 95% em alguns tipos de turfa (Ansorena Miner, 1994). Porosidade de um substrato são os espaços ocupados por água, ar e raízes e sua quantidade é determinada pelo arranjo das partículas sólidas (Carneiro, 1995).

A porosidade é de fundamental importância para o crescimento das plantas, visto que a grande concentração de raízes formadas nos recipientes exigem elevado fornecimento de oxigênio e rápida remoção do gás carbônico formado. Desta forma o substrato deve ser suficientemente poroso, a fim de permitir trocas gasosas eficientes, evitando falta de ar para a respiração das raízes e para a atividade dos microrganismos no meio (Kampf, 2005).

A porosidade total é definida como a diferença entre o volume total e o volume de sólido de uma amostra de substrato. É determinada pela capacidade dos sólidos de diferentes tamanhos, componentes de sua estrutura, em formar agregados, originando poros. Suas propriedades tendem a sofrer modificações ao longo do cultivo, pela acomodação das partículas (Fermino, 2003).

Os poros podem ser classificados em macroporos e microporos. Quando o substrato encontra-se saturado por água, os macroporos estão preenchidos por ar e o seu volume é definido como espaço de aeração, enquanto que os microporos estão preenchidos por água e este volume representa a capacidade de retenção hídrica de um substrato (Kampf, 2005).

A porosidade deve apresentar um bom equilíbrio entre os microporos que retém água, e os macroporos que retém ar. Segundo Gonçalves & Poggiani (1996) o substrato deve apresentar boa homogeneidade no tamanho das partículas e poucas partículas inertes, principalmente as grandes, as quais tornam o meio muito poroso, diminuindo a capacidade de agregação e retenção de água e nutrientes, principalmente, para o uso em recipientes com pequeno volume.

De acordo com Cordell & Filer Jr. (1984), a matéria orgânica é um componente fundamental dos substratos, cuja finalidade básica é aumentar a capacidade de retenção de água e nutrientes para as mudas. Devem-se, ainda, considerar outras vantagens desse componente sobre o desenvolvimento vegetal, tais como, redução na densidade aparente e global e aumento da porosidade do meio, características que podem melhorar a aeração dos substratos (Trigueiro, 2002).

Carneiro (1995) cita a participação da matéria orgânica no fornecimento de micronutrientes as plantas. Segundo ele, substratos predominantemente arenosos, pobres em matéria orgânica, podem apresentar carência de nutrientes. Para Gonçalves & Poggiani (1996), os substratos devem apresentar em torno de 70% a 80 % de matéria orgânica, tanto para a produção de mudas via semente e estaca, juntamente com um componente secundário, visando elevação da porosidade, podendo este ser de origem mineral ou orgânica.

A matéria orgânica atua diretamente na biologia do solo, constituindo uma fonte de energia e de nutrientes para os organismos que participam de seu ciclo biológico. Mantendo o solo em estado de constante dinamismo, exerce um importante papel na fertilidade e na produtividade das terras. Indiretamente, a matéria orgânica atua na biologia do solo pelos seus efeitos nas propriedades físicas e químicas, melhorando as condições para a vida vegetal, por isso pode-se dizer que a matéria orgânica é classificada como melhoradora ou condicionadora do solo (Kiehl, 1985).

A matéria orgânica representa uma alternativa viável, devido ao seu baixo custo, sendo esta sua principal vantagem, além da alta capacidade de retenção de água e poder tampão (Kampf, 2005). Para Gonçalves & Poggiani (1996), esses materiais proporcionam um bom desenvolvimento, com raízes bem agregadas ao substrato formando um torrão firme.

Para qualificar e quantificar as propriedades químicas do substrato são usualmente utilizados, o pH, a capacidade de troca de cátions (CTC), e o percentual de matéria orgânica presente (Shmitz et al., 2002). Segundo Kampf (2000b), o pH e a CTC são as características químicas mais importantes dos substratos.

As características químicas de um substrato são influenciadas pela disponibilidade de nutrientes minerais presentes, os quais influenciam no crescimento das mudas (Carneiro, 1995). O conceito de pH indica a acidez ou a alcalinidade relativa da solução aquosa diluída no substrato. A importância do seu conhecimento está no fato deste se relacionar diretamente a disponibilidade de nutrientes, bem como, nas propriedades fisiológicas das plantas (Kampf, 2005).

Para as espécies florestais, o desenvolvimento no viveiro é satisfatório com pH entre 5 e 6. Contudo, essa questão é muito variável de espécie para espécie, quando valores inadequados de pH podem causar desequilíbrios fisiológicos nas

plantas, afetando a disponibilidade dos nutrientes (Carneiro, 1995). Segundo Gonçalves & Poggiani (1996), para as espécies florestais o intervalo adequado de pH está entre 5,5 e 6,5.

Valores inadequados de pH afetam a disponibilidade de nutrientes. Em substratos com pH abaixo de 5,0 pode ocorrer a deficiência de nitrogênio, potássio, cálcio, magnésio e boro, enquanto que em pH acima de 6,5 são esperados deficiências de fósforo, ferro, manganês, zinco e cobre (Novais et al., 2007).

A CTC de um substrato é a propriedade de suas partículas sólidas de adsorver e trocar cátions, é um indicativo de capacidade de manutenção desses nutrientes e também valiosa informação do potencial de fertilidade do substrato (Almeida, 2005). Gruszynski (2002) afirma que a capacidade de troca de cátions de um substrato está diretamente relacionada com o nível tecnológico (manejo de fertirrigação) do produtor de mudas, capaz de controlar a ampla reserva dos nutrientes.

Segundo Minami (2000), um dos grandes problemas nutricionais encontrados nas plantas que utilizam recipientes é a lixiviação dos nutrientes pela água de irrigação, sendo assim, a fonte de nutrientes e a CTC do substrato, devem ser analisadas em conjunto, pois uma depende da outra para uma melhor formulação. Se o sistema de complementação nutricional utilizado for a água de irrigação com o substrato de material inerte, a CTC do material tem pouca importância, pois os nutrientes serão trazidos por meio líquido. No caso dos substratos ser uma reserva dos nutrientes adicionados ao mesmo, a CTC passa a ter um significado mais importante, visto que uma formulação com baixa CTC, vai requerer adubações mais frequentes e a matéria prima ideal deverá possuir uma elevada capacidade de troca catiônica. A condutividade elétrica (CE) é um indicativo da concentração de sais ionizados na solução e fornece um parâmetro da estimativa da salinidade do substrato (Kampf, 2005).

Altos valores de CE, representados por níveis altos de salinidade, podem danificar as raízes e os pêlos radiculares, impedindo a absorção de água e nutrientes, afetando a atividade fisiológica e favorecendo a incidência e a severidade de alguns patógenos (Rodrigues, 2002). A salinidade refere-se ao teor de constituintes inorgânicos presentes no substrato capazes de se dissolver em água. Esses constituintes inorgânicos referem-se a todos os íons, nutrientes e não-nutrientes. A sensibilidade à salinidade varia

entre as espécies e a idade da planta, sendo que quanto mais jovem maior a sensibilidade (Kampf, 2005).

Avalia-se a salinidade de um substrato com base na condutividade elétrica de seus íons dissolvidos, para as espécies florestais, ela deve estar entre 1,5 a 3,0 mS cm⁻¹. Altos valores de condutividade elétrica, representados por níveis altos de salinidade, podem danificar as raízes e os pelos radiculares, impedindo a absorção de água e nutrientes, afetando a atividade fisiológica e favorecendo a incidência e a severidade de alguns patógenos (Rodrigues, 2002). A salinidade de um substrato pode afetar negativamente o cultivo, sendo que a condutividade elétrica acima de 3,5 dS m⁻¹ é considerada excessiva para a maior parte das plantas (Martínez, 2002).

1.4.2 Composição de substratos

Substrato é o meio de desenvolvimento do sistema radicular, servindo de suporte e podendo ser fonte de nutrientes. Pode ser formado por um único material ou pela mistura de dois ou mais materiais como: fibra de coco, casca de pinus ou casca de arroz carbonizada (Takane et al., 2010)

A elaboração de substratos, seja artesanal ou industrial, baseia-se na seleção de materiais leves e porosos. Além de adequadas características físicas, químicas e biológicas, as matérias primas devem estar disponíveis regularmente, em volumes suficientes e com baixo custo de aquisição e transporte (Kampf, 2000b).

Gonçalves et al. (2000), ainda acrescenta que o substrato deve estar prontamente disponível em quantidades adequadas e custos economicamente viáveis e deve ser bem padronizado e homogeneizado, com características físicas e químicas pouco variáveis de lote pra lote. Entre os materiais utilizados nas diferentes misturas que compõem os substratos para a produção de mudas florestais em recipientes destacam-se: casca de pinus, terra de subsolo, solo de barranco, composto orgânico, casca de arroz carbonizada e vermiculita (Garcia & Pereira, 2010).

O arranjo quantitativo e qualitativo dos materiais minerais e orgânicos empregados influencia diretamente no suprimento de nutrientes, água disponível e oxigênio, e conseqüentemente no crescimento e desenvolvimento das plantas (Rosa Jr. et al., 1998). O tipo de mistura, bem como a proporção de componentes de diferentes

grupos, deve ser feito objetivando o ajuste das propriedades físicas, uma vez que as químicas, em geral, podem ser facilmente modificadas com práticas de adubação e manejo de irrigação (Wendling et al., 2002).

Vários são os materiais que podem ser usados na composição do substrato para produção de mudas de espécies florestais, como casca de arroz carbonizada, serragem, turfa, vermiculita, composto orgânico, esterco bovino, moinha de carvão, material de subsolo, bagaço de cana, acícula de pinus, areia lavada e diversas misturas desses materiais (Costa et al., 2005a). Entretanto, Guerrini & Trigueiro (2004) afirmam que se justifica o uso de, no máximo, três componentes em uma mistura de substratos para propagação de mudas florestais. Essa afirmação é reforçada pelos maiores custos e, conseqüentemente, menor viabilidade econômica de um substrato com diversos componentes.

Fermino (1996) aponta a elaboração de substratos como um mercado potencial para resíduos da agroindústria, já que podem fornecer matérias-primas para a composição desses substratos. Gomes et al. (1985), estudaram a viabilidade de uso de diferentes substratos e suas misturas na produção de mudas de *E. grandis* por semeadura direta em tubetes e em bandejas de isopor. Os substratos testados incluíram a vermiculita de granulometria fina, a moinha de carvão vegetal, o composto orgânico, a turfa, a terra de subsolo e o esterco bovino. O substrato mais indicado para a produção de mudas em tubetes foi o que combinou 80% de composto orgânico com 20% de moinha de carvão. Desta forma, os autores constataram a possibilidade de substituir a vermiculita, de elevado custo, por componentes de fácil aquisição e de preço reduzido.

A crescente pressão ambientalista leva as indústrias a buscarem alternativas para o destino dos resíduos gerados pelos processos industriais. Os custos de construção e manutenção de aterros industriais e os riscos ambientais que estes podem representar têm aumentado o interesse de vários tipos de indústrias em estudar a viabilidade de aplicação de resíduos na agricultura (Amaral et al., 1996). De acordo com Gonçalves & Poggiani (1996), os materiais orgânicos usados nos substratos para produção de mudas devem estar decompostos com a relação carbono/nitrogênio próxima a 12/1, pois relações superiores podem promover a imobilização de nutrientes, principalmente por nitrogênio.

A vermiculita é um dos principais componente entre as misturas do substrato. Quimicamente, é um silicato hidratado de alumínio, magnésio e ferro (Silva, 2006),

podendo ser encontrado no mercado em diferentes tipos granulométricos (extrafina, fina, média e grossa). A inclusão da vermiculita expandida na composição dos substratos aumenta sua capacidade de retenção de água, pois esse mineral absorve até cinco vezes o seu volume em água. Além disso, contém também potássio e magnésio disponíveis e possui elevada capacidade de troca catiônica (Filgueira, 2003).

A vermiculita é um mineral praticamente inerte, de estrutura variável, muito leve, constituído de lâminas ou camadas justapostas, com grande aeração, alta capacidade de troca catiônica e retenção de água. Pode ser usada pura ou em misturas para promover maior aeração e porosidade a outros substratos menos porosos. Outra aplicação que tem sido recomendada é na parte superior do tubete, onde funciona como isolante térmico, diminuindo também a perda de água por meio da evaporação (Wendling & Gatto, 2002).

Este substrato é livre de microorganismos patogênicos. Quando utilizado deve ser puro na fase inicial de enraizamento de estacas ou em misturas diversas para promover maior aeração e porosidade a outros substratos menos porosos. A vermiculita pode ser encontrada em diferentes granulometrias, finas, média e grossa. A vermiculita tem a desvantagem de não conseguir uma boa aderência do substrato ao redor das raízes, sendo necessário levar o tubete ao campo até o momento do plantio (Schorn & Formento, 2003). Segundo Genro (2004), a vermiculita pode reter 350 litros de água por metro cúbico, e pode conter 8% de potássio assimilável e 12% de magnésio assimilável, sendo o seu pH próximo de neutro de 7 a 7,2.

Outro resíduo que vêm se destacando na produção de mudas é a fibra de coco. A fibra de coco vem sendo testada com sucesso na produção de mudas de espécies florestais (Lacerda et al., 2006), em cultivos de fruteiras (Correia et al., 2003) e em cultivos de ornamentais (Amaral, 2003). A fibra de coco se origina de desfibramento industrial das cascas de coco, o qual gera um material leve e homogêneo, intercalado por fibrilas, de altíssima porosidade total (94% a 96%) e elevada capacidade de aeração (20% a 30%). Essa elevada porosidade total permite que a fibra de coco alie uma ótima aeração a uma boa capacidade de retenção de água, cerca de três a quatro vezes o seu peso. Apresenta, ainda, alta estabilidade física, pois se decompõe muito lentamente, e alta característica de molhabilidade, isto é, não repele a água entre uma irrigação e outra, o que traz grandes vantagens no manejo da irrigação para o produtor (Almeida, 2005). Segundo Wendling & Gatto (2002), a fibra de coco apresenta uma tendência de fixar

cálcio e magnésio e liberar potássio no meio e o seu pH é ligeiramente ácido (6,3 a 6,5) e ótima aeração aliada a uma boa capacidade de retenção de água, cerca de três a quatro vezes o seu peso.

Este subproduto do coco possui grande porcentagem de lignina (35 a 54%) e de celulose (23 a 43%) e uma pequena quantidade de hemicelulose (3 a 12%), que é a fração vulnerável ao ataque de microrganismos (Noguera et al., 2000). O resíduo da casca de coco maduro vem sendo indicado como substrato agrícola, principalmente, por apresentar uma estrutura física vantajosa, proporcionando alta porosidade e alto potencial de retenção de umidade, e por ser biodegradável. É um meio de cultivo 100% natural, indicado para germinação de sementes, propagação de plantas em viveiros e no cultivo de flores e hortaliças. Propriedades físicas e químicas diferem, amplamente, entre diferentes fontes de resíduo, em função do método usado para processar a fibra no local de origem. Assim, o controle das características físicas e químicas do material antes do uso como substrato é de grande importância (Rosa et al., 2002).

Em mistura com outros materiais ou pura, a fibra de coco tem uma demanda por nitrogênio, que pode ser compensada pelo viveirista, via fertirrigação, e, ou uso de adubos de liberação lenta ou controlada. Quando é adequadamente processada, a fibra de coco é pasteurizada, o que representa uma enorme vantagem para a produção de mudas, por não se tratar de um material fossilizado (como as turfas) nem compostado (como as cascas de pinus) (Malvestiti, 2003).

Considerações ecológicas frequentemente condenam a utilização de materiais de difícil renovação ou não renováveis (turfas, xaxim, vermiculita), bem como materiais de difícil biodegradabilidade (Poliestireno, lã de rocha), uma das formas de substituir estes materiais é utilizar a fibra de coco como substrato. Entretanto, é preciso considerar que a fibra de coco, assim como a vermiculita é quase inerte, porém, em misturas equilibradas ajuda a formar um substrato coeso e ao mesmo tempo naturalmente poroso, muito propício ao crescimento do sistema radicial (Taveira, 2008).

Em um trabalho utilizando a fibra da casca do coco verde como substrato agrícola, Carrijo et al. (2002) chegaram a conclusão que as boas propriedades físicas da fibra de coco, a sua não reação com os nutrientes da adubação, sua longa durabilidade sem alteração de suas características físicas, a possibilidade de esterilização, a abundância da matéria prima que é renovável e o baixo custo para o produtor faz da fibra de coco verde

um substrato dificilmente superável por outro tipo de substrato, mineral ou orgânico no cultivo sem solo de hortaliças.

Lacerda et al. (2006), obtiveram bons resultados com o acréscimo de 75 % de pó de coco ao Argissolo na produção de mudas de *Mimosa caesalpiniaefolia* (sabiá), devido a melhorias nas características físicas e químicas apresentadas com o adicionamento deste componente. Carrijo et al. (2002), por meio da comparação da fibra de coco com outros tipos de substratos, mostraram leve superioridade da fibra de coco na produção comercial de tomate, produzindo aproximadamente uma tonelada a mais de frutos comerciais que o pó de serra ou serragem em três anos de avaliação.

A utilização de composto orgânico de casca de *Pinus* spp., como meio de crescimento das mudas, permite utilizar um resíduo orgânico resultante da colheita florestal, evitando outros destinos possíveis desse material, como a queima em caldeiras ou simplesmente como lixo. Essa utilização contribui também na devolução de nutrientes ao solo, ao realizar-se o plantio, assim como uma diminuição na remoção de solo para produzir mudas (Pezzuti et al., 1999).

Segundo Martin et al. (2006), o início da utilização da casca de pínus (*Pinus taeda* L.) para a produção de mudas, ocorreu com o desenvolvimento florestal no Brasil sendo primeiramente utilizado como substrato para a produção de mudas florestais e mais tarde para mudas hortícolas. O material é obtido por meio da moagem da casca de pínus compostado que confere partículas com tamanhos menores que 0,1 mm (pó) até 1 cm, originando um material de fácil drenagem, baixa absorção de água e pH em torno de 3,7.

Segundo Hoppe et al. (2004), a casca de pinus é um material que quando no estado cru, provoca problemas de deficiência de nitrogênio e de fitotoxicidade. Por isso, precisa passar pela compostagem. Sua densidade aparente é de 0,1 g cm⁻³ a 0,45 g cm⁻³, a porosidade total é superior a 85%, a capacidade de retenção de água é baixa a média, sendo sua capacidade de aeração muito elevada e o pH varia de medianamente ácido a neutro.

Martins Filho et al. (2007) obtiveram bons resultados no crescimento de mudas de *Archantophoenix alexandrae* (palmeira real) e *Bactris gasipaes* (pupunha) com o substrato comercial a base de casca de pínus e vermiculita (10%), segundo os autores esse resultado é consequência das boas características físicas. Fain et al. (1998), observaram que

as plantas que cresceram em um composto de pínus mais turfa, obtiveram maior massa seca do que as que cresceram apenas em casca de pínus.

Trabalhos demonstram que o uso da casca de pínus como componente do substrato para propagação vegetativa de *Ilex paraguariensis* (erva-mate) apresenta bons resultados. Brondani et al. (2007) concluíram que o substrato à base de casca de pínus quando combinado com casca de arroz carbonizada apresentou-se adequado para a produção de mudas desta espécie através da estaquia.

Machado Neto et al. (2005), trabalhando com casca de pínus, concordam que existe a necessidade de mais pesquisas sobre substratos em relação as suas características biológicas que possam determinar seus efeitos na formação de mudas, principalmente nos estágios mais sensíveis destas, que é quando ocorre a germinação e o início do desenvolvimento. Pastor et al. (1999) concluíram que plantas ornamentais cresceram sem limitações em substrato aquoso com camada grossa ou fina de casca de pinus, com diferentes níveis de retenção de água.

A casca de arroz carbonizada é resultante da combustão incompleta da casca de arroz sobre alta temperatura e condições de baixo oxigênio. É um produto extremamente leve, estéril, de fácil manuseio, alta porosidade, boa aeração e baixa capacidade de retenção de água (Wendling & Gatto, 2002). Segundo Gonçalves & Poggiani (1996), a casca de arroz apresenta as seguintes características: drenagem rápida e eficiente, exigindo constantes regas quando usada pura; baixa capacidade de retenção de umidade; boa homogeneidade no tamanho das partículas; baixa densidade; material biologicamente estéril e baixo custo.

Esse material tem sido utilizado como substrato, pois é estável física e quimicamente, sendo assim, mais resistente à decomposição. Isso também confere a vantagem de o substrato ser utilizado no segundo ano de produção (Melo et al., 2006).

Segundo Souza (1993), a casca de arroz carbonizada é considerada um bom substrato para germinação de sementes e enraizamento de estacas por apresentar as seguintes características: permite a troca de ar na base das raízes, é suficientemente firme e densa para fixar a semente ou estaca, é leve e porosa permitindo boa aeração e drenagem, tem volume constante seja seca ou úmida, é livre de plantas daninhas, nematóides e patógenos, não necessita de tratamento químico para esterilização, em razão de ter sido esterilizada com a carbonização.

Segundo Hoppe et al. (2004), as cascas de arroz têm baixa densidade e peso específico, além de lenta biodegradação, permanecendo em sua forma original por longos períodos de tempo. Apresentam um alto poder energético, já que contêm quase 80% de seu peso em carbono. Suas cinzas são compostas basicamente de sílica e, portanto, bastante alcalinas. Tanto nas cascas de arroz como em suas cinzas, não existem compostos tóxicos. Entretanto, durante o processo de combustão e gaseificação, formam-se partículas de cinzas que contêm carbono.

Correia et al. (2003), em pesquisa sobre misturas de casca de coco, com folha de carnaubeira e casca de arroz triturada encontraram valores de pH entre 4,8 e 4,9, CTC entre 103 e 205 mmolc dm⁻³ e soma de bases de 72% a 77%, com resultados de boa formação de mudas de cajueiro anão.

A substituição de substrato comercial a base de casca de pinus por casca de arroz carbonizada, entre 60% e 70%, proporciona maior crescimento de mudas de cafeeiro, proporcionando além do aumento da produtividade, redução do custo de produção (Vallone et al., 2004). Segundo Couto et al. (2003), a baixa densidade da casca de arroz carbonizada é uma característica importante quando se deseja aumentar a porosidade total do substrato, de modo a permitir maior drenagem da água de irrigação ou, ainda, proporcionar uma melhor aeração do sistema radicial da muda. As propriedades físicas da casca de arroz carbonizada podem variar conforme o manejo adotado na sua carbonização e a procedência do material (Almeida, 2005). Para Stringheta et al. (1997) a porosidade total foi de 64%, enquanto que para Almeida (2005) foi de 87,6% e para Gonçalves & Poggiani (1996) de 82%.

Conforme Tabajara & Colônia (1986), a casca de arroz carbonizada corresponde a aproximadamente 20% do peso dos substratos. Segundo os autores acima, uma vez lançada no meio ambiente, a casca de arroz carbonizada, devido à sua lenta biodegradação, permanece inalterada por longos períodos de tempo. A casca de arroz, quando carbonizada, apresenta alta capacidade de drenagem, fácil manuseio, peso reduzido, pH levemente alcalino, forma floculada, livre de patógenos e nematóides, teor adequado de potássio e cálcio que são dois macronutrientes essenciais para o desenvolvimento vegetal.

Klein et al. (2002), ao avaliar as alterações das propriedades físico-hídricas de substratos comerciais, misturados com a casca de arroz carbonizada em diferentes

proporções, observaram que esta pode ser utilizada para melhorar as propriedades físico-hídricas de substratos, propiciando melhor porosidade.

1.4.3 Legislação e métodos de caracterização física de substratos

Para a definição e determinação das propriedades físicas, é extremamente importante estabelecer métodos normalizados (Martínez, 2002), pois sendo o substrato para plantas um insumo, suas propriedades devem estar suficientemente caracterizadas na embalagem para que o comerciante saiba dar esclarecimentos sobre esse produto, o consumidor possa decidir de forma consciente por sua aquisição e uso e o poder público possa fiscalizar a veracidade da informação, quando necessário (Kampf, 2001).

Entretanto, apesar das especificações dos substratos terem sido normatizadas pela Instrução Normativa nº 17, de 21 de maio de 2007, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Brasil, 2007), a caracterização física de substratos ainda é incipiente, já que mesmo as normas internacionais, há muito estabelecidas, não foram validadas pelos laboratórios brasileiros. Além disso, intervir nas propriedades físicas de um substrato, quando já disposto em um recipiente, é uma capacidade praticamente nula ao produtor, ao contrário das propriedades químicas, que podem ser facilmente modificadas (Milner, 2001).

No Brasil, os métodos oficiais para a determinação dos parâmetros físicos em substratos para plantas foram publicados na Instrução Normativa n.º 17 (IN n.º 17), de 21 de maio de 2007 (Brasil, 2007), alterada pela Instrução Normativa n.º 31 (IN n.º 31), de 23 de outubro de 2008 (Brasil, 2008). A IN n.º 17 traz métodos para análise física e química de substratos para plantas e condicionadores de solos, dentre os quais estão o da preparação inicial do material e os dos atributos: umidade, densidade e capacidade de retenção de água.

A caracterização física de substratos é importante para o conhecimento e a padronização dos insumos e, principalmente, para que os produtores possam decidir de forma consciente por sua aquisição e uso, as indústrias possam melhorar

a qualidade e o poder público possa fiscalizar a veracidade da informação nas embalagens (Zorzeto et al., 2014).

No dia 17 de dezembro de 2004, foi publicada no Brasil, pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, através da Secretaria de Apoio Rural e Cooperativismo, a Instrução Normativa nº 14, de 15 de dezembro de 2004, que aprova as definições e normas sobre as especificações e as garantias, as tolerâncias, o registro, a embalagem e a rotulagem dos substratos para plantas (Brasil, 2004).

1.5 RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS

A população mundial produz milhões de toneladas de resíduos agroindustriais anualmente e, embora esse tipo de poluente seja biodegradável é necessário um tempo mínimo para ser mineralizado e, em virtude da intensa atividade humana na Terra, observa-se a cada dia um aumento na dificuldade de reciclagem natural desses nutrientes (Villas Bôas & Sposito, 2008). O aumento na produção de resíduos vem provocando impactos, sendo que sua taxa de geração é muito maior do que a sua taxa de degradação, dessa forma, é cada vez mais premente a necessidade de reduzir, reciclar ou reaproveitar os resíduos gerados pelo homem (Malheiros, 1996).

Segundo Abreu Junior et al. (2005), toda atividade do homem tem como conseqüência a produção de resíduos e a alteração do meio que o cerca. O desenvolvimento dos grandes centros urbanos tem conduzido a um aumento desordenado na geração de resíduos e a conseqüente poluição ambiental. As quantidades geradas são assustadoras, o que vem acelerando o ritmo de degradação dos recursos naturais. A redução dos impactos ambientais causados por esgotos, lixo urbano e efluentes industriais, certamente, apresenta-se como um dos maiores desafios a serem enfrentados pelo homem no presente século.

A origem do resíduo é um indicativo das características que este irá apresentar. Segundo Glória (1992) é fundamental conhecer detalhes do processo gerador para que se possa avaliar a melhor opção de disposição:

– Resíduos da atividade agrícola: Nesta classe estão os resíduos de origem estritamente agrícola, como restos de culturas e esterco. Neste caso, a possibilidade de termos uma alta concentração de contaminantes é menor, restringindo-se praticamente à presença de agrotóxicos. Visto a composição e a própria localização em que o resíduo é gerado, a tendência é de que o melhor meio de disposição seja a reutilização na própria agricultura. Entretanto, mesmo considerando que a origem e o destino são os mesmos, algumas precauções devem ser tomadas;

– Resíduos da atividade industrial que utiliza matéria prima agrícola e que não é anexado nenhum elemento estranho à atividade agrícola no processo industrial: Neste grupo podem ser enquadrados, os resíduos da indústria sucroalcooleira (torta de filtro, fuligem e vinhaça). Essa atividade usa matéria prima agrícola (cana-de-açúcar) e o processamento industrial do caldo da cana, tanto para a produção de açúcar como de álcool, utiliza apenas materiais usuais à atividade agrícola (cal, enxofre e polifosfatos);

– Resíduos da atividade industrial que utiliza matéria prima agrícola e que são anexados elementos estranhos à atividade agrícola no processamento industrial: Os resíduos gerados por indústrias alimentícias geralmente enquadram-se nesta classe, pois, na maioria dos casos, são adicionados produtos estranhos à atividade agrícola como conservantes, aromatizantes, entre outros. É interessante ressaltar que não só as substâncias adicionadas ao produto alimentício devem ser consideradas. Muitas vezes, produtos de limpeza e de manutenção dos equipamentos utilizados no processo industrial acabam fazendo parte do resíduo final gerado.

Somando-se ao lodo de esgoto e lixo urbano, existe uma infinidade de outros resíduos orgânicos de origem agrícola ou industrial, nas formas sólida, pastosa ou líquida (por exemplo, vinhaça, esterco, efluentes, lodos, etc.), cujos descartes indevidos também podem causar problemas ambientais. Contudo, esses problemas podem ser minimizados por meio da reciclagem e, ou reutilização, mediante a análise criteriosa de suas características e avaliação do potencial de uso agrícola, com ou sem pré-tratamento (Glória, 1992; Mattiazzo-Prezotto, 1992).

A produção hortícola depende da utilização de substratos, sendo limitada pelo seu alto custo. A utilização dos resíduos orgânicos na composição dos substratos significa uma alternativa para a reciclagem de resíduos agroindustriais, bem como

para obtenção de misturas ideais que sirvam de suporte para o desenvolvimento das plantas (Pragana, 1998).

Segundo Matos (2005), os resíduos agroindustriais são gerados no processamento de alimentos, fibras, couro, madeira, produção de açúcar e álcool, etc, sendo sua produção, geralmente, sazonal, condicionada pela maturidade da cultura ou oferta da matéria-prima e podem ser divididos em resíduos agroindustriais líquidos e resíduos agroindustriais sólidos. Os resíduos agroindustriais líquidos são também chamados de águas residuárias, que podem ser o resultado da lavagem do produto, escaldamento, cozimento, pasteurização, resfriamento e lavagem do equipamento de processamento e das instalações. Os resíduos sólidos são constituídos pelas sobras de processo, descartes e lixo proveniente de embalagens, lodo de sistemas de tratamento de águas residuárias, além de lixo gerado no refeitório, pátio e escritório da agroindústria.

Por serem os resíduos sólidos agroindustriais ricos em nutrientes, toda e qualquer técnica que vislumbre seu aproveitamento na alimentação animal ou agrícola torna-se interessante, tendo em vista que a reciclagem desses nutrientes é recomendável. No caso de não ser possível ou recomendável o aproveitamento desses resíduos *in natura*, técnicas de tratamento devem ser aplicadas com o fim de proporcionar transformações vantajosas em suas características químicas ou físicas (Matos, 2005).

Segundo Matos (2005), as águas residuárias do processamento de produtos animais, tal como as geradas em laticínios, matadouros e curtumes, são muito poluidoras, podendo conter gordura, sólidos orgânicos e inorgânicos, além de substâncias químicas que podem ser adicionadas durante as operações de processamento, enquanto que águas residuárias geradas no processamento de produtos de origem vegetal podem conter, além de elevado conteúdo de material orgânico, outros poluentes, tais como solo, restos de vegetais e pesticidas. Da mesma forma que ocorre com águas residuárias domésticas e industriais, a remoção de poluentes das águas residuárias geradas em atividades agroindustriais a fim de torná-las em condições adequadas, de acordo com os padrões estabelecidos pela legislação ambiental, só pode ser obtida se eficientes sistemas de tratamento forem implantados e adequadamente operados.

1.5.1 Potencial do uso agrônômico de resíduos agroindustriais

A geração de resíduos e subprodutos é inerente a qualquer setor produtivo, entretanto esses resíduos e subprodutos não podem ser considerados como lixo pois possuem valor econômico agregado por possibilitarem reaproveitamento no próprio processo produtivo (Pelizer et al., 2007). A crescente pressão ambientalista leva as indústrias a buscarem alternativas para o destino dos resíduos gerados pelos processos industriais. Os custos de construção e manutenção de aterros industriais e os riscos ambientais que estes podem representar têm aumentado o interesse de vários tipos de indústrias em estudar a viabilidade de aplicação de resíduos na agricultura (Amaral et al., 1996). Entre os resíduos agroindustriais com potencial de utilização como substrato, destacam-se o bagaço-de-cana e a torta de filtro. Estes resíduos encontram-se em alta disponibilidade nas regiões de plantio de cana-de-açúcar e já foram testados com sucesso na produção de mudas de espécies florestais e frutíferas (Leles et al., 2000; Chaves et al., 2004; Serrano et al., 2006).

O interesse no uso de resíduos orgânicos na agricultura brasileira, quando devidamente tratados e, ou, compostados, está fundamentado nos elevados teores de C de compostos orgânicos e de nutrientes neles contidos, no aumento da capacidade de troca de cátions e na neutralização da acidez. Aumentar os teores de compostos orgânicos e de nutrientes do solo pode significar melhorias nas suas propriedades físicas e químicas e, conseqüentemente, incrementos na produtividade e na qualidade dos produtos agrícolas, bem como redução nos custos de produção. Não obstante os benefícios, esses resíduos orgânicos podem apresentar potencial poluidor ou contaminante e a adição deles ao solo ou à água pode introduzir elementos inorgânicos ou compostos orgânicos tóxicos ou patógenos na cadeia alimentar (Abreu Junior et al., 2005).

Resíduos de agroindústrias são recursos orgânicos em potencial para realização de compostagem e conseqüentemente adubação devido a sua riqueza em nutrientes, melhorando as propriedades físicas, físico-químicas e biológicas do solo, refletindo em aumento da produtividade das culturas (Sharma et al., 1997). De acordo com Brito (2006), a partir da década de 1990 até os dias atuais, o processo de utilização de resíduos orgânicos para geração de fertilizantes tem despertado um novo interesse, principalmente pela falta

de locais para destinação correta desses resíduos e devido às pressões exercidas para utilização de métodos com menor impacto ambiental, visando o atendimento aos princípios do desenvolvimento sustentável.

Segundo Glória (1992), no tocante aos resíduos, os principais fatores que afetam sua aplicação ao solo são: a composição química, características físicas, aspectos sanitários, quantidade gerada e o regime de liberação. Já em relação ao solo, deve-se considerar prioritariamente todas aquelas características responsáveis pela capacidade do solo em desativar e estabilizar os resíduos, por meio de mecanismos físicos, químicos e biológicos. Entre essas pode-se citar: textura, estrutura, permeabilidade, pH e a capacidade de troca catiônica.

Porém, existem outros aspectos ambientais que associados ao tipo de resíduo e solo, contribuem para definir a viabilidade do uso de resíduos. Entre esses destacam-se: regime pluviométrico, disponibilidade de área, localização das áreas, proximidades de coleções hídricas, profundidade de lençol freático e direção do fluxo. Não se podendo excluir do quadro geral dos fatores que vão permitir a decisão final, aqueles de origem legal e social. Conforme se observa, o uso agrônomo de resíduos, visto apenas do ponto de vista da utilização no solo, apresenta a complexidade inerente a todos os sistemas que envolvem variáveis múltiplas e agravado por problemas que vão desde a geração do resíduo até os de ordem social, inevitavelmente à mercê de fatores políticos e da ausência de normas legais definitivas (Glória, 1992).

Há uma gama enorme de resíduos orgânicos da indústria e da agricultura que podem ser usados na agricultura, por exemplo: esterco bovino, esterco de galinha, esterco de porco, torta de filtro, torta de mamona, adubos verdes, turfa, etc (Melo et al., 1997). Atendidas as disposições legais e descartada a possibilidade desses materiais contaminarem o solo, a água e a planta, inclusive pelo excesso de N no ambiente, a opção da disposição de resíduos orgânicos em solos agrícolas é econômica, social e ambientalmente mais sustentável, em médio a longo prazo, do que a incineração e a disposição em lixões, corpos d'água ou mesmo aterros planejados. Entretanto, há que se considerar a disponibilidade e os custos de transporte e da aplicação do resíduo na área agrícola (Glória, 1992).

De acordo com Matos (2005), dentre as técnicas de transformação de resíduos orgânicos, uma de grande alcance, tendo em vista da sua praticidade e resultados alcançados, é a compostagem, pois ela possibilita a transformação de resíduos orgânicos em adubo orgânico de grande valor fertilizante para as plantas. A compostagem é um processo biológico de transformação da matéria orgânica crua em substâncias húmicas, estabilizadas, com propriedades e características diferentes do material que lhe deu origem (Kiehl, 1985). E como resultado deste processo biológico, serão gerados dois componentes importantes: nutrientes, indispensáveis para as raízes das plantas, e húmus, um componente necessário para desenvolver as propriedades físicas, físico-químicas e biológicas do solo, ou seja, o composto atua de maneira dinâmica na melhoria dos solos (Kiehl, 1998; Peixoto, 2005).

Segundo Costa et al. (2005b), o processo de compostagem tem sido utilizado como alternativa para a disposição ambientalmente correta de resíduos oriundos de diferentes atividades agrícolas, agroindustriais e industriais. A compostagem é um processo usualmente envolvido no tratamento de larga variedade de resíduos orgânicos, conseqüentemente, tem sido extremamente difícil precisar todas as mudanças bioquímicas que ocorrem durante o processo. Porém a degradação biológica pode ser descrita, em aspectos gerais, segundo um paralelo feito entre a atividade microbiológica e a temperatura, que governa uma fase particular do processo (Pereira Neto, 1996).

A compostagem é uma alternativa privilegiada de tratamento, permitindo o co-processamento de vários resíduos (Fernandes et al., 1993), resultando num produto higienizado (Burge et al., 1981) e de boas características agrônômicas (Viel, 1989). Segundo o Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) (2000), o processo de compostagem apresenta as seguintes vantagens: a) redução de cerca de 50% do lixo destinado ao aterro; b) redução dos impactos ambientais associados a degradação dos resíduos orgânicos em locais inadequados; c) economia de aterro; d) aproveitamento agrícola da matéria orgânica; e) melhoria das propriedades físicas do solo; f) reciclagem de nutrientes para o solo; g) economia na aquisição de fertilizantes minerais; h) processo ambientalmente seguro; i) eliminação de patógenos; j) economia de tratamento de efluentes; e, l) economia na coleta e transporte dos resíduos sólidos.

A compostagem possibilita a transformação de resíduos orgânicos em adubo orgânico de grande valor fertilizante para as plantas. A compostagem pode ser definida como um processo aeróbio, baseado na decomposição biológica controlada, que tem por objetivo a transformação de resíduos orgânicos, através de oxidações, em material parcialmente humificado, com mineralização do carbono remanescente (Kiehl, 1985). As seguintes vantagens podem ser citadas para a compostagem de resíduos sólidos orgânicos (Matos, 2005): aproveitamento agrícola de macro e micronutrientes presentes nos materiais residuais; eliminação de efeitos alelopáticos, no caso de uso de resíduos vegetais; eliminação de sementes vivas de plantas daninhas, no caso de uso de resíduos vegetais; eliminação de agentes patogênicos, no caso de uso de excretas de humanos ou animais; elevação do pH de solos ácidos (pH de 6,0 a 8,0); melhoria nas características físicas, químicas e biológicas do solo e minimização de riscos de poluição de águas superficiais e subterrâneas.

Segundo Silva (2000), o composto orgânico, qualquer que seja o processo utilizado para sua formação, apresenta uma composição com pequenos teores de nitrogênio, fósforo e potássio (em torno de 1%) e praticamente 50 % de matéria orgânica humificada. É de grande valor o composto orgânico na recuperação de solos cansados, tendo larga aplicação na agricultura, em florestas energéticas e na recuperação de áreas degradadas. Segundo o autor, dentre as vantagens apresentadas pela utilização de compostos orgânicos, pode-se citar: é a melhor fonte de matéria orgânica humificada; substitui o húmus natural do solo; aumenta a capacidade de retenção de água e ar no solo; melhora as condições físicas, químicas e biológicas do solo; possibilita a formação de microbiota no solo; aumenta a porosidade do solo, tornando-o mais arável e assegura a conservação da umidade e protege contra a evaporação, o frio e calor.

A decomposição do material orgânico é diferenciada segundo as características físicas, químicas e biológicas dos seus diversos componentes. Dentre os fatores que influenciam a compostagem pode-se citar: pH, temperatura, relação da concentração C/N, umidade, diâmetro de partículas, grau de aeração e dimensionamento das leiras (Haug, 1993).

1.5.2 Aplicação de resíduos agroindustriais como substrato

Os resíduos vêm sendo material de estudo de diversas linhas de pesquisa, sendo uma delas sua utilização como substrato. Porém esta utilização também gera muita discussão quanto ao efeito residual e a forma de aplicação. Em geral, a utilização de resíduos urbanos como substrato acontece após o processo de compostagem destes resíduos (Fonseca, 2005).

Segundo Mesquita & Pereira Neto (1992), o processo de compostagem proporciona o retorno de matéria orgânica e dos nutrientes ao solo. Este processo é resultado da decomposição biológica aeróbica do substrato orgânico, sob condições que permitam o desenvolvimento natural de altas temperaturas, com formação de um produto suficientemente estável para armazenamento e aplicação ao solo, sem efeitos ambientais indesejáveis. É comprovadamente viável a utilização deste material na produção de mudas, e a exploração deste material pode ser potencializada quando as raízes destas mudas são colonizadas por fungos micorrízicos arbusculares (FMAs).

Kiehl (1998) afirma que, durante o processo, este material passa pelas seguintes fases: uma inicial e rápida de fitotoxicidade ou de composto cru ou imaturo, seguida da fase de semicura ou bioestabilização, para atingir finalmente a terceira fase, a humificação, acompanhada da mineralização de determinados componentes da matéria orgânica. Após cerca de noventa dias, tem-se como resultado um fertilizante orgânico passível de ser utilizado em solos agrícolas, de parques e jardins, na recuperação de áreas degradadas e na produção de mudas. O fertilizante fornece sais minerais essenciais para o suprimento de nutrientes às plantas e funciona como um condicionador e melhorador de propriedades físicas e biológicas do solo.

O composto orgânico de resíduos apresenta boa capacidade com relação às melhorias das características físicas, químicas e biológicas do solo, causando efeitos positivos no crescimento e desenvolvimento de plantas. O êxito no estabelecimento de uma cultura depende de vários fatores, entre os quais se podem destacar a qualidade das sementes e a escolha e manejo correto do substrato (Backes & Kampf, 1991).

Os compostos podem ser utilizados como substratos para a produção de mudas ou para o cultivo em recipientes, mas sua utilização mais comum é na forma de fertilizante orgânico. Neste caso, sua atuação principal será como condicionador de solo ou como

fornecedor de nutrientes. Para que compostos orgânicos sejam empregados na produção agrícola de forma adequada, é necessário considerar as características da cultura, do ambiente e do manejo adequado, bem como, considerar as especificações e a eficiência do composto utilizado (Leal, 2006).

Para serem utilizados como substrato, os compostos devem possuir boas propriedades físicas, tal como alta capacidade de reter a umidade e drenar o excesso de água (Corti & Crippa, 1998). Devem também promover de forma adequada o fornecimento de oxigênio e a eliminação do CO₂ (WRAP, 2004).

De acordo com Kiehl (1998), a qualidade do composto pode ser analisada de acordo com as diferentes referências: a qualidade vista pelo produtor, a exigida pela legislação e a vista pelo agricultor. Porém, em todas essas esferas, há, sem exceção, a preocupação comum no que diz respeito à umidade, à concentração de NPK e matéria orgânica e ao conteúdo de inertes (Kiehl, 2004).

Segundo Abreu et al. (2002), é crescente a demanda por substratos na agricultura, que são utilizados principalmente para a produção de plantas ornamentais, produção de hortaliças em recipientes e produção de mudas. Para uma grande variedade de culturas, os compostos podem fornecer os nutrientes necessários ao crescimento. Embora os compostos possam conter quantidades significativas de N, a maior parte se encontra na forma orgânica, não estando plenamente disponível para as plantas (WRAP, 2004). Quando a demanda total de N pela planta é baixa e distribuída por um longo período de tempo, a utilização de compostos como substratos pode fornecer todo N necessário. Caso contrário, também devem ser utilizados fertilizantes com rápida disponibilização de N. O mesmo vale para os outros nutrientes (Leal, 2006).

A utilização de resíduos da agroindústria, disponíveis regionalmente, como componente para substratos pode propiciar a redução de custos, assim como auxiliar na redução da poluição decorrente do acúmulo desses materiais no meio ambiente (Fermino, 1996). Até o momento não se conhece nenhum substrato de uso universal, pois cada espécie ou grupo de espécies vegetais apresenta características fisiológicas próprias, ou seja, existem espécies que tem preferências por uma determinada faixa de pH, salinidade ou outro fator limitante ao seu crescimento. Substratos produtivos devem ser férteis, porém um substrato fértil pode não ser necessariamente produtivo, pois há que se considerar outras características (Wendling et al., 2002).

Segundo Gonçalves et al. (2000), os substratos adequados para a propagação de mudas através de semente ou estaca podem ser obtidos a partir da mistura de 70% a 80 % de um componente orgânico (esterco bovino, casca de eucalipto ou pinus, bagaço de cana, composto orgânico de lixo urbano, húmus de minhoca e outros resíduos), com 20% a 30 % de um componente usado para elevar a macroporosidade (casca de arroz carbonizada, cinza de caldeira de biomassa, bagaço de cana carbonizado).

Trigueiro & Guerrini (2003) utilizando biossólido proveniente de uma estação de tratamento de esgoto, casca de arroz carbonizada e um substrato comercial, constatou que doses iguais ou superiores a 70% de biossólidos foram prejudiciais ao desenvolvimento das mudas de *Eucalyptus grandis*; a dose contendo 50% de biossólido mais 50% de casca de arroz carbonizada apresentou os melhores resultados, semelhante ao substrato comercial. Segundo o autor, o uso deste biossólido é viável, do ponto de vista econômico e ambiental.

Gomes et al. (1985) testaram 52 misturas, constituídas por vermiculita, moinha de carvão vegetal, composto orgânico (esterco bovino - 40% e capim gordura - 60%), turfa, terra de subsolo e esterco bovino. A espécie estudada foi o *Eucalyptus grandis* e o parâmetro pesquisado foi a altura da parte aérea. O melhor resultado foi constituído pela mistura de composto orgânico (80%) e moinha de carvão.

Maia (1999), testando alguns dos resíduos gerados no processo de produção de celulose e papel (casca de pinus e lodo proveniente das estações de tratamento de efluentes industriais), para a produção de *Pinus taeda*, preparou 14 substratos contendo estes componentes com diferentes proporções de solo. A autora constatou que a presença do solo no substrato é dispensável e que o lodo, devido provavelmente a sua baixa porosidade, não deve ser utilizado isoladamente, apesar da sua relativa fertilidade. A mistura com casca de pinus melhorou os resultados, pois aumentou a porosidade e aeração do substrato.

1.5.3 Resíduos da indústria processadora de tomate

No mundo ocidentalizado o tomate ocupa um lugar proeminente entre as hortaliças cultivadas, no que se refere ao consumo *in natura* e principalmente industrializado. O tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) tem sua origem provavelmente na

Região Andina, parte ocidental da América do Sul, e também América Central (Filgueira, 1982).

A produção do tomate vem se destacando no cenário agroindustrial brasileiro (Vilela et al., 2012). Segundo Filgueira (2003) o cultivo dessa cultura é tão globalizado a ponto de ser chamada de cultura cosmopolita. O tomate é consumido e considerado como legume, sendo a segunda hortaliça em volume de produção e consumo no mundo, bem próximo das batatas que apresentam os maiores registros, se destacando também pela relevância social e a quantidade de mão de obra aplicada (Carvalho, 2003).

Segundo Costa (2000), a produção brasileira de tomate para industrialização, ou tomate rasteiro, começou em Pernambuco, no final do século XVIII. Porém, a cultura experimentou um grande impulso apenas a partir da década de 1950, no Estado de São Paulo, viabilizando a implantação de diversas agroindústrias.

O estado de Goiás é um dos grandes produtores de tomate industrial do país (IBGE, 2013). O fator primordial para que o estado de Goiás tenha se tornado um grande produtor de tomate é a baixa probabilidade de intempéries climáticas como geada e granizo, pois o clima é caracterizado por temperaturas amenas e baixas umidades relativas do ar durante a safra do tomateiro (GOIÁS, 2004)

O forte crescimento da produção e da produtividade da cultura em Goiás está diretamente relacionado à expansão da indústria processadora desse produto no estado. Há uma concentração de agroindústrias de processamento de tomate industrial no Estado, pois encontraram condições ideais para o seu crescimento. Entre estas podem ser elencadas a qualidade e diversidade da matéria-prima, incentivos fiscais, localização estratégica para o escoamento e a proximidade de grandes mercados consumidores, entre outras (Brito & Castro, 2010).

Com o aumento das indústrias processadoras, ocorreu um considerável aumento na quantidade de resíduos sólidos e líquidos produzidos. Isto se constitui em um dos principais problemas ambientais enfrentados pela humanidade, que se agrava principalmente, pela reduzida disponibilidade de áreas aptas para sua disposição final (Lange et al., 2002). Uma alternativa viável para o aproveitamento destes resíduos seria sua aplicação no meio agrícola (Andreoli et al., 1998)

Segundo Laufenberg, et al. (2003), os resíduos podem conter muitas substâncias de alto valor. Se for empregada uma tecnologia adequada, este material pode ser convertido em produtos comerciais ou matérias-primas para processos secundários.

Segundo Gorjon Neto et al. (2012), os principais resíduos gerados no processamento do tomate são os resíduos sólidos e os resíduos líquidos. Dentre os resíduos sólidos destacam-se:

Bagaço: são cascas e sementes trituradas decorrentes do processo de concentração do tomate;

Rama: são pequenos galhos e folhas provenientes do processo de colheita mecanizada, removidos durante a etapa de seleção;

Resíduos de descarte e limpeza: em geral: é o lodo formado no fundo dos tanques (interno e externo) e no transportador hídrico.

Segundo Hojo et al. (2010), em uma visão geral, o processamento do tomate ocorre da seguinte forma: inicialmente ocorre o descarregamento da matéria prima com auxílio da água, que segue através de um canal de escoamento. A matéria prima atravessa uma série de chuveiros que despejam água clorada para limpeza e segue por uma esteira, onde o tomate é separado dos resíduos da lavoura. Seguindo a linha, o tomate é aquecido e triturado, e é bombeado para uma seqüência de peneiras para a separação de cascas e sementes do suco. Este suco, que constitui a base da polpa concentrada, é direcionado ao concentrador, sendo o concentrador o responsável pela elevação do BRIX (sólidos solúveis) e a formação da polpa. A última etapa consiste no cozimento e adição de condimentos para o envase do produto acabado. A análise do processo produtivo identificou os seguintes tipos de resíduos: resíduos de descarte e limpeza (que correspondem a 3% da matéria prima do processo produtivo), resíduos de ramas (constituem aproximadamente 0,5% da matéria prima) e bagaço (compõem cerca de 5% da matéria prima).

As sementes resultantes da industria processadora de tomates representam aproximadamente 10% do volume total da fruta e 60% do total de resíduos e são fontes de proteínas (35%) e lipídios (25%) (Schieber et al., 2001). Os resíduos de tomate possuem uma excelente composição química. De acordo com Del Valle et al. (2007), a fibra é seu maior componente (59,03%), seguido por carboidratos (25,73%), proteínas (19,27%), pectina (7,55%), lipídeos totais (5,85%) e minerais (3,92%). Além disso, os resíduos

obtidos do processamento do tomate podem ser usados para extração de diferentes compostos de alto valor nutricional e econômico, como fibras, proteínas, antioxidantes ou óleos que podem ser usados na indústria de alimentos (Del Valle, 2006). No entanto, segundo Moretti & Machado (2006), a composição dos resíduos do processamento de alimentos é extremamente variada e depende tanto da natureza da matéria prima como da técnica de produção empregada.

1.5.4 Aspectos legais do uso agrícola de resíduos

A disposição de qualquer resíduo na agricultura está diretamente relacionada à necessidade de minimização de efeitos do desenvolvimento da sociedade contemporânea ao longo do tempo, efeitos estes nem sempre benéficos para o meio ambiente, à vida e ao próprio ser humano (Armstrong, 2006). Quando se pretende viabilizar o uso de resíduos, vários aspectos devem ser observados, desde aqueles relacionados à legislação pertinente, como aqueles que serão base para a avaliação e para a tomada de decisão sobre a viabilidade de se realizar a sua reciclagem agrícola do resíduo

A origem do resíduo é um indicativo das características que este poderá apresentar. Portanto, é fundamental conhecer detalhes do processo gerador para que se possa avaliar a melhor opção de disposição. Os resíduos sólidos de agroindústrias são constituídos por aqueles provenientes de algum tipo de processamento de alimentos, fibras ou madeira. Eles incluem os produzidos por usinas sucroalcooleiras, matadouros e indústrias do processamento de carnes (vísceras e carcaça de animais), frutas e hortaliças (bagaço, tortas, refugo e restos), indústria da celulose e papel (resíduos da madeira, lodo do processo de produção e do tratamento de águas residuárias), curtume (aparas de couro e lodo do processo e tratamento de águas residuárias), etc. (Matos, 2005).

Além das leis sobre meio ambiente, mais especificamente sobre o uso agrícola de resíduos, podem-se destacar as regulamentações do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Para que resíduos possam ser adicionados aos solos agrícolas, é necessário que esses gerem algum benefício agrônômico, por exemplo, agindo como condicionador ou fertilizante do solo. O MAPA é o responsável pelas normas sobre

inspeção e fiscalização da produção e comércio de fertilizantes, corretivos e inoculantes (Decreto 4.954, publicado em 14/01/2004, que regulamenta a Lei 6.894, de 16/12/1980). Portanto, para se adicionar um resíduo ao solo agrícola, esse deve ser registrado ou seu uso deve ser autorizado pelo MAPA. Para tal, uma série de parâmetros de qualidade do resíduo relativos à presença de contaminantes e à garantia de benefícios agrônômicos deve ser respeitada (Pires & Mattiazzo, 2008).

Segundo Pires & Mattiazzo (2008), um exemplo interessante refere-se aos fertilizantes orgânicos. Esses são definidos no Decreto 4.954/04 como “produto de natureza fundamentalmente orgânica, obtido por processo físico, químico, físico-químico ou bioquímico, natural ou controlado, a partir de matérias-primas de origem industrial, urbana ou rural, vegetal ou animal, enriquecido ou não de nutrientes minerais”. Na Instrução Normativa SDA nº. 23, de 31/08/2005, os fertilizantes orgânicos são classificados de acordo com suas características, sendo que a Classe C refere-se especificamente aos fertilizantes orgânicos que utilizam qualquer quantidade de matéria-prima oriunda de lixo domiciliar e a Classe D, aos fertilizantes orgânicos que utilizam qualquer quantidade de matéria-prima oriunda do tratamento de despejos sanitários.

Segundo Siqueira (2010), a legislação acerca da produção, utilização, transporte e armazenamento de resíduos sólidos é vasta, compreende Leis, Decretos, Resoluções, Normas e Manuais, que são utilizados nos Estados e Municípios respeitando o fato que as leis municipais e estaduais devem atender as exigências e restrições das Resoluções Federais. Segundo a autora a legislação federal acerca do tema é contemplada pelas Resoluções nº 375/06, nº 313/02, nº 314/02, nº 316/02, nº 06/88, nº 20/86 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA). A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), possui normas que dispõe sobre procedimentos para o manuseio de resíduos sólidos. Essas normas visam padronizar a utilização de resíduos no território nacional, dispõe sobre a classificação quanto à toxidez do resíduo, terminologias e procedimentos quanto à amostragem, transporte, armazenamento e utilização dos mesmos.

O Art 3º, parágrafo 1º, da Resolução Conama 375 de 29 de agosto de 2006, expõe que esta resolução não se aplica a lodo de estação de tratamento de efluentes industriais, mesmo tendo parâmetros determinados para caracterização

do lodo, níveis máximos permitidos de substâncias tóxicas e concentração de organismos patogênicos estipulados para sua devida utilização, além de exigência de adoção de plano de monitoramento (Siqueira, 2010).

Outra Instrução Normativa do MAPA, que define os limites máximos de contaminantes que os fertilizantes orgânicos, incluindo lodo de esgoto, podem apresentar para serem registrados, foi submetida à consulta pública (Portaria N°49, de 25 abril de 2005) e foi publicada em 2006. Dessa maneira, para se obter o registro do lodo de esgoto junto ao MAPA, uma série de regras deverá ser respeitada, tanto em relação às garantias dos benefícios, como teor de nutrientes, como em relação à presença de contaminantes, como teor de metais pesados. A principal diferença entre a Regulamentação CONAMA e as Instruções Normativas do MAPA diz respeito à rastreabilidade. No caso do CONAMA, as áreas em que o lodo de esgoto será aplicado também deverão ser controladas, ou seja, é exigido um monitoramento das mesmas. O gerador do resíduo, no caso as Estações de Tratamento de Esgoto, deverá ser capaz de identificar qual lote de lodo de esgoto foi aplicado em qual área agrícola. Dessa maneira, tem-se um controle maior do uso do resíduo, facilitando, inclusive, a identificação de falhas na aplicação e, ou avaliação da qualidade do lodo de esgoto utilizado (Pires, 2006).

Para serem registrados como fertilizantes orgânicos, esses materiais devem atender a determinadas especificações (garantias) de acordo com sua classificação. Além das garantias, também deve ser observada a Instrução Normativa SDA nº. 27, de 05/06/ 2006, que apresenta limites para contaminantes. Os órgãos ambientais estaduais também devem ser consultados, pois muitos apresentam regulamentação própria quanto à disposição de resíduos na agricultura (Pires & Mattiazzo, 2008).

1.6 REFERÊNCIAS

ABRAF - Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas. **Anuário estatístico da ABRAF**. Florestas Plantadas no Brasil. Brasília, 2011. Disponível em <<http://www.abraflor.org.br/estatisticas/ABRAF11/ABRAF11-BR.pdf>>. Acesso em: 9 Agost. 2012.

ABRAF - Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas. **Anuário estatístico da ABRAF**. Ano base: 2012. Brasília, 2013. 148 p. Disponível em <file:///C:/Users/User/Downloads/anuario-ABRAF-2013.pdf>. Acesso em: 13 Jul. 2015.

ABREU, C. A.; FURLANI, P. R.; QUAGGIO, J. A.; MINAMI, K. **Caracterização, manejo e qualidade de substratos para a produção de plantas**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2002. p. 29-37.

ABREU JUNIOR, C. H.; BOARETTO, A. E.; MURAOKA, T.; KIEHL, J. C. Uso agrícola de resíduos orgânico potencialmente poluentes: propriedades químicas do solo e produção vegetal. **Tópicos Especiais em Ciência do Solo**, Viçosa, v. 4, p. 391-470, 2005.

ALMEIDA, L. S. **Avaliação morfológica de mudas de *Allophylus edulis* (a. st.-hil., a. juss. & cambess.) radl. (vacum) e *Schinus terebinthifolius raddi* (aroeira) produzidas em diferentes substratos**. 2005. 105 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

AMARAL, R. D.; BARROS, N. F.; COSTA, L. M.; FONTES, M. P. F. Efeito de um resíduo da indústria de zinco sobre a química de amostras de solo e plantas de milho. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v. 20, p. 433-440, 1996.

AMARAL, T. L. **Aplicação de Benzilaminopirina (BAP) e de Nitrogênio em *Quesnelia quesneliana* Brongniart cultivada em diferentes substratos**. 2003. 57 p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal), Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, 2003.

ANDRADE, A. B.; COSTA, G. S.; FARIA, S. M. Deposição e decomposição da serapilheira em povoamentos de *Mimosa caesalpinifolia*, *Acacia mangium* e *Acacia holosericea* com quatro anos de idade em Planossolo. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, n. 4, p. 777-785, 2000.

ANDRADE, W. F.; ALMEIDA, M.; GONÇALVES, A. N. Multiplicação in vitro de *Eucalyptus grandis* sob estímulo com benzilaminopurina. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 12, p. 1715-1719, 2006.

ANDREOLI, C. V.; LARA, A. I.; FERREIRA, A. C.; BONNET, B. R. P.; PEGORINI, E. S.; KIA, R. G. Gestão dos Biossólidos Gerados em Estações de Tratamento de Esgoto Doméstico. **Engenharia e Construção**, Curitiba, n. 24, p. 18-22, 1998.

ANSORENA MINER, J. **Substratos – propiedades y caracterizacion**. Madrid: Mundi-Prensa, 1994. 172 p.

ARMSTRONG, D. L. P. **Lodo de esgoto alcalinizado como fonte de nitrogênio no desenvolvimento inicial da cultura do arroz**. 2006. 68 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do solo). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

AZEVEDO, C. P.; LIMA, R. M. B.; NEVES, E. J. M. **Seleção e manejo de espécies florestais para fins energéticos na região de Iranduba**. AM. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 1998. 6 p. (Pesquisa em Andamento, 41).

BACKES, M. A.; KAMPF, A. N. Substratos à base de composto de lixo urbano para a produção de plantas ornamentais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 5. p. 753-758, 1991.

BALIEIRO, F. C.; DIAS, L. E.; FRANCO, A. A.; CAMPELLO, E. F. C.; FARIA, S. M. Acúmulo de nutrientes na parte aérea, na serapilheira acumulada sobre o solo e decomposição de filódios de *Acacia mangium* Willd. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 14, n. 1, p. 59-65, 2004.

BARBOSA, R. I. **Florestamento dos sistemas de vegetação aberta (savanas/cerrados) de Roraima por espécies exóticas**. 2002. Disponível em: <http://agroeco.inpa.gov.br/reinaldo/RIBarbosa_ProdCient_Usu_Visitantes/2002AcaciaTemasDiscussao_CEMAT>. Acesso em: 5 Set. 2014.

BINOTTO, A. F. **Relação entre variáveis de crescimento e o Índice de Qualidade de Dickson em mudas de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maid e *Pinus elliottii* var. *elliottii* – Engelm.** 2007. 53 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal), Universidade Federal de Santa Maria, 2007.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA. Secretaria de Apoio Rural e Cooperativismo. **Instrução Normativa N.º 14, de 15 de dezembro de 2004**. Aprova as Definições e Normas sobre as Especificações e as Garantias, as Tolerâncias, o Registro, a Embalagem e a Rotulagem dos Substratos para Plantas, constantes do anexo desta instrução normativa. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 17 dez. 2004. Seção 1, p. 24.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Instrução Normativa N.º 17, de 21 de maio de 2007**. Aprova os Métodos Analíticos Oficiais para Análise de Substratos e Condicionadores de Solos, na forma do Anexo à presente Instrução Normativa. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 24 maio 2007. Seção 1, p. 8.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Instrução Normativa N.º 31, de 23 de outubro de 2008**. Altera os subitens 3.1.2, 4.1 e 4.1.2, do Anexo à Instrução Normativa SDA n.º 17, de 21 de maio de 2007. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 24 out. 2008. Seção 1, p.20.

BRITO, M. **Manual de Compostagem**. Escola Superior Agrária de Ponte Lima (ESAPL), Portugal, 2006.

- BRITO, L.; CASTRO, S. D. Expansão na produção de tomate industrial no Brasil e em Goiás. *Conjuntura Econômica Goiana, Boletim Trimestral*. Goiânia: Secretaria do Planejamento e Desenvolvimento do Estado de Goiás, 2010. p. 43-52.
- BRONDANI, G. E.; WENDLING, I.; BENEDETTI, E. L.; ROVEDA, L. F.; ORRUTÉA, A. G. Ambiente inicial de enraizamento e substratos na miniestaquia de erva-mate. *Scientia Agraria*, Curitiba, v. 8, n. 3, p. 257-267, 2007.
- BURGE, W. D.; COLLACICCO, D.; CRAMER, W. N. Critério for achieving pathogen destruction during composting. *Journal of Water Pollution Control*, v. 53, nº 12, p. 1683-1689, 1981.
- CALDEIRA, M. V. W.; ROSA, G. N.; FENILLI, T. A. B.; HARBS, R. M. P. Composto orgânico na produção de mudas de aroeira-vermelha. *Scientia Agraria*, Curitiba, v. 9, n. 1, p. 27-33, 2008.
- CARLILE, W. R. The requirements of growing media. *Peat in Horticulture*, v. 2, n. 7, p. 17-23, 1997.
- CARNEIRO, J. G. A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**. Curitiba: UFPR/FUPEF, Campos: UENF, 1995, 451 p.
- CARRIJO, O. A.; LIZ, R. S.; MAKISHIMA, N. Fibra da casca do coco verde como substrato agrícola. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 20, n. 4, p. 533-535, 2002.
- CARVALHO, A. O. **Influência da fonte de nitrogênio sobre o pH da rizosfera e sobre a colonização de plantas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) por *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* (Sacc.) Snyder Hansen**. 2003. 79 p. Tese (Doutorado), Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2003.
- CASTRO, J. Eucalipto: **Desfazendo mitos e preconceitos**. DEF-CEDAF. Painel florestal. Associação Mineira de Silvicultura. 2009. Disponível em <<http://www.painelflorestal.com.br/exibeNews.php?id=4790>>. Acesso em: 3 Agost. 2012.
- CATIE. **Mangium, *Acacia mangium***. Will.: Especie de árbol de uso múltiple em América Central; CATIE, Turrialba, Costa Rica, 1992, 58 p. (Serie Técnica. Informe técnico, n. 196)
- CHAVES, J. H.; REIS, G. G.; REIS, M. G. F.; NEVES, J. C. L.; PEZZOPANE, J. E. M.; POLLI, H. Q. Seleção precoce de clones de eucalipto para ambientes com disponibilidade diferenciada de água no solo: Relações hídricas de plantas em tubetes. *Revista Árvore*, Viçosa, v. 28, n. 3, p. 333-341, 2004.
- CHATURVEDI, A. N.; Potential of *Acacia mangium* plantations in India. *Annals of Forestry*. v. 6, n. 2, p. 245-247, 1998.

- COLONNA, J. P.; THOEN, D.; DUCOUSSO, M.; BADJI, S. Comparative effects of *Glomus etunicatum* and P fertilizer on foliar mineral composition of *Acacia senegal* seedlings inoculate with *Rhizobium*. **Mycorrhiza**, v. 1, p. 35-38, 1991.
- CORDELL, C. E.; FILER JR., T. H. Integrated nursery pest management. **In: Southern Pine Nursery Handbook**: Atlanta, USDA. Forest Service, Southern Region, p.1-17, 1984.
- CORREIA, D.; ROSA, M. F.; NORÕES, E. R. V.; ARAÚJO, F. B. Uso do pó de casca de coco na formulação de substratos para formação de mudas enxertadas de cajueiro anão precoce. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 25, n. 3, p. 557-558, 2003.
- CORTI, C.; CRIPPA, L. Compost use in plant nurseries: hydrological na physicochemical characteristics. **Compost Science/Land Utilization**, Pennsylvania, v. 6, n. 1, p. 35-45, 1998.
- COSTA, C. P. Revista Olericultura Brasileira: Passado, Presente e Futuro. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 18, p. 7-11, 2000.
- COSTA, M. S. S. M.; COSTA, L. A. M.; SESTK, M.; OLIBONE, D.; SESTAK, D.; KAUFMANN, A.V.; ROTTA, S. R. Compostagem de resíduos da indústria de desfibrilação de algodão. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 25, n. 2, p. 540-548, 2005a.
- COSTA, M. C.; ALBUQUERQUE, M. C. F.; ALBRECHT, J. M. F.; COELHO, M. F. B. Substratos para produção de mudas de jenipapo (*Genipa americana* L.). **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 35, n. 1 p. 19-24, 2005b.
- COUTINHO, C. J.; CARVALHO, C. M. O uso de vermiculita na produção de mudas florestais. In: ENCONTRO NACIONAL DE REFLORESTADORES, 7., 1983, Curitiba. **Anais...** Curitiba: s. Ed., 1983. p. 54-63.
- 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.
- CUNHA, A. M.; CUNHA, G. M.; SARMENTO, R. A.; AMARAL, J. F. T. Efeito de diferentes substratos sobre o desenvolvimento de mudas de *Acacia* sp. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 2, p. 207-214, 2006.
- DEBOODT, M.; VERDONCK, O. The physical properties of the substrates in floriculture. **Acta Horticulturae**, Wageningen, v. 26, p. 34-44, 1972.
- DEL VALLE, M.; CÁMARA, M.; TORIJA, M. E. Chemical characterization of tomato pomace. **Journal of the science of Food and Agriculture**, London, v. 86, p. 1232-1236, 2006.

DEL VALLE, M. The nutritional and functional potential of tomato by-products. **Acta Horticulturae**, The Hague, v. 1, p. 165-172, 2007.

DUARTE, R. F.; SAMPAIO, R. A.; BRANDÃO JUNIOR, D. S.; FERNANDES, L. A.; SILVA, H. P. Crescimento inicial de Acácia em condicionador formado de fibra de coco e resíduo agregante. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 11, p. 1176–1185, 2010.

ÉBOLI, I. P. **Reflorestamento: Produção de mudas de eucalipto**. Minas Gerais: EMATER, 1999. 6 p. Disponível em <<http://www.emater.mg.gov.br/doc/intranet/upload/LivrariaVirtual/produ%E7%E3o%20de%20mudas%20de%20eucalipto.pdf>> . Acesso em: 6 Agost. 2013.

FAIN, G. B. TILT, K. M.; GILLIAM, C. H.; PONDER, H. G.; SIBLEY, J. L. Effects of cyclic micro-irrigation and substrate in pot-in-pot production. **Journal of Environmental Horticulture**, v. 4, n. 16, p. 215-218, 1998.

FERMINO, M. H. **Aproveitamento de Resíduos Industriais e Agrícolas como Alternativas de Substratos Horticolas**. 1996. 90 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia), Universidade Federal do Rio Grande do Sul: Porto Alegre, 1996.

FERMINO, M. H. Uso da análise física na avaliação da qualidade de componentes e substratos. In: FURLANI, A.M.C. **Caracterização, manejo e qualidade de substratos para a produção de plantas**. Campinas: Instituto Agrônômico, p.29-37, 2002.

FERMINO, M. H. **Métodos de análise para caracterização de física de substratos**. 2003. 89 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

FERNANDES, F.; PIERRO, A.C.; YAMAMOTO, R. Y. Produção de fertilizante orgânico por compostagem do lodo gerado por estações de tratamento de esgoto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 5, p. 567-574, 1993.

FERRAZ, M. V.; CENTURION, J. F. BEUTLER, A. N. Caracterização física e química de alguns substratos comerciais. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 27, p. 209-214, 2005.

FILGUEIRA, F. A. **Manual de Olericultura: Cultura e Comercialização de Hortaliças**. São Paulo, v. 2, 584 p, 1982.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2003. 412 p.

FONSECA, F. A. **Produção de mudas de *Acacia mangium* Wild. E *Mimosa artemisiana* Heringer & Paula, em diferentes recipientes, utilizando compostos de resíduos urbanos, para a recuperação de áreas degradadas.** 2005. 74 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais), Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2005.

FONTENO, W. C. Growing media: types and physical/chemical properties. In: Reed, D.W. (ed.) **A Growers Guide to Water, Media, and Nutrition for Greenhouse Crops.** Batavia: Ball, 1996. p. 93-122.

FRANCO, A. A. CAMPELLO, E. F.; DIAS, L. E.; FARIA, S. M. Revegetação de áreas de mineração de bauxita em Porto Trombetas-PA com leguminosas arbóreas noduladas e micorrizadas. In: SIMPÓSIO SUL-AMERICANO, 1.; SIMPÓSIO NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 2., SOBRADE, 1994, Foz do Iguaçu. **Anais...** Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 1994. p. 145-153.

GARAY, I.; PELLENS, R.; KINDEL, A.; BARROS, E.; FRANCO, A. Evaluation of soil conditions in fast-growing plantations of *Eucalyptus grandis* and *Acacia mangium* in Brazil: a contribution to the study of sustainable land use. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 27. p. 177-187. 2004.

GARCIA, J. N.; PEREIRA, M. G. **O Eucalipto e a pequena propriedade rural.** Piracicaba: ESALQ, 2010. 59 p.

GENRO, C. J. M. Produção de mudas por via sexuada. In: HOPPE, J. M. (Ed.), **Produção de sementes e mudas florestais.** Santa Maria: PPGEF, 2ª Edição, Universidade Federal de Santa Maria, 2004. 388 p. (Caderno Didático n. 1).

GLÓRIA, N. A. Uso agrônômico de resíduos. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 20., 1992, Piracicaba. **Anais...** Campinas, Fundação Cargill, 1992, p. 195-212.

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

GOMES, J.M.; COUTO, L.; PEREIRA, A. R. Uso de diferentes substratos na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* em tubetes e em bandejas de isopor. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 9, n. 1, p. 58-86, 1985.

GOMES; J. M. **Parâmetros morfológicos na avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*, produzidas em diferentes tamanhos de tubetes e de dosagens de N-P-K.** 2001. 112 p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa, 2001.

GOMES, J. M.; PAIVA, H. N. **Viveiros florestais (propagação sexuada)**. Viçosa: Editora UFV, 2004, 116 p, (Caderno didático, 72).

GOMES, J. M.; SILVA, A. R. Os substratos e sua influência na qualidade de mudas. In: BARBOSA, J. G.; MARTINEZ, H. E. P.; PEDROSA, M. W.; SEDIYAMA, M. A. N. (Eds.), **Nutrição e adubação de plantas cultivadas em substrato**. Viçosa: UFV, 2004. p.190-225.

GOMES, J. M.; PAIVA, H. N. **Viveiros florestais (propagação assexuada)**. 3ª edição, Viçosa: UFV, 2006.

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

GONÇALVES, J. L. M.; SANTARELLI, E. G.; MORAES NETO, S. P.; 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, IPEF, 2000, p. 309-350.

GORJON NETO, A.; HOJO, L. Y. C. P.; RISK, M. C. Sistema de gestão ambiental aplicado em uma indústria de molhos. **Estudos Tecnológicos em Engenharia**, v. 8, n. 1, p. 16-23, 2012.

GRUSZYNSKI, C. **Resíduo agro-industrial "casca de tungue" como componente de substrato para plantas**. 2002. 99 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia – Horticultura), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

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**, Viçosa, v. 28, p. 1069-1076, 2004.

HARTMANN, H. T.; FLOCKER, W. J.; KOFRANEK, A. M. **Plant Science: growth, development and utilization of cultivated plants**. New York: Prentice-Hall, 1981, 637 p.

HARTMANN, H. T.; KESTER, D. E.; DAVIES JR, F. T.; GENEVE, R. **Plant propagation: principles and practices**. 8th. ed. Boston: Prentice-Hall, 2011, 915 p.

HAUG, R. T. **The practical handbook of compost engineering**. Boca Ratón, FL: Lewis Publishers, 1993, 717 p.

HOJO, L. Y. C. P.; GORJON NETO, A.; RIZK, M. C. **Diagnóstico dos resíduos gerados em uma indústria de molhos**. Fórum Ambiental da Alta Paulista. Periódico eletrônico do Fórum Ambiental da Alta Paulista, v. 6, n. 8, 2010.

HOPPE, J. M., GENRO, C. J. M.; VARGAS, C. O.; FLORIANO, E. P.; REIS, E. R.; FORTES, F. O.; MULLER, I.; FARIAS, J. A.; CALEGARI, L.; DACOSTA, L. P. E. **Produção de sementes e mudas florestais**. Santa Maria: PPGEF, 2ª Edição, Universidade Federal de Santa Maria, 2004. 388 p. (Caderno Didático n. 1).

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e estatística). **Levantamento Sistemático da produção Agrícola**. v. 29, n. 6, 2015. Disponível em: <[http://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Levantamento_Sistematico_da_Producao_Agricola_\[mensal\]/Fasciculo/lspa_201506.pdf](http://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Levantamento_Sistematico_da_Producao_Agricola_[mensal]/Fasciculo/lspa_201506.pdf)> Acesso em: 26 Mar. 2016.

IPT (Instituto de pesquisas tecnológicas), **Lixo Municipal: Manual de Gerenciamento Integrado**. 2 ed. São Paulo: IPT/CEMPRE, 2000.

JOKER, D. *Acacia mangium Willd. Seed Leaflet*, Danida Forest Seed Centre, Denmark, n. 3, 2000.

KAMPF, A. N. Seleção de materiais para uso como substrato. In: KAMPF, A. N.; FERMINO, M. H. (ed.). **Substratos para plantas: a base da produção vegetal em recipientes**. Porto Alegre: Genesis, 2000b, p. 209-215.

KAMPF, A. N. SUBSTRATO. IN: KAMPF, A. N. (Coord.) **Produção comercial de plantas ornamentais**. Guaíba: Agropecuária, 2000a, 254 p.

KAMPF, A. N. Análise física de substratos para plantas. **Boletim Informativo – Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, n. 1, p. 5-7, 2001.

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

KIEHL, E. J. **Fertilizantes orgânicos**. Piracicaba: Editora Agronômica Ceres Ltda, 1985, 492 p.

KIEHL, E. J. **Manual de Compostagem: maturação e qualidade do composto**. Piracicaba, 1998, 173 p.

KIEHL, E. J. **Qualidade de composto orgânico e comercialização**. In: SIMPÓSIO SOBRE COMPOSTAGEM: CIÊNCIA E TECNOLOGIA, 1., 2004, Botucatu: Unesp, 2004.

KLEIN, V. A.; CAMARA, R. K.; SIMON, M. A.; DIAS, S. T. Casca de arroz carbonizada como condicionador de substrato. In: FURLANI, A. M. C. (Ed.) **Caracterização, manejo e qualidade de substrato para produção de plantas**. Campinas: Instituto Agronômico, 2002. 95 p. (Documentos IAC, n. 70).

KONDO, M. K.; RESENDE, A.V. Recuperação de pastagens degradadas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 22, n. 210, p. 36-45, 2001.

KRATZ, D. **Substratos renováveis na produção de mudas de *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage e *Mimosa scabrella* Benth.** 2011. 121 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal). Universidade Federal do Paraná, 2011.

LACERDA, M. R. B.; PASSOS, M. A. A.; RODRIGUES, J. J. V.; BARRETO, L. P. Características físicas e químicas de substratos à base de pó de coco e resíduo de sisal para produção de mudas de sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 2, p. 163-170, 2006.

LANGE, L. C.; SIMÕES, G. F.; FANTONI, C.; ALVES, F.; SANTANA, D. W. E. A.; GARCIA, L. N. Estudo comparativo de metodologias para análise físico-químicas de resíduos sólidos urbanos. In: CASTILHOS JUNIOR, A. B.; LANGE, L. C.; GOMES, L. P.; PESSIN, N. (Eds.) **Alternativas de Disposição de Resíduos Sólidos Urbanos para Pequenas Comunidades: Coletânea de trabalhos técnicos.** Rio de Janeiro: RiMa ABES, 2002. 104 p.

LAUFENBERG, G. Transformation of vegetable waste into added products: (A) the upgrading concept; (B) practical implementations. **Bioresource Technology**, v. 87, n. 2, p.167-198, 2003.

LEAL, M. A. A. **Produção e eficiência agrônômica de compostos obtidos com palhada de gramínea e leguminosa para o cultivo de hortaliças orgânicas.** 2006. 133 p. Tese (Doutorado em Agronomia- Ciência do Solo). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropedica, 2006.

LELES, P. S. S.; CARNEIRO, J. G. A.; BARROSO, D. G.; MORGADO, I. F. Qualidade de mudas de *Eucalyptus* spp. produzidas em blocos prensados e em tubetes. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 24, n. 1, p. 13-20, 2000.

LELLES, J. G.; SILVA, F. P.; SILVA, J. C.: Caracterização do carvão vegetal produzido a partir de madeira de *Acacia mangium*. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 20, n. 1, p. 87-92, 1996.

LEMMENS, R. H. M. J.; SOERIANEGARA, I.; WONG, W. C. **Plant Resources of South-East Asia n 5 (2). Timber trees: Minor commercial timbers.** Backhuys Publishers, Leiden. 1995. 655 p.

LIMA, D.; GARCIA, L. C.; Avaliação de métodos para teste de germinação em sementes de *Acacia mangium* Willd.. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.18, n.2, 1996, p.180-185.

MACHADO NETO, N. B.; CUSTÓDIO, C. C.; CARVALHO, P. R.; YAMAMOTO, N. L.; CACCIOLARI, C. Casca de pinus: avaliação da capacidade de retenção de água e da fitotoxiade. **Colloquium Agrariae**, Presidente Prudente, v. 1, n. 1, p. 19-24, 2005.

MACKEY, M. *Acacia mangium: Un árbol importante para llanuras tropicales.* **Hoja Informativa**, FACT 96-01S, Arizona, USA, 1996. 4 p.

- MAIA, C. M. B. F. Uso De Casca De *Pinus* E Lodo Biológico Como Substrato Para Produção De Mudanças De *Pinus Taeda*. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 39, p. 81-92, 1999.
- MALHEIROS, S. M. P. **Avaliação do Processo de Compostagem utilizando resíduos agroindustriais**. 1996. 246 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola), Faculdade de Engenharia Agrícola, Unicamp, Campinas, 1996.
- MALVESTITI, A. L. **Uso das fibras de coco na floricultura**. Curitiba: Sul Flores, 2, 2003. (Palestra).
- MARTÍNEZ, P. F. Manejo de substratos para horticultura. In: FURLANI, A. M. C. (Ed.) **Caracterização, manejo e qualidade de substratos para produção de plantas**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2002. 122 p. (Documentos IAC 70).
- MARTINS FILHO, S. FERREIRA, A.; ANDRADE, B S.; RANGEL, R. M.; SILVA, M. F. Diferentes substratos afetando o desenvolvimento de mudas de palmeiras. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 54, n. 311, p. 80-86, 2007.
- MARTINI, A. J. **O plantador de eucaliptos: a questão da preservação florestal no Brasil e o resgate documental do legado de Edmundo Navarro de Andrade**. 2004. 332 p. Dissertação (Mestrado em História Social), Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo, 2004.
- MARTIN, T. N.; LIMA, L. B.; RODRIGUES, A.; GIRARDI, E.; FABRI, E. G.; MINAMI, K. Utilização da vermiculita, casca de pinus e carvão na produção de mudas de pepino e de pimentão. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 28, n. 1, p. 107-113, 2006.
- MATOS, A. T. **Tratamento de resíduos agroindustriais**. Fundação Estadual do Meio Ambiente. Viçosa, 2005. 34 p.
- MATTIAZZO-PREZOTTO, M. E. Química ambiental e agronomia. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 20., 1992, Piracicaba, **Anais...** Campinas, Fundação Cargill, p.157-178, 1992.
- MEEROW, A. W. Growth of two tropical foliage plants using coir dust as a container medium amendment. **Hort Technology**, Alexandria, n. 5, p. 237-239, 1995.
- MELO, G. W. B.; BORTOLOZZO, A. R.; VARGAS, L. Substratos. In: **Produção de Morangos no Sistema Semi-hidropônico**. Sistemas de Produção, 15. Versão Eletrônica. Ago./2006. Disponível em <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Morango/MorangoSemiHidroponico/substratos.htm>> Acesso em: 8 Set. 2014.
- MELO, W. J.; MARQUES, M. O.; SILVA, F. C.; BOARETO, A. E. Uso de resíduos sólidos urbanos na agricultura e impactos ambientais (Compact disc). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26., 1997, Rio de Janeiro, **Anais...** Rio de Janeiro: Embrapa; SBCS, 1997.

MESQUITA, M. M. F.; PEREIRA NETO, J. T. A compostagem no atual panorama da gestão de resíduos sólidos urbanos. **Ambiente Magazine**, Lisboa, v. 25, p. 21-23, 1992.

MEXAL, J. L.; LANDS, T. D. Target seedling concepts: height and diameter. In: TARGET SEEDLING SYMPOSIUM, MEETING OF THE WESTERN FOREST NURSERY ASSOCIATIONS, GENERAL TECHNICAL REPORT RM- 200, 1990, Roseburg. **Proceedings...** Fort Collins: USDA, Forest Service, 1990. p. 17-35.

MILNER, L. Water and Fertilizers management in substrates. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF CITRUS NURSERYMEN, 6, Ribeirão Preto, 2001. **Proceedings...** Ribeirão Preto: ISCN, p.108-111, 2001.

MINAMI, K. **Produção de mudas de alta qualidade em horticultura**. São Paulo: T.A. Queiroz, 1995. 136 p.

MINAMI, K. Adubação em substrato. In: KAMPF, A. N.; FERMINO, M. H. (Ed.). **Substrato para plantas: base da produção vegetal em recipientes**. Porto Alegre: Genesis, 2000. p. 147-152.

MORETTI, C. M.; MACHADO, C. M. M. Aproveitamento de resíduos sólidos do processamento mínimo de frutas e hortaliças. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS. **Palestras, Resumos, Fluxogramas e Oficinas...** Piracicaba: USP/ESALQ, 2006. p. 25-32.

MORGADO, I. F.; CARNEIRO, J. G. A.; LELES, P. S. S.; BARROSO, D. G. Nova metodologia de produção de mudas de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden utilizando resíduos prensados como substrato. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 24, n. 1, p. 27-35, 2000.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Mangium and other fast-growing acacias for the humid tropics**. National Academy Press, Washington D.C. 1983. 62 p.

NGULUBE, M. R.; Survival and Growth of Seedlings of 14 Australian Dry-Zone Acacias under Nursery Conditions in Zomba, Malawi. **Forest Ecology and Management**, n. 25, 1988, p. 291-297.

NOGUERA, P. ABAD, M.; NOGUERA, V. Coconut coir waste, a new viable ecologically - Friendly peat substitute. **Acta Horticulturae**, Wageningen, v. 517, p, 279-286, 2000.

NOVAES, A. B. **Avaliação morfofisiológica da qualidade de mudas de *Pinus taeda* L., produzidas em raiz nua e em diferentes tipos de recipientes**. 1998. 118 p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1998.

NOVAES, A. B.; CARNEIRO, J. G. A.; BARROSO, D. G.; LELES, P. S. S. Avaliação do potencial de regeneração de raízes de mudas de *Pinus taeda* L., produzidas em diferentes tipos de recipientes, e o seu desempenho no campo. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 26, n. 6, p. 675-681, 2002.

NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTI, R. B.; NEVES, J. C. L. Fertilidade do solo. In: MEURER, E. J. **Fatores que influenciam o crescimento e o desenvolvimento das plantas**. Viçosa- MG: SBCS, 2007. p. 65-90.

OLIVEIRA JÚNIOR, O. A. **Qualidade de mudas de *Eucalyptus urophylla* produzidas em diferentes substratos**. 2009. 68 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista, 2009.

PASQUAL, M.; CHALFUN, N. N. J.; RAMOS, J. D.; VALE, M, R.; SILVA, C. R. R. **Fruticultura Comercial: propagação de plantas frutíferas**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2001. 137 p.

PASTOR, J. N. SAVÉ, R.; MARFÀ, O.; BURÉS, S.; PAGÈS, J. M. Transplant adaptation in landscape of ornamental shrubs in relation with substrate physical properties and container size. **Acta Horticulturae**, n. 481, p. 137-144, 1999.

PELIZER, H. L.; PONTIERI, H. M.; MORAES, O. I. Utilização de resíduos agroindustriais em processos biotecnológicos como perspectiva de redução do impacto ambiental. **Journal of technology management & innovation**, v. 1, n. 2, p. 118-127, 2007.

PEREIRA NETO, J. T. **Manual de compostagem: processo de baixo custo**. Belo Horizonte: UNICEF, 1996. 56 p.

PEIXOTO, R. T. G. Compostagem: Princípios, práticas e perspectivas em sistemas orgânicos de produção In: AQUINO, A. M.; ASSIS, R. L. (Ed.) **Agroecologia princípios e técnicas para uma agricultura orgânica sustentável**. Rio de Janeiro, Embrapa, 2005, p.389- 422.

PEZZUTTI, R. V.; SCHUMACHER, V.; HOPPE, J. M. Crescimento de mudas de *Eucalyptus globulus* em resposta à fertilização NPK. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 9, n. 2, p. 117-125. 1999.

PHIPPS, H. M. Influence of media on growth on survive all of containier – grown seedling. In: NORTH AMERICAM CONTAINERIZER FOREST TREE SEEDLING SYMPOSIUM, Denver, 1974. **Proceedings...** Denver: Great Plains Agricultural Council, 1974. p. 398-400.

PIRES, A. M. M. Uso agrícola do lodo de esgoto: aspectos legais. EMBRAPA MEIO AMBIENTE, Jaguariúna, SP. 2006. 4 p.

PIRES, A. M. M.; MATTIAZZO, M. E. **Avaliação da viabilidade do uso de resíduos na agricultura**. Circular Técnica 19. Jaguariúna, SP. 2008. Disponível em <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPMA/7714/1/circular_19.pdf>. Acesso em: 13 Set. 2015.

PRAGANA, R. B. **Potencial do resíduo da extração da fibra de coco como substrato na produção agrícola**. 1998. 84 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo), Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife. 1998.

REDDELL, P.; WARREN, R. Inoculation of acacias with micorrhizal fungi: potential benefits. In: TURNBULL, J. W. (Ed.). **Australian Acacias in developing countries**. ACIAR Proceedings, n. 16, 1986, p. 50-53.

REIS, M. G. F.; REIS, G. G.; REGAZZI, A. J.; LELES, P. S. S. Crescimento e forma de fuste de mudas de jacarandá-da-bahia (*Dalbergia nigra* Fr. Allem.) sob diferentes níveis de sombreamento e tempo de cobertura. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 15, n. 1, p. 23-34, 1991.

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. 762 p.

ROSA JR., E. J.; DANIEL, O.; VITORINO, A. C. T.; SANTOS FILHO, V. C. Efeito de diferentes substratos sobre o desenvolvimento de mudas de *Eucalyptus grandis* Hill, em tubetes. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 1, n. 2, p. 18-22, 1998.

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. 24 p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Documentos, 52).

ROSSI, L. M. B.; AZEVEDO, C. P.; SOUZA, C. R. *Acacia mangium*. Manaus, AM. EMBRAPA Amazônia Ocidental, 2003, 29 p. (Embrapa Amazônia Ocidental. Documentos, 28).

SANTOS, C. B.; LONGHI, S. J.; HOPPE, J. M.; MOSCOVICH, F. A. Efeito do volume de tubetes e tipos de substratos na qualidade de mudas de *Cryptomeria japonica* (L.F.) D. Don. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 10, n. 2, p. 1-15, 2000.

SANTOS, I. S. **Fungos micorrízicos arbusculares em ambiente de mata atlântica e de Eucaliptos na região de Entre Rios, Bahia**. 2001. 69 p. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal da Bahia, Salvador. 2001.

SCHIAVO, J. A.; MARTINS, M. A. Produção de mudas de acácia colonizadas com micorrizas e rizóbio em diferentes recipientes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 2, p. 173-178, fev. 2003.

SCHIEBER, A.; STINTZING, F. C.; CARLE, R. By-products of plant food processing as a source of functional compounds – recent developments. **Trends in Food Science & Technology**, Cambridge, v. 12, p. 401-413, 2001.

SCHORN, L. A.; FORMENTO, S. Silvicultura. **Produção de Mudas Florestais**, Universidade Regional de Blumenau, Centro de Ciências Tecnológicas, Apostila, Departamento de Engenharia Florestal, 2003. 58 p.

SCHMITZ, J. A. K.; SOUZA, P. V. D.; KAMPF, A. N. Propriedades químicas e físicas desubstratos de origem mineral e orgânica para cultivo de mudas em recipientes. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, n. 6, p. 932-934, 2002.

SHARMA, V. K.; CANDITELLI, M.; FORTUNA, F.; CORNACCHIA, G. Processing of urban and agro-industrial residues by aerobic composting: a review. **Energy Conversion and Management**, Elmsford, v. 38, n. 5, p. 453-478, 1997.

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

SILVA, A. P. P. **Desenvolvimento de mudas de maracujazeiro amarelo em tubetes**. 2006. 84 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade Federal de Uberlândia, 2006.

SILVA, M. E. C. **Compostagem de Lixo em Pequenas Unidades de Tratamento**. Viçosa, CPT, 2000. 82 p.

SIMÕES, J. W. **Métodos de produção de mudas de eucalipto**. 1968. 71p. Tese (Doutorado em Agronomia), Universidade de São Paulo. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 1968.

SIQUEIRA, C. S. **Utilização de resíduos agroindustriais em plantios florestais**. 2010. 70 p. Monografia (Engenharia Florestal), Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2010.

SMIDERLE, O. J.; MOURÃO JUNIOR, M.; SOUSA, R. C. P.; Tratamentos pré germinativos em sementes de Acacia. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 27, n. 1, p. 78-85, 2005.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE SILVICULTURA, 2008. **Silviculture-se**. Disponível em: <<http://www.sbs.org.br/>>. Acesso em: 16 Set. 2012.

SOUZA, F. X. Casca de arroz carbonizada: um substrato para a propagação de plantas. **Revista Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v. 46, n. 406, p 11, 1993.

SOUZA, L. A. B. BONNASSIS, P. A. P.; SILVA FILHO, G. N.; OLIVEIRA, V. L. Novos isolados de fungos ectomicorrízicos e o crescimento de eucalipto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 2, p. 235-241, 2008.

SPURR, S. H.; BARNES, B. V. **Forest ecology**. New York: The Ronald Press, 1973. 571 p.

STRINGHETA, A. C. O. RODRIGUES, L. A.; FONTES, L. E. F.; COSTA, C. A. Caracterização física de substratos contendo composto de lixo urbano e casca de arroz carbonizada como condicionadores. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 21, p. 155-159, 1997.

STURION, J. A. **Métodos de produção e técnicas de manejo que influenciam o padrão de qualidade de mudas florestais**. Curitiba: EMBRAPA, URPFC, 1981. 18 p. (EMBRAPA. URPFC. Documentos, 3).

STURION, J. A.; GRAÇA, L. R.; ANTUNES, J. B. M. **Produção de mudas de espécies de rápido crescimento por pequenos produtores**. Colombo: Embrapa Florestas, 2000. 20 p. (Circular Técnica, 37).

SUGUINO, E. **Influência do substratos no desenvolvimento de mudas de plantas frutíferas**. 2006. 82 p. Tese (Doutorado em Agronomia), Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2006.

TABAJARA, S. M.; COLÔNIA, E. J. Casca de arroz e meio ambiente. **Revista Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v. 39, n. 369, p. 10-12, 1986.

TAVEIRA, J. A. **Fibra de coco: Uma nova alternativa para formação de mudas cítricas**, Agrofit, 2008. Resumo, disponível em <<http://www.agrofit.com.br/portal/citros/52-citros/88-fibra-de-coco-uma-nova-alternativa-para-formacao-de-mudas-citricas->>. Acesso em: 12 Dez. 2013.

TAKANE, R. J.; YANAGISAWA, S. S.; PIVETTA, K. F. L. **Cultivo moderno de orquídeas *Cattleya* e seus híbridos**. Fortaleza, 2010. 179 p.

TONINI, H.; VIEIRA, B. A. H. Desrama, crescimento e predisposição à podridão-do-lenho em *Acacia mangium*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41 n. 7, p. 1077-1082, 2006.

TREVISAN, R.; HASELEIN, C. R.; SANTINI, E. J.; SCHNEIDER, P. R.; MENEZES, L. F. Efeito da intensidade de desbaste nas características dendrométricas e tecnológicas da madeira de *Eucalyptus grandis*. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 17, n. 4, p. 377-387, 2007.

TRIGUEIRO, R. M. **Uso de bio sólidos como substrato para produção de mudas de pinus e eucalipto**. 2002. 94 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, SP. 2002.

TRIGUEIRO, R. M.; GUERRINI, I. A. Uso de bio sólido como substrato para produção de mudas de eucalipto. **Scientia Forestalis**. Piracicaba, v. 64, p. 150 -162, 2003.

TURNBULL, J. W. Seis espécies de acácia para regiões do trópico úmido. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 19, p. 69-73, 1984.

VALVERDE, S. R. As plantações de eucalipto no Brasil. **Revista da Madeira**, ano 18, n. 107, 130 p, 2007.

VALLONE, H. S. GUIMARÃES, R. J.; SOUZA, C. A. S.; CARVALHO, J. A.; FERREIRA, R. S.; OLIVEIRA, S. Substituição do substrato comercial por casca de arroz carbonizada para produção de mudas de cafeeiro em tubetes na presença de polímero hidroredentor. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 28, n. 3, p. 593-599, 2004.

VAVRINA, C. S. ARENAS, M.; CORNELL, J. A.; HANLON, E. A.; HOCHMUTH, G. J. Coiras an alternative to peat in media for tomato transplant production. **Hort Science**, Alexandria, v. 37, n. 2, p. 309-312, 2002.

VERDONCK, O. Barck compost a new accepted growing medium for plants. **Acta Horticulturae**, Wageningen, v. 133, p. 221-227, 1983.

VIEL, M. **Contrôle et valorisation de la thermogénèse au cours de la biodegradation aerobique de déchets agro-industriels et urbaires à teneurs variables en grousses**. 1989. 166 p. Tese (Doutorado), Toulouse: Instituto Nacional Politecnico de Toulouse, 1989.

VILELA, N. J.; MELO, P. C. T.; BOITEUX, L. S.; CLEMENTE, F. M. V. T. Perfil socioeconômico da cadeia agroindustrial no Brasil. **Edição Produção de tomate para processamento industrial**. Brasília: Embrapa, p. 17-22, 2012

VILLAS BÔAS, S.G.; SPOSITO, E. **Bioconversão do bagaço de maçã**. Biotecnologia, ciência e desinvolvimento, 2008. Disponível em: <<http://www.biotecnologia.com.br/revista/bio14/bioconversao.pdf>>. Acesso em: 21 Fev. 2014.

WAHYUDI, I.; OKUYAMA, T.; HADI, Y. S.; YAMAMOTO, H.; Growth stresses and strains in *Acacia mangium*. **Forest Products Journal**, v. 49, n. 2, p. 77-81, 1999.

WALTERS, W. E.; LEWELLYN, W.; NESMITH, J. The chemical, physical and salinity characteristics of twenty seven soil media. **Proceedings of the Florida State Horticultural Society**, v. 83, p. 482-488, 1970.

WENDLING, I.; FERRARI, M. P.; GROSSI, F. **Curso intensivo de viveiros e produção de mudas**. Colombo: Embrapa Florestas, 2002. 48p. (Embrapa Florestas. Documentos, 79).

WENDLING, I.; GATTO, A. **Substratos, adubação e irrigação na produção de mudas**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2002, 145 p. (Coleção Jardinagem e Paisagismo; Série Produção de Mudas Ornamentais, 2).

WENDLING, I.; DUTRA, L. F.; GROSSI, F. **Produção de mudas de espécies lenhosas**. Colombo: Embrapa Florestas, 2006. 1 CD-ROM. (Embrapa Florestas. Documentos, 130).

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

WENDLING, I.; DELGADO, M. E. **Produção de mudas de araucária em tubetes**. Colombo: Embrapa Florestas, 2008. 8 p. (Embrapa Florestas. Comunicado técnico, 201).

WRAP-WASTES AND RESOURCES ACTION PROGRAMME. **To support the development of standards for compost by investigating the bem**

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

2 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DE SUBSTRATOS DE RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS PARA PRODUÇÃO DE MUDAS DE *Eucalyptus grandis* e *Acacia mangium*

RESUMO

A produção de mudas é uma etapa muito importante do sistema produtivo de essências florestais, sendo limitada em alguns casos pelo custo e qualidade dos substratos adequados para este fim. O uso de resíduos agroindustriais, de forma isolada ou em mistura, pode ajudar a reduzir este problema. A caracterização física de substratos para plantas no Brasil ainda é incipiente, embora, apenas com a definição adequada de métodos confiáveis seja possível padronizar insumos e fornecer as recomendações necessárias aos produtores. Diante desse cenário, o presente estudo teve como objetivo caracterizar as propriedades físicas de substratos produzidos a partir de fibra de coco e resíduos da agroindústria. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com oito tratamentos e três repetições. Foram realizadas as seguintes análises físicas: densidade de volume, densidade de partícula, porosidade total, espaço de aeração, água facilmente disponível, água tamponante, água disponível, água remanescente a 100 cm e capacidade de retenção de água. As fontes de materiais orgânicos utilizados para a composição dos substratos foram substrato comercial, fibra de coco e lodo compostado (resíduo proveniente da indústria de processamento de tomate). Os tratamentos foram: substrato comercial; substrato comercial + 10% de lodo; substrato comercial + 20% de lodo; substrato comercial + 40% de lodo; fibra de coco; fibra de coco + 10% de lodo; fibra de coco + 20% de lodo e fibra de coco + 40% de lodo. Os materiais e formulações testadas permitem concluir que os tratamentos apresentaram uma grande variabilidade para as características físicas. Há vantagem em realizar misturas para obtenção de um substrato mais eficiente quanto a estas propriedades. Como condicionador nas misturas, o lodo compostado promoveu o aumento da densidade, redução da porosidade e o aumento da capacidade de retenção de água. A utilização de resíduos orgânicos na composição de substratos para produção de mudas de essências florestais pode ser uma opção econômica que pode reduzir os custos de produção, representando uma alternativa para a reciclagem e emprego de subprodutos da agroindústria.

Palavras-chave: produção de mudas, essências florestais, fibra de coco, lodo.

ABSTRACT

PHYSICAL CHARACTERISTICS OF AGROINDUSTRIAL WASTE SUBSTRATES FOR *Eucalyptus grandis* AND *Acacia mangium* SEEDLINGS PRODUCTION

The production of seedlings is a very important stage of the forest species production system, being limited in some cases by the cost and quality of substrates suitable for this goal. The use of agroindustrial waste, isolated or in combination, can help to reduce this problem. Physical characterization of substrates for plants in Brazil is still incipient, although only with the proper definition of reliable methods you can standardize inputs and provide the necessary recommendations to producers. In this scenario, this study aimed to characterize the physical properties of substrates produced from coconut waste and agribusiness fiber. The experimental design was completely randomized with eight treatments and three replications. The following physical tests were performed: volume density, particle density, porosity, air space, readily available water, buffering water, available water, the remaining water in 100 cm and water retention capacity. The sources of organic materials used for the composition of the substrates were commercial substrate, coconut fiber and composted sludge (waste from the tomato processing industry). The treatments were: commercial substrate; commercial substrate + 10% sludge; commercial substrate + 20% sludge; commercial substrate + 40% sludge; coconut fiber; Coconut fiber + 10% sludge; coconut fiber plus 20% sludge and coconut fiber plus 40% sludge. The tested materials and formulations allowed to conclude that the treatments showed a great variability in the physical characteristics. It is useful to make mixtures to obtain a more efficient substrate on these properties. As a conditioner in the mixes, the composted sludge promoted increased density, reduced porosity and increased water retention capacity. The use of organic residues in substrate composition for the production of forest species seedlings can be an economic option that can reduce production costs, representing an alternative to recycling and use of agroindustrial by-products.

Key words: seedling production, forest trees, coconut fiber, sludge.

2.1 INTRODUÇÃO

Substrato é definido como o meio em que se desenvolvem as raízes das plantas cultivadas na ausência de solo (Kampf, 2000a), que deve servir para fixá-las, suprir suas necessidades de ar, água e nutrientes (Salvador, 2000).

Segundo Abreu et al. (2002), substrato para plantas é todo material poroso, usado puro ou em mistura, que, colocado em um recipiente, proporciona ancoragem e suficientes níveis de água e nutrientes para um ótimo desenvolvimento das plantas. Esses

materiais são formados por diferentes matérias-primas e classificados de acordo com o material de origem.

A formação de mudas florestais de boa qualidade envolve os processos de germinação de sementes, iniciação radicular e formação do sistema radicular e parte aérea, que estão diretamente relacionados com características que definem o nível de eficiência dos substratos, tais como: aeração, drenagem, retenção de água e disponibilidade balanceada de nutrientes. Por sua vez, as características dos substratos são altamente correlacionadas entre si: a macroporosidade com aeração e drenagem, e a microporosidade com a retenção de água e nutrientes (Caldeira et al., 2000).

Inúmeros substratos em sua constituição original ou combinada são usados atualmente para propagação de espécies florestais via sementes ou vegetativamente. Na escolha de um substrato, devem-se observar, principalmente, suas características físicas e químicas, a espécie a ser plantada, além dos aspectos econômicos, quais sejam: baixo custo e grande disponibilidade (Fonseca, 2001).

Um material pode ser caracterizado mediante uma gama de propriedades, sejam elas físicas, químicas ou biológicas. Na escolha do substrato como um meio de crescimento de mudas, devem ser consideradas algumas características físicas e químicas relacionadas à espécie a ser cultivada, além de aspectos econômicos. Tais características são: homogeneidade, baixa densidade, alta porosidade, boa capacidade de retenção de água, alta capacidade de troca catiônica, boa agregação das partículas nas raízes, nutrientes em quantidades suficientes para o bom desenvolvimento das mudas, isenção de pragas, agentes fitopatogênicos e sementes indesejáveis, apresentação de fácil manipulação a qualquer tempo, abundância e baixo custo por unidade (Minami, 1995; Gomes & Silva, 2004).

Segundo Kampf (2008), as características físicas indispensáveis para a caracterização fundamental do material podem ser resumidas em: densidade volumétrica, porosidade e capacidade de retenção de água. A partir dessas propriedades é possível indicar a qualidade e sugerir usos e limitações dos substratos. Quanto mais alta a densidade, mais difícil fica o cultivo no recipiente, quer por limitações no crescimento ou pelo custo do transporte dos vasos ou bandejas (Kampf, 2000a).

Difícilmente se encontra um material com todas as características para atender às condições para o ótimo crescimento e desenvolvimento das plantas (Souza et al., 1995).

Nesse sentido, o substrato poderá ser formado de solo mineral ou pode ser orgânico, de um ou de diversos materiais ou misturas, como a casca de arroz (*in natura*, carbonizada ou queimada), polietileno expandido (isopor), espuma fenólica, areia, produtos da madeira, como serragem e maravalha, compostos de lixo domiciliar urbano, compostos de restos de poda, vermicomposto, fibra de coco semidecomposta e lâ-de-rocha (Burger et al., 1997; Puchalski, 1999; Schie, 1999).

No mundo todo, a indústria de substratos para plantas busca materiais mais bem elaborados e que atendam às necessidades das plantas e dos produtores. Resíduos da agroindústria, como o pó de coco e os materiais orgânicos decompostos, aparecem como alternativas promissoras para as misturas (Kampf, 2000a). Segundo Knapik (2005), o esfriamento industrial da casca do coco para a produção de substrato para plantas constitui uma solução bastante interessante, pois sua estrutura final granular intercalada por fibrilas caracteriza um substrato com alta porosidade e boa capacidade de retenção de água.

De acordo com Cresswell (1992), a fibra de coco é recomendada como um componente de substrato para produção em recipiente em função de sua qualidade. O autor ainda comenta que a fibra apresenta alta capacidade de retenção de água, sendo igual ou superior à turfa; excelente drenagem, ausência de plantas daninhas ou patógenos e maior resistência física que a turfa. Carrijo et al. (2002) também afirmam que a utilização da casca de coco verde é altamente viável, por suas fibras serem quase inertes e terem alta porosidade, além de serem abundantes e de baixo custo.

Entre os diversos resíduos de origem industriais utilizados na composição de um substrato, destaca-se o lodo de esgoto, já que é considerado por muitos autores como fonte de matéria orgânica, sendo responsável pela retenção de umidade e fornecimento de nutrientes (Nóbrega et al., 2007; Guerrini & Trigueiro, 2004).

O objetivo deste estudo foi caracterizar as propriedades físicas de substratos produzidos a partir de resíduos da agroindústria, com diferentes doses de lodo compostado. Foram avaliadas as seguintes características: densidade de volume, densidade de partícula, porosidade total, espaço de aeração, água facilmente disponível, água tamponante, água disponível, capacidade de retenção de água e água remanescente a 100 cm.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

2.2.1 Preparo dos substratos e tratamentos

As fontes de materiais orgânicos utilizados para a composição dos substratos foram substrato comercial (constituído por 40% de casca de pinus, 20% de fibra e pó de coco, 30% de cinza de bagaço de cana e 10% de vermiculita), fibra de coco e lodo compostado. Os componentes foram misturados manualmente de acordo com os tratamentos determinados (volume/volume).

Para compor os tratamentos foi utilizado: substrato comercial (T1); substrato comercial + 10% de lodo (T2); substrato comercial + 20% de lodo (T3); substrato comercial + 40% de lodo (T4); fibra de coco (T5); fibra de coco + 10% de lodo (T6); fibra de coco + 20% de lodo (T7) e fibra de coco + 40% de lodo (T8).

Para a realização das análises encaminhou-se para o laboratório uma amostra de 2 litros de cada tratamento, sem adubação de base.

A caracterização física dos substratos foi realizada no laboratório de análises de solos, foliar e de substratos, da Escola de Agronomia, da Universidade Federal de Goiás (UFG).

2.2.2 Caracterização do lodo compostado

O lodo utilizado no experimento, cuja análise é apresentada na Tabela 2.1 é um resíduo proveniente de estação de tratamento de efluentes de agroindústria de processamento de tomate (resíduo de peneira, cinza de caldeira e ramas de tomate), e é chamado de lodo compostado. Foi fornecido pela Empresa IFB Biotecnologia, localizada no Parque Santa Maria, Goiânia, GO.

Ao chegar ao pátio de compostagem, foi utilizado a compostadeira sobre o lodo. Após esse processo, foi adicionado microorganismos decompositores, que promovem a aceleração da compostagem. A compostadeira foi utilizada novamente e então se formou uma leira de formato piramidal, com dimensões de 1,80 m de altura x 2,5 m de largura.

Tabela 2.1. Análise química do lodo compostado e limites máximos de contaminantes admitidos em substratos para plantas e condicionadores de solo (BRASIL, 2006)

Parâmetros	Unidades	Resultados analíticos*	IN SDA N. 27 05/06/2006**
Nitrogênio	g kg ⁻¹	20,0	-
Fósforo	g kg ⁻¹	12,0	-
Potássio	g kg ⁻¹	4,5	-
Cálcio	g kg ⁻¹	0,6	-
Magnésio	g kg ⁻¹	1,0	-
Enxofre	g kg ⁻¹	2,6	-
Cobre	mg kg ⁻¹	980,0	-
Ferro	mg kg ⁻¹	64.700,0	-
Manganês	mg kg ⁻¹	300,0	-
Zinco	mg kg ⁻¹	110,0	-
Molibdênio	mg kg ⁻¹	20,0	-
Cobalto	mg kg ⁻¹	30,0	-
Boro	mg kg ⁻¹	150,0	-
Matéria orgânica	g kg ⁻¹	140,0	-
Umidade	g kg ⁻¹	640,0	-
Relação C/N	-	11,3	-
pH	-	5,73	-
Chumbo	ppm	0,02	300,00
Cádmio	ppm	0,40	8,00
Cromo	ppm	7,5	500,00
Níquel	ppm	0,8	175,00
Carbono orgânico	%	17,1	-
Matéria seca	%	38,8	-
Alumínio	%	0,85	-
<i>Pythium</i> sp	-	ausente	ausente
<i>Phytophthora</i> sp.	-	ausente	ausente

* Resultados fornecidos pela IFB Biotecnologia; ** Limites máximos de concentração estabelecidos pela Instrução Normativa n. 27/2006.

Após a montagem da leira no pátio de compostagem estabeleceu-se um esquema de monitoramento. A aeração da leira foi realizada a partir do revolvimento da

massa de resíduo com a compostadeira. A aeração das leiras ocorreram uma vez por semana. A medição de temperatura e umidade era realizada periodicamente.

Ao final do processo de compostagem, que durou cerca de trinta dias, foram coletadas amostras para realização de análises. O processo de amostragem consistiu na retirada de amostras simples de resíduos alocados em dez pontos distintos da leira, em diferentes profundidades, perfazendo uma massa média de 2 kg por amostra composta.

Como pôde ser observado na Tabela 2.1, os níveis de metais pesados ficaram bem abaixo dos teores estabelecidos nas legislações citadas. Observa-se que o lodo possui aptidão para uso em substratos de plantas e condicionadores de solo, segundo Instrução Normativa SDA N. 27 de 05/06/2006 (Brasil, 2006).

O valor de relação C/N observado para o lodo compostado, estão um pouco abaixo daqueles citados, por Hartmann et al. (1997), como recomendáveis (relação C/N em torno de 20). No entanto, valores altos de relação C/N, acima de vinte ou mais, podem causar excessiva redução de volume e imobilização de nitrogênio, durante a sua utilização, o que pode inviabilizar o uso de materiais com essas características.

A análise deste resíduo demonstrou a presença de vários nutrientes que poderão ser liberados para as plantas após mineralização e solubilização, reduzindo o uso de fertilizantes. O lodo compostado também tem potencial para ser utilizado como fonte de matéria orgânica.

2.2.3 Parâmetros avaliados

A caracterização física dos substratos foi realizada conforme metodologia que é parte da Instrução Normativa nº 14, de dezembro de 2004 e Instrução Normativa nº 17, de maio de 2007, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Brasil, 2007) e Fermino (2003).

2.2.3.1 Densidade de volume (DV)

Esse método consiste em preencher uma proveta plástica transparente e graduada de 500 mL, com aproximadamente 300 mL de substrato, com umidade próxima a 50% (quando a amostra ao ser comprimida entre os dedos mantém-se aglutinada, sem formar torrão). Após, esta proveta é deixada cair, sob a ação do seu próprio peso, de uma

altura de 10 cm por 10 (dez) vezes consecutivas. Com auxílio de uma espátula nivela-se a superfície levemente, e lê-se o volume obtido (mL). Em seguida pesa-se o material úmido (g).

Os valores da densidade seca, foram obtidos aplicando-se a seguinte fórmula:

$$\text{Densidade Seca (g L}^{-1}\text{)} = \text{Densidade úmida (g L}^{-1}\text{)} \times \text{Matéria Seca (\%)}$$

2.2.3.2 Densidade de partícula (DP)

Para determinação da densidade de partícula pesa-se um becker de 100 mL (P1); coloca-se nele cerca de 25 cm³ da amostra seca a 65°C e pesa (P2). Após a pesagem, adiciona 50 mL de água quente (~100°C) e mistura retirando o ar (+/- 2 minutos) e, em seguida, resfria a suspensão.

Pesa-se um balão volumétrico de 250 mL (P3) e coloca nele a suspensão resfriada, usando um funil na transferência da suspensão. Deve-se tomar cuidado para não perder partículas da amostra. Após esse procedimento completa-se o volume do balão com água e faz uma nova pesagem (P4);.

Calcula - se:

$$\text{Massa da amostra seca: } P2 - P1 = a$$

$$\text{Massa da suspensão: } P4 - P3 = b$$

$$\text{Massa (volume) da água no balão: } b - a = c \text{ (em g = cm}^3\text{)}$$

$$\text{Volume da amostra: } 250 \text{ (volume do balão)} - c = d$$

$$\text{Densidade de partícula: } a/d, \text{ expressa em g mL}^{-1}$$

2.2.3.3 Curva de retenção de água

A determinação da porosidade total (PT), espaço de aeração (EA), água facilmente disponível (AFD), água tamponante (AT), água disponível (AD) e capacidade de retenção de água (CRA) é realizada por meio de curvas de retenção de água nas tensões de 0, 10, 50, e 100 cm de altura de coluna de água, correspondendo às pressões de 0, 10, 50 e 100 hPa (0; 0,1; 0,5 e 1,0 kPa).

Para condução da mesa de tensão, veda-se o fundo de anéis metálicos, de 94,6 mL de capacidade, com tecido de nylon (voile) preso por um atilho de borracha. Em seguida, numera e pesa cada anel anotando as massas.

Após esse procedimento preenche os anéis com os substratos (a quantidade é calculada por meio da densidade úmida, para garantir a uniformidade de volume). Os anéis são colocados em bandejas plásticas, com água até metade de sua altura, para saturação, por 24 horas. Em caso de fibras ou materiais muito hidrofóbicos usa água morna e, ou algumas gotas de detergente na água, geralmente, sendo necessário mais de 24 horas para saturação.

Depois do período de saturação, retira os anéis da água e pesa. O volume de água contida na amostra neste momento corresponde ao ponto zero de tensão (hPa), correspondendo à porosidade total (PT).

Após, transfere os anéis para a mesa de tensão previamente ajustada para tensão de 10 cm de coluna de água e deixa os anéis na mesa até atingir equilíbrio. Em seguida pesa os anéis e a diferença de massa do ponto zero para essa pesagem é o espaço de aeração (EA).

Retorna os anéis para a mesa ajustada para tensão de 50 cm (50 hPa) até atingir o equilíbrio. Em seguida, pesa os anéis e a diferença de massa do ponto 10 hPa para essa pesagem é a água facilmente disponível (AFD).

Em seguida, retorna os anéis a mesa ajustada para tensão de 100 cm (100hPa) e aguarda o equilíbrio. Depois, os anéis são pesados e a diferença de massa do ponto 50 hPa para essa pesagem é a água tamponante (AT).

Logo após esse procedimento, os anéis são colocados em estufa a 65°C até peso constante (ou 48 horas). Em seguida os anéis são pesados e a diferença de massa do ponto 100 hPa para essa pesagem é a água remanescente (AR).

De posse desses dados foram obtidos as seguintes variáveis:

- a) Porosidade total (PT): corresponde a umidade volumétrica presente nas amostras saturadas (0 hPa);
- b) Espaço de aeração (EA): é representado pela diferença obtida entre a porosidade total e a umidade volumétrica na tensão de 10 cm de coluna d'água (10 hPa);

c) Água facilmente disponível (AFD): é o volume de água encontrado entre os pontos 10 e 50 cm de coluna d'água (10 e 50 hPa);

d) Água tamponante (AT): é a água volumétrica liberada entre 50 e 100 cm de coluna d'água (50 e 100 hPa);

e) Água disponível (AD): é o volume de água liberado entre 10 e 100 cm de tensão (10 e 100 hPa);

f) Água remanescente a 100 cm (AR 100): volume de água que permanece na amostra após ser submetida à pressão de sucção de 100 hPa.;

g) Capacidade de retenção de água (CRA): é a quantidade de água retida por um substrato após ser submetido a tensão de 10 cm de coluna (10 hPa).

2.2.4 Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com oito tratamentos e três repetições. Ao final do experimento, todos os dados foram agrupados e tabulados em planilhas e posteriormente as médias foram comparadas estatisticamente utilizando software estatístico SISVAR. Constatando-se efeito significativo entre os tratamentos, foi utilizado o teste Tukey a 5% de probabilidade, para comparação das médias das variáveis analisadas.

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.3.1 Densidade de volume (DV)

Para Martínez (2002), a densidade indica o peso do substrato, fator considerado importante para o transporte, manipulação dentro do viveiro e ainda na estabilidade das plantas. Substratos muito leves não apresentam um bom suporte para as plantas, assim como substratos muito densos podem prejudicar o crescimento radicial das mudas.

Para a densidade, ocorreu diferença estatística significativa nos materiais avaliados, que se situaram entre 108 g L⁻¹ a 430 g L⁻¹. Segundo a recomendação de Gonçalves & Poggiani (1996), dos substratos analisados, nenhum ultrapassou o limite

máximo de densidade ($> 500 \text{ kg m}^{-3}$), porém o tratamento T1 (SC), T5 (FC) e T6 (FC + 10% de lodo) apresentou densidade abaixo da recomendada por esses autores ($< 250 \text{ kg m}^{-3}$). No entanto, segundo Schmitz et al. (2002), as baixas densidades permitem a utilização desses materiais como condicionadores, em misturas com outros materiais de alta densidade. O T1 (SC) têm justificada a característica de baixa densidade devido ao uso da casca de *Pinus* e da vermiculita como componentes (Figura 2.1).

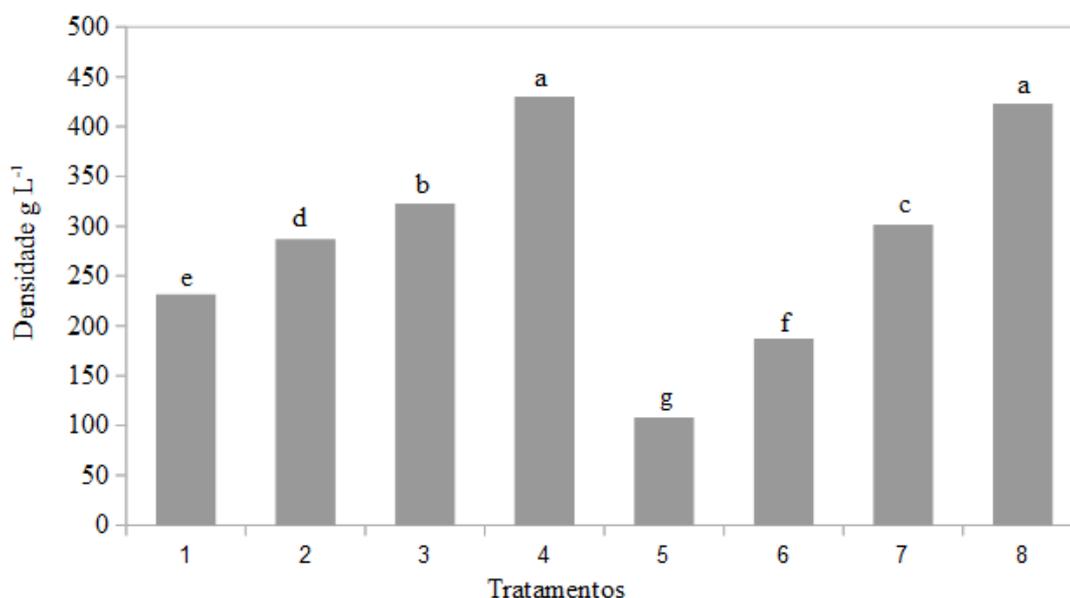


Figura 2.1. Densidade dos substratos de resíduos agroindustriais para produção de mudas de *Eucalyptus grandis* e *Acacia mangium*. Médias seguidas da mesma letra, entre os tratamentos, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Segundo Fermino (2002), a densidade do substrato pode variar de 100 kg m^{-3} a 800 kg m^{-3} . Os valores de densidade dos substratos do referente trabalho, se encontram no intervalo recomendado por esses autores. Campanharo et al. (2006), encontrou um resultado inferior para fibra de coco, de 80 kg m^{-3} .

Rodrigues et al. (1995), em estudo com um composto de pó de coco e vermiculita, encontraram densidades de 320 g L^{-1} e 290 g L^{-1} , respectivamente. No entanto, Tillmann et al. (1994), encontraram densidade de 120 g L^{-1} para a vermiculita.

Ferraz et al. (2005), avaliaram substratos comerciais comercializados no país e encontraram valores de densidade de 180 g L^{-1} a 320 g L^{-1} . A baixa densidade da fibra de

coco é uma característica importante quando se deseja aumentar a porosidade total do substrato, de modo a permitir maior drenagem da água de irrigação ou, ainda, proporcionar uma melhor aeração do sistema radicial da muda, podendo reduzir os custos de produção, principalmente quando combinado com substratos comerciais (Klein et al., 2002).

Segundo Abad et al. (1993), um substrato ideal deve apresentar densidade seca inferior a 400 kg m^{-3} . Os substratos analisados T4 (SC + 40% lodo) e T8 (FC + 40% lodo), apresentaram valores de densidade superiores ao valor considerado ideais por esses autores. Observa-se que a densidade dos substratos aumentou na medida em que se acrescentou maiores proporções de lodo compostado aos componentes fibra de coco e substrato comercial (Figura 2.1), como observado também por Stringheta et al. (1997), em estudos usando como substrato, composto de lixo urbano em mistura com casca de arroz carbonizada.

Esta característica de materiais com altos valores de matéria orgânica, como o lodo, também foi observada por Moraes Neto et al. (2001), trabalhando com substratos à base de húmus de minhoca e casca de arroz carbonizada. Segundo De Boodt & Verdonck (1972), quanto maior a densidade, maior a compactação, menor estrutura e menor porosidade total, sendo maiores as restrições para o crescimento e desenvolvimento das plantas.

Para Grolli (1991), o valor de densidade considerado satisfatório para propagação de plantas varia de 170 g L^{-1} a 1000 g L^{-1} . Como pode ser observado na Figura 2.1, o valor de densidade de todos os tratamentos, exceto o T5 (FC), ficaram dentro da faixa considerada satisfatória por esse autor. Valores de densidade encontrados por Almeida (2005) para substratos à base de casca de pinus e vermiculita, casca de arroz carbonizada, fibra de coco e vermicomposto variaram de 210 g L^{-1} a 370 g L^{-1} .

Em relação à produção de mudas, substratos com densidade elevada, ainda influenciam de forma negativa por elevar os custos de transporte do local de produção aos locais onde as mudas serão utilizadas (Kampf, 2000a). Em contrapartida, substratos de baixa densidade podem ocasionar problemas de fixação das plantas e tombamento no cultivo, principalmente em espécies arbóreas e de rápido crescimento, demonstrando a necessidade de se manter uma faixa satisfatória do valor de densidade dos substratos (Schmitz et al., 2002).

Quanto mais alta a densidade, mais difícil é o cultivo em recipiente, pela limitação no crescimento das plantas (Kampf, 2000a), pela dificuldade de penetração e

desenvolvimento das raízes e pela redução no volume de poros. Entretanto, quanto mais baixa a densidade do substrato, mais difícil é o uso em recipientes grandes, devido a maior facilidade de tombamento.

Para Kampf (2000b), os valores de densidade seca considerados aceitável para cultivo em vasos de até 15 cm de altura, encontram-se na faixa de 200 kg m^{-3} a 400 kg m^{-3} . Como pode ser observado na Figura 2.1, os tratamentos T1 (SC), T2 (SC + 10% lodo), T3 (SC + 20% lodo) e T7 (FC + 20% lodo), ficaram dentro da faixa considerada satisfatória.

2.3.2 Densidade de partícula (DP)

A densidade de partículas dos materiais orgânicos variam de $0,13 \text{ g mL}^{-1}$ a $1,42 \text{ g mL}^{-1}$ (De Boodt & Verdonck, 1972). Dos substratos estudados, o material orgânico com maior densidade de partícula foi o T8 (FC + 40% lodo), com DP de $2,00 \text{ g mL}^{-1}$, diferindo estatisticamente dos outros tratamentos com valores de DP de $1,00 \text{ g mL}^{-1}$ (Figura 2.2). Resultados encontrados por Campanharo et al. (2006) foram superiores aos encontrados nesse trabalho com densidade de partículas de $1,62 \text{ g mL}^{-1}$ a $2,40 \text{ g mL}^{-1}$ para substratos comerciais.

Estudando um composto de pó de coco e vermiculita, Rodrigues et al. (1995), encontraram valores de densidade de partícula de $2,14 \text{ g mL}^{-1}$ e $2,86 \text{ g mL}^{-1}$ respectivamente. Santos (2002) encontrou um valor de densidade de partícula inferior para o substrato pó de coco, de $1,36 \text{ kg dm}^{-3}$. Farias et al. (2012), em estudo de caracterização física de substratos alternativos, encontraram valores de densidade de partícula de $0,13 \text{ g mL}^{-1}$ para fibra de coco, resultado inferior ao observado neste trabalho.

De acordo com Fermino (2003), como referência para substratos, considera-se que partículas minerais apresentam densidade de partícula de $2,65 \text{ g cm}^{-3}$ e de $1,45 \text{ g cm}^{-3}$ para materiais orgânicos. Observa-se que apenas o T8 (FC + 40% lodo), apresentou densidade de partícula superior ao observado pela autora como referência (Figura 2.2).

Lacerda et al. (2006), com o objetivo de analisar as características físicas ocorridas em substratos com diferentes concentrações de pó de coco e resíduo de sisal no crescimento de mudas de sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth), encontraram valores de densidade de partícula de $1,47 \text{ kg dm}^{-3}$ para o pó de coco e $1,65 \text{ kg dm}^{-3}$ para o resíduo de sisal.

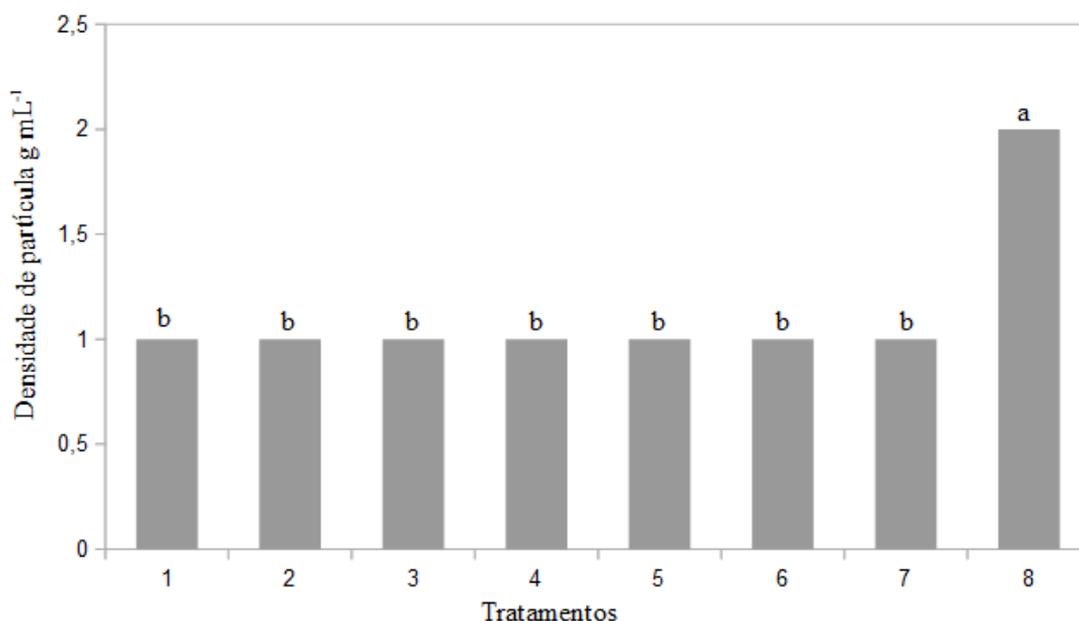


Figura 2.2. Densidade de partícula (DP) dos substratos de resíduos agroindustriais para produção de mudas de *Eucalyptus grandis* e *Acacia mangium*. Médias seguidas da mesma letra, entre os tratamentos, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

2.3.3 Porosidade total (PT)

A porosidade de um meio de cultivo é a porcentagem de seu volume que não se encontra ocupada pela fase sólida, ou seja, corresponde ao quociente entre o volume de poros e o volume total que o meio ocupa no recipiente. Esta informação corrobora os resultados obtidos por Gonçalves & Poggiani (1996), os quais observaram que, normalmente, substratos mais leves, de baixa densidade, como materiais incinerados e vermiculita, elevavam a macroporosidade das misturas e reduziam a capacidade de retenção de água do substrato.

A porosidade total apresentou variação entre os substratos estudados, sendo que o valor de T5 (FC) foi estatisticamente superior aos demais, com PT de 83,33% (Figura 2.3). Considerando que os valores ideais para esta propriedade estão entre 60% e 75%, segundo Prasad (1997), observa-se que T2 (SC + 10% lodo), T3 (SC + 20% lodo), T4 (SC + 40% lodo), T7 (FC + 20% lodo) e T8 (FC + 40% lodo), apresentando PT de 75%, 72%,

67%, 74% e 67,33%, respectivamente, estão dentro da faixa considerada ideal e o T6 (FC + 10% lodo), que apresentou valor de 82% de PT, está próximo a ela.

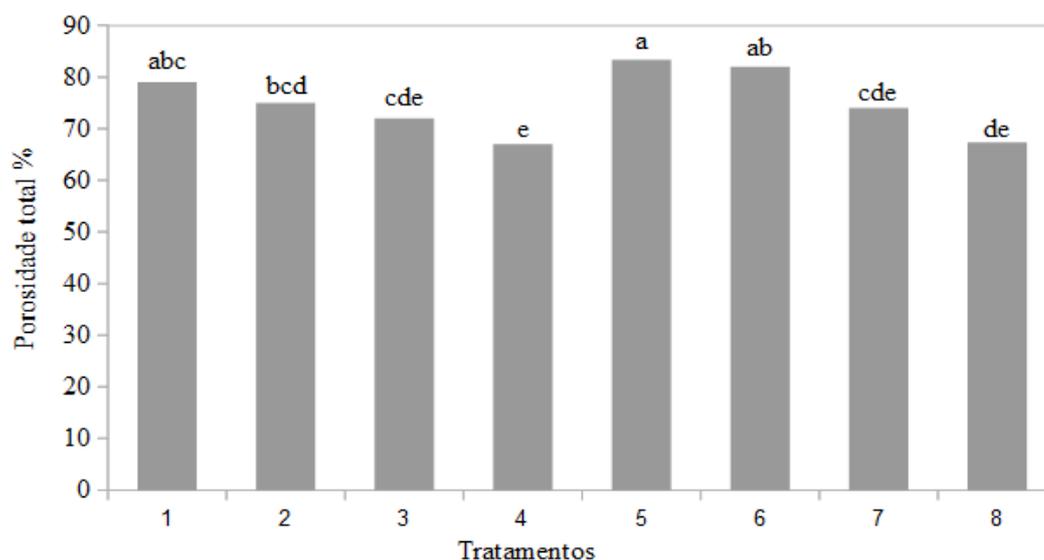


Figura 2.3. Porosidade total (PT) dos substratos de resíduos agroindustriais para produção de mudas de *Eucalyptus grandis* e *Acacia mangium*. Médias seguidas da mesma letra, entre os tratamentos, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Conforme os valores indicados como adequados para porosidade total dos substratos por Gonçalves & Poggiani (1996), a maioria dos substratos são considerados adequados, estando estes na faixa de 75% a 85 % (Figura 2.3). Essa característica segundo, Kampf (2005) é de fundamental importância para o crescimento das plantas, visto que a alta concentração de raízes formadas nos recipientes exigem elevado fornecimento de oxigênio e rápida remoção do gás carbônico formado. Desta forma o substrato deve ser suficientemente poroso, a fim de permitir trocas gasosas eficientes, evitando falta de oxigênio para a respiração das raízes e para a atividade dos microrganismos no meio. Para De Boodt & Verdonck (1972), a porosidade considerada ideal é de 85%.

De acordo com Lemaire (1995) e Kampf (2000b), os substratos T4 (SC + 40% lodo), T3 (SC + 20% lodo), T7 (FC + 20% lodo) e T8 (FC + 40% lodo) mostraram valores inferiores ao recomendado para substratos (Figura 2.3), pois segundo esses autores buscam-se valores de porosidade total entre 75% e 90%, para melhor aeração, infiltração

de água e drenagem. Os valores de porosidade total encontrados abaixo de 75%, possivelmente se deve ao diâmetro das partículas serem menores.

Os substratos mais compactados podem levar a uma diminuição da porosidade total, à medida que as partículas ficam muito próximas uma das outras, aumenta a proporção de microporos, aumentando a capacidade de retenção de água (Fermino, 2003). (Figuras 2.1, 2.3 e 2.6). Ao se mesclarem materiais com granulometrias distintas, aqueles com partículas mais finas ocupará os espaços vazios existentes entre as partículas mais grossas do outro material, reduzindo sua porosidade total (Berjon & Murray, 1998). Esse efeito pode ser constatado observando a Figura 2.3, pois se observa que a porosidade total dos substratos diminuiu na medida em que se acrescentou maiores proporções de lodo compostado aos componentes fibra de coco e substrato comercial.

Esta característica de materiais com altos valores de matéria orgânica, como o lodo compostado, também foi observada por Moraes Neto et al. (2001), trabalhando com substratos à base de húmus de minhoca e casca de arroz carbonizada, e por Stringheta et al. (1997). No entanto, a utilização de materiais com densidade elevada como o lodo compostado pode apresentar problemas de trocas gasosas, movimentação de água e de drenagem em um recipiente, influenciando negativamente sobre o desenvolvimento das raízes e, conseqüentemente, das plantas. Ao contrário desses, a fibra de coco, apresentou porosidade mais elevada, o que pode ser vantajoso para a aeração do ambiente radicular, mas preocupante pela retenção de água deficiente, já que são os poros de menor tamanho os responsáveis por essa função. Diversos estudos sobre as propriedades físicas de substratos tem sido realizados, encontrado-se na literatura nacional valores de porosidade total no intervalo de 50% a 84% (Campanharo et al., 2006; Ferraz et al., 2005; Zanetti et al., 2003).

2.3.4 Espaço de aeração (EA)

Caron & Nkongolo (1999) consideram que a aeração é uma propriedade importante nos substratos, devido ao risco de asfixia das raízes que pode resultar quando ocorre o encharcamento. Por esta propriedade não poder ser alterada

facilmente durante o desenvolvimento da planta e a porosidade ocupada por ar tender ao decréscimo com o tempo, altos níveis de aeração iniciais são essenciais. Embora o aumento da aeração reduza a retenção de água, é preferível irrigar com maior frequência a não ter aeração suficiente.

Substratos aerados permitem o desenvolvimento de pêlos radiculares finos e de ramificações de raízes, o que aumenta a absorção de nutrientes (Bellé, 2001). O espaço de aeração é geralmente considerado como um fator determinante da qualidade dos substratos (Sahin & Anapali, 2006), influenciando diretamente as atividades metabólicas e crescimento das raízes (Mercurio, 2002).

Para o espaço de aeração ou macroporosidade, observando a Figura 2.4, nenhum dos substratos avaliados tiveram valores considerados adequados (35% a 45%), de acordo com Gonçalves & Poggiani (1996). No entanto, Bunt (1973); Verdonck & Gabriels (1988) sugerem valores entre 10% e 15%. Assim, T3 (SC + 20% lodo), T5 (FC), T6 (FC + 10% lodo), T7 (FC + 20% lodo) e T8 (FC + 40% lodo), apresentaram valores considerados adequados, de 10,33%, 16,00%, 19,67%, 13,00% e 12,67% respectivamente. O T1 (SC), T2 (SC + 10% lodo), T3 (SC + 20% lodo), apresentaram valores de EA de 9,00%, 8,00% e 9,67% respectivamente.

De acordo com Ludwig et al. (2008), os valores de espaço de aeração considerados ideais estão na faixa entre 20% a 40%. Assim, os valores sugeridos por esses autores, apenas o T6 (FC + 10% lodo) ficou próximo a faixa considerada ideal (Figura 2.4). Segundo De Boodt et al. (1974), a referência internacional para o valor de espaço de aeração é de 25%.

Entende-se que os valores obtidos nos substratos com fibra de coco (T5, T6, T7 e T8) estão dentro do esperado, de acordo com Konduru et al. (1999), que afirmaram ter encontrado valores entre 5% e 20% para substratos com fibra de coco. Prasad (1997) e Meerow (1995), em estudo realizados com fibra de coco encontraram valores de espaço de aeração para o substrato pó de coco, de 13,5% a 29,4%. Pragana (1999), encontrou no substrato pó de coco, espaço de aeração de 3,3%, portanto um valor abaixo das faixas consideradas ideais.

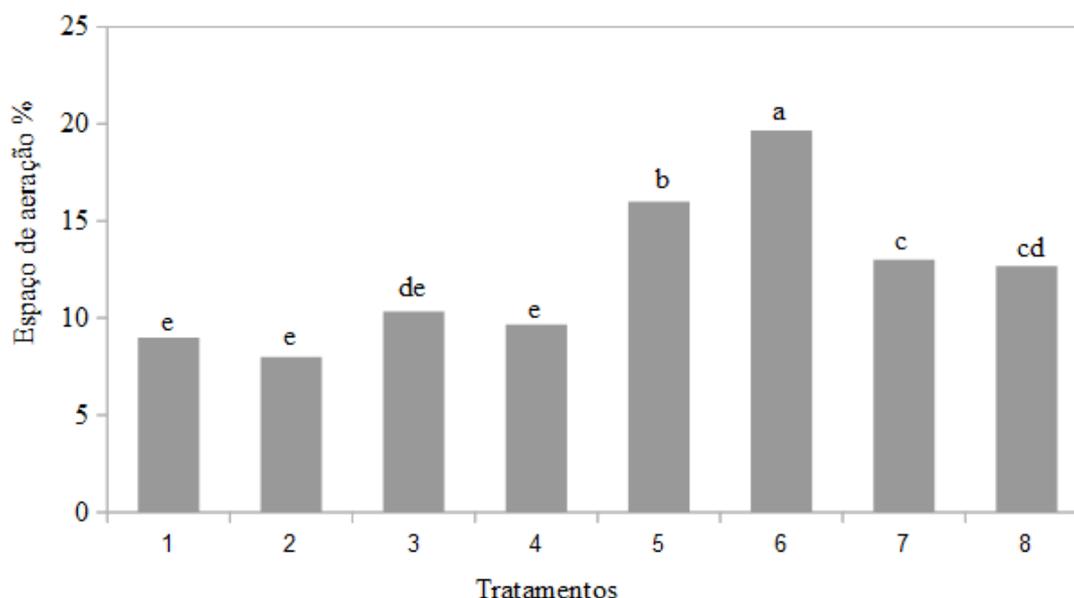


Figura 2.4. Espaço de aeração (EA) dos substratos de resíduos agroindustriais para produção de mudas de *Eucalyptus grandis* e *Acacia mangium*. Médias seguidas da mesma letra, entre os tratamentos, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Valores elevados de espaço de aeração podem ocasionar deficiências hídricas às plantas, principalmente com irrigações pouco frequentes e podem causar falta de oxigênio para o desenvolvimento das raízes. Substratos com grande porcentagem de partículas pequenas tornam-se inadequados para vasos menores, pois retêm mais água e diminui o espaço de aeração. A baixa porosidade e baixo espaço de aeração podem estar relacionados com a grande quantidade de partículas de tamanho reduzido, aliando a isso uma alta densidade, como pode ser observado nos tratamentos com maiores proporções de lodo compostado (Figuras 2.1, 2.3 e 2.4).

2.3.5 Água facilmente disponível (AFD), água tamponante (AT) e água disponível (AD)

A água facilmente disponível corresponde à água liberada pelo substrato ao passar de 10 hPa de tensão a 50 hPa, com valor ótimo entre 20% e 30% do volume (Cadahia, 1998). Para água facilmente disponível, ocorreu diferença estatística nos materiais avaliados, que se situaram entre 2,33% a 5% (Figura 2.5). Segundo a recomendação de Abad et al. (1993),

e De Boodt & Verdonck (1972), a faixa considerada ideal para água facilmente disponível se encontra entre 20 e 30%. A partir desta recomendação, todos os substratos estudados estão localizados muito abaixo da faixa considerada como ideal, porém dentro da faixa considerada de bom desempenho por Fonteno et al. (1981), para o cultivo com irrigação frequente (até duas vezes ao dia).

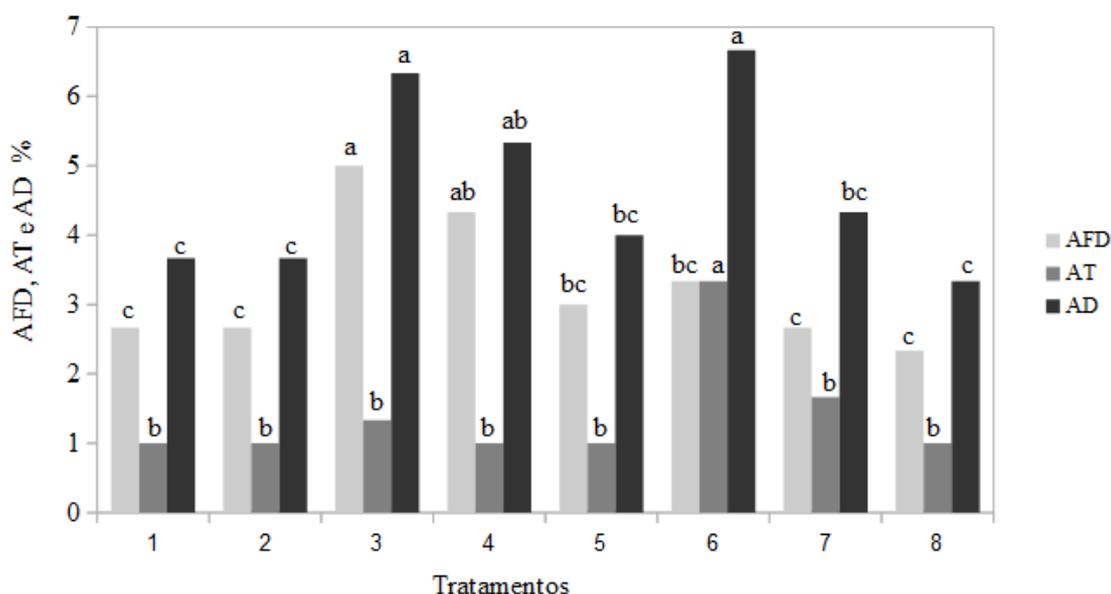


Figura 2.5. Água facilmente disponível (AFD), água tamponante (AT) e água disponível (AD) dos substratos de resíduos agroindustriais para produção de mudas de *Eucalyptus grandis* e *Acacia mangium*. Médias seguidas da mesma letra, entre os tratamentos, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Observa-se na Figura 2.5 que o T3 (SC + 20% lodo) foi estatisticamente superior aos demais tratamentos, apresentando valor de 5,00% para AFD. Os demais tratamentos apresentaram teores inferiores de água facilmente disponível. Obteve-se valores de 2,67% no T1 (SC), T2 (C + 10% lodo) e T7 (FC + 20% lodo), de 4,33% no T4 (SC + 40% lodo), 3,00% no T5 (FC), 3,33% no T6 (FC + 10% lodo) e 2,33% no T8 (FC + 40% lodo).

A água tamponante é considerada o volume de água retido no substrato que é utilizado quando, eventualmente, ocorre alguma situação de estresse hídrico (De Boodt & Verdonck, 1972). Segundo Cadahia (1998) e Abad et al. (1993), a água tamponante é o

volume de água liberado pelo substrato entre 50 a 100 cm de tensão (50 e 100 hPa), com nível ótimo entre 4 e 10% em volume.

Analisando os valores de referência citados por esses autores, observa-se que todos os substratos estudados apresentam valores de água tamponante baixo em relação ao de referência (4 a 10%) (Figura 2.5). Apenas o T6 (FC + 10% lodo) mostrou-se próximo a faixa considerada ideal, com valor de 3,33%. Obteve-se valor de 1,00% AT no T1 (SC), T2 (SC + 10% lodo), T4 (SC + 40% lodo), T5 (FC) e T8 (FC + 40% lodo), valor de 1,33% no T3 (SC + 20% lodo) e 1,67% no T7 (FC + 20% lodo).

Em condições ótimas, o substrato ideal deve apresentar entre 24% e 40% de água total disponível para as plantas (Abad et al., 1993; De Boodt & Verdonck, 1972). De acordo com Ballester-Olmos (1992), os valores ideais variam de 20% a 30%. Os valores da água disponível observados no presente estudo variaram de 3,00% a 6,66%, abaixo dos valores de referência (Figura 2.5). O T3 (SC + 20% lodo) e o T6 (FC + 20% lodo) se mostraram estatisticamente superiores, com valores de 6,33%.

Zanetti et al. (2003) observaram que o aumento da granulometria dos substratos comerciais a base de fibra de coco proporcionou uma diminuição no teor de água disponível, proporcionada pela rápida drenagem em materiais com maior granulometria. Nesses casos, segundo os autores, deve-se priorizar uma maior frequência de irrigação, para evitar prejuízos em vista de possíveis ocorrências de estresse hídrico. No presente trabalho observamos que houve um aumento na percentagem de água disponível com a adição de lodo nos tratamentos T3 (SC + 20% lodo), T4 (SC + 40% lodo) e T6 (FC + 10% lodo). Noguera et al. (2000) analisando as propriedades físicas da fibra de coco comprovaram que esse material apresenta espaço de aeração de 45,3 %, e água facilmente disponível de 18,6 %.

Todos os materiais apresentaram valores de água disponível, dada pela soma de água facilmente disponível e água tamponante, abaixo do desejado. Do ponto de vista prático, isso implica em irrigações mais frequentes, mas não limita a utilização do material para o cultivo de plantas, desde que se maneje adequadamente a irrigação.

Após a irrigação, à medida que o substrato vai secando, o espaço ocupado pelo ar (macroporos) vai aumentando, enquanto diminui o espaço ocupado pela água facilmente disponível. O sinal para a próxima irrigação é alcançado quando se atinge o valor da água

tamponante. Esta água, embora possa ser utilizada pelas plantas, em caso de estresse hídrico, exige um grande gasto de energia (Fermino, 2002).

2.3.6 Capacidade de retenção de água (CRA) e água remanescente a 100 cm (AR)

A capacidade de retenção de água de um determinado meio corresponde à relação entre a umidade volumétrica e a tensão na qual a água está retida ao material, fornecendo o volume de água disponível ou não às plantas a determinadas tensões (Bunt, 1988). Quanto maior for o volume de água disponível às plantas a tensões mais baixas, menor será a energia necessária pelas plantas para absorvê-la (Fermino, 1996). A capacidade de retenção de água divide-se entre água facilmente disponível (volume de água liberado entre 10 hPa e 50 hPa de tensão), água tamponante (volume de água liberado entre 50 hPa e 100 hPa de tensão) e água remanescente (volume de água que permanece no substrato depois de aplicada a tensão de 100 hPa) (De Boodt & Verdonck, 1972).

O volume de água retido no substrato após se aplicar a tensão de 100 hPa corresponde ao volume de água não disponível para a planta, denominado água remanescente do substrato (De Boodt & Verdonck, 1972). Para Martínez (2002), a capacidade de retenção de água entre 20% e 30% do seu volume pode ser considerada ótima para ser classificado como um bom substrato para esta característica. Substratos com menor capacidade de retenção de água exigem maior aplicação de água em cada irrigação, ou que seja aumentada a frequência da mesma (Wendling et al., 2006). Desta forma, substratos com maior microporosidade (maior capacidade de retenção de água) requerem maior rigor de controle de irrigação, com o intuito de evitar o encharcamento (Gonçalves et al., 2000).

A capacidade de retenção de água foi tanto maior quanto maior foi a dose de lodo compostado no substrato; porém, em substratos com altas doses de lodo, observou-se alta densidade (Figuras 2.6 e 2.1), e, conseqüentemente, redução da proporção de macroporos, fato este que dificulta a aeração dos substratos, prejudicando o desenvolvimento do sistema radicular. O aumento na dose de lodo

nas misturas elevou a microporosidade do substrato, o que proporcionou maior capacidade em reter água (Figura 2.6).

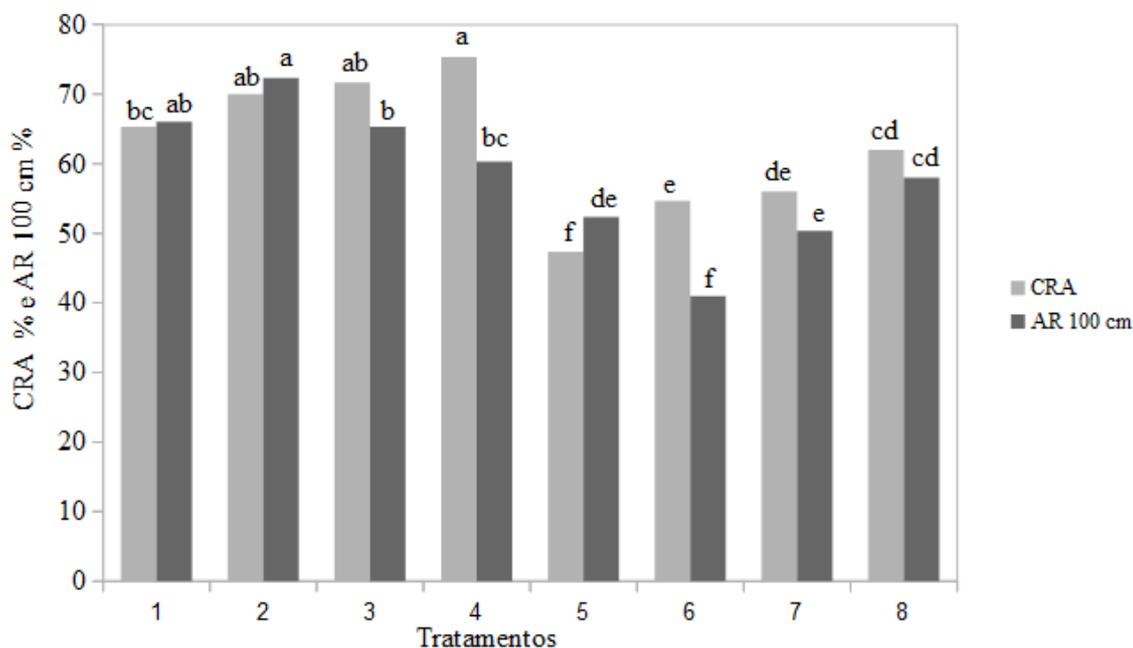


Figura 2.6. Capacidade de retenção de água (CRA), e água remanescente a 100 cm (AR) dos substratos de resíduos agroindustriais para produção de mudas de *Eucalyptus grandis* e *Acacia mangium*. Médias seguidas da mesma letra, entre os tratamentos, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Os valores de retenção de água nos substratos variaram de 54% a 75%. O tratamento que apresentou o maior valor quanto a esta variável foi o T4 (SC + 40% lodo) com valor de 75% (Figura 2.6). No entanto, todos os substratos estudados apresentaram capacidade de retenção de água acima da faixa considerada ideal por Martínez (2002), que é entre 20% e 30% do seu volume. O T1 (SC), T2 (SC + 10% lodo), T3 (SC + 20% lodo), T5 (FC), T6 (FC + 10% lodo), T7 (FC + 20% lodo) e T8 (FC + 40% lodo) apresentaram valores de CRA de 65%, 70%, 71%, 47%, 54%, 56% e 62% respectivamente.

O aumento na dose de lodo nas misturas estudadas elevou a microporosidade do substrato, o que proporcionou maior capacidade em reter água. Esse efeito também foi observado por Guerrini & Trigueiro (2004).

Conhecer a capacidade de retenção de água de um substrato é importante, pois permite uma programação mais adequada do manejo da irrigação das culturas.

É imprescindível esse conhecimento para estabelecer um equilíbrio entre a água disponível para as plantas e o espaço de aeração para o desenvolvimento das raízes, pois espaço de aeração deficiente e alta retenção de água podem reduzir a oxigenação para as raízes e dificultar seu desenvolvimento (Ludwig et al., 2008).

Quanto ao volume de água remanescente, o padrão ideal fica na faixa de 25% a 30%, segundo Verdonck & Gabriels (1988). Para água remanescente, os valores encontrados no presente estudo ficaram muito acima da faixa recomendada como ideal. O volume de água remanescente foi estatisticamente superior no tratamento T2 (SC + 10% lodo), com valor de 72%. Os tratamentos com substrato comercial e lodo compostado apresentaram valores de 66% no T1 (SC), 65% no T3 (SC + 20% lodo) e 60% no T4 (SC + 40% lodo) (Figura 2.6). Esse comportamento pode ser devido a esses materiais apresentarem um maior volume de partículas menores. Esses materiais podem apresentar problemas por excesso de umidade para as raízes de algumas plantas. Os tratamentos com fibra de coco e lodo compostado apresentaram valores de 52% no T5 (FC), 41% no T6 (FC + 10% lodo), 50% no T7 (FC + 20% lodo) e 58% no T8 (FC + 40% lodo). Ludwig et al. (2008), em trabalho com objetivo de caracterizar fisicamente diferentes substratos formulados a partir de casca de pinus e terra vermelha, encontraram valores de água remanescente acima dos valores ideais.

2.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os materiais e formulações testadas apresentaram algumas propriedades distintas daquelas citadas como ideais para um substrato destinado à produção de mudas em recipientes com irrigação esporádicas.

Há vantagem em realizar misturas para obtenção de um substrato mais eficiente quanto as propriedades físicas.

A utilização de resíduos orgânicos na composição de substratos para produção de mudas de essências florestais é uma opção econômica que pode reduzir os custos de produção e representa uma alternativa para a reciclagem e emprego de subprodutos da agroindústria.

2.5 CONCLUSÕES

Os resultados permitem concluir que:

Os substratos alternativos para a produção de mudas apresentam uma grande variabilidade para as características físicas.

Os substratos gerados no presente estudo apresentam valores de densidade satisfatória, mostrando potencial para sua utilização.

Como condicionador nas misturas, o lodo compostado promove o aumento da densidade, redução da porosidade e o aumento da capacidade de retenção de água.

A fibra de coco possui alta porosidade, baixa densidade volumétrica e alta capacidade de retenção de água, mostrando-se bastante adequada para o cultivo de plantas em recipientes.

Nenhum substrato analisado apresenta valores considerados ideais em todos os atributos estudados. As características que mais se afastaram das ideais são a água facilmente disponível, água tamponante, água disponível e água remanescente.

Os substratos com doses de 40% de lodo compostado revelam alta capacidade de retenção de água.

2.6 REFERÊNCIAS

ABAD, M.; MARTINEZ, P. F.; MARTINEZ, J. Evaluación agrónomica de los substratos decultivo. **Actas de Horticultura**, Villaviciosa, Espanha, v. 11, p. 141-154, 1993.

ABREU, M. F.; ABREU, C. A.; BATAGLIA, O. C. Uso da análise química na avaliação da qualidade de substratos e componentes. In: ENCONTRO NACIONAL DE SUBSTRATOS PARA PLANTAS, 3., 2002, Campinas. **Anais...** Campinas: IAC, 2002. p. 17-28.

ALMEIDA, L. S. **Avaliação morfológica de mudas de *Allophylus edulis* (A. St.- Hil., A. Juss. & Cambess.) Radl. (Vacum) e *Schinus terebinthifolius* Raddi (Aroeira) produzidas em diferentes substratos**. 2005. 96 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

BALLESTER-OLMOS, J. F. **Substratos para el cultivo de plantas ornamentals**. Valencia: Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias, 1992. 44 p. (Hojas Divulgadoras, 11).

BERJÓN, M. A.; MURRAY, P. N. Sustratos para el cultivo sin suelo y fertirrigacion. In: CADAHIA, C.(Ed.) **Fertirrigacion – Cultivos hortícolas y ornamentales**. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 1998. p. 287-342.

BELLÉ, S. Escolha do substrato. In: KAMPF, A.N. (Coord). **Manutenção de plantas ornamentais para interiores**, Rígel. 2 edição. 2001. 112 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Instrução Normativa N° 27, de 05 de junho de 2006**. Dispõe sobre fertilizantes, corretivos, inoculantes e biofertilizantes para serem produzidos, importados ou comercializados, deverão atender aos limites estabelecidos nos anexos I, II, III, IV e V desta instrução normativa no que se refere às concentrações máximas admitidas para agentes fitotóxicos, patogênicos, ao homem, animais e plantas, metais pesados tóxicos, pragas e ervas daninhas. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 09 de junho 2006. Seção 2.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Instrução Normativa N° 17, de 21 de maio de 2007**. Aprova os Métodos Analíticos Oficiais para Análise de Substratos e Condicionadores de Solos, na forma do Anexo à presente Instrução Normativa. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 24 maio 2007. Seção 1, p.8.

BUNT, A. C. **Media and mixes for container-grown plants**. London: Unwin and Hyman, Cap. 4: Principles of nutrition. 1988. 309 p.

BUNT, A. C. Some physical and chemical characteristics of loamless pot-plant substrates and their relation to plant growth. **Plant and soil**, the Hauge, n. 38, p. 1954-1965, 1973.

BURGER, D. W.; HARTZ, T. K.; FORISTER, G. W. Composted green waste a container medium amendment for the production of ornamental plants. **HortScience**, Alexandria, v. 32, n. 1, p. 57-60, 1997

CADAHIA, C. **Fertirrigacion – Cultivos hortícolas y ornamentales**. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 1998. 475 p.

CALDEIRA, M. V. W.; SCHUMACHER, M. V.; BARICHELLO, L. R.; VOGET, 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. 12, p. 19-30, 2000.

CAMPANHARO, M.; RODRIGUES, J. J. V.; LIRA JUNIOR, M. A. ESPINDULA, M. C.; COSTA, J. V. T. Características físicas de diferentes substratos para produção de mudas de tomateiro. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 19, n. 2, p. 140-145, 2006.

CARON, J.; NKONGOLO, V. K. N. Aeration in growing media: recent developments. **Acta Horticulturae**, Wageningen, v. 481, p. 545-551, 1999.

CARRIJO, O. A.; LIZ, R. S.; MAKISHIMA, N. Fibra de casca de coco verde como substrato agrícola. **Horticultura brasileira**, Brasília, v. 20, n. 4, p. 533-535, 2002.

CRESSWELL, G. C. **Report on the use of coir dust as substitute for peat in potting media.** NSW Agriculture. Australia: Biological and Chemical Research Institute, 1992.

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

DE BOODT M; VERDONCK O; CAPPAERT I. Method for measuring the waterrelease curve of organic substrates. **Acta Horticulturae**, Wageningen, v. 37, p. 2054-2062, 1974.

FARIAS, W. C.; OLIVEIRA, L. L. P.; OLIVEIRA, T. A.; DANTAS, L. L. G. R.; SILVA, T. A. G. Caracterização física de substratos alternativos para produção de mudas. **ACSA-Agropecuária Científica no Semi-Árido**, Campina Grande, v. 8, n. 3, p. 1-5, 2012.

FERMINO, M. H. **Aproveitamento de resíduos industriais e agrícolas como alternativas de substratos hortícolas.** 1996. 91 p. Dissertação (Mestrado), Faculdade de Agronomia, Universidade Federal Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1996.

FERMINO, M. H. Uso da análise física na avaliação da qualidade de componentes e substratos. In: FURLANI, A. M. C.; BATAGLIA, O. C.; ABREU, M. F.; ABREU, C. A.; FURLANI, P. R., QUAGGIO, J. A.; MINAMI, K (Eds.). **Caracterização, manejo e qualidade de substratos para a produção de plantas.** Campinas: Instituto Agrônomo, p.29-37, 2002.

FERMINO, M. H. **Métodos de análise para caracterização de física de substratos.** 2003. 89 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

FERRAZ, M. V.; CENTURION, J. F. BEUTLER, A. N. Caracterização física e química de alguns substratos comerciais. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 27, p. 209-214, 2005.

FONSECA, T. G. **Produção de mudas de hortaliças em substratos de diferentes composições com adição de CO₂ na água de irrigação.** 2001. 72 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2001.

FONTENO, W.C. et al. Physical properties of three container media and their effect on poinsettia growth. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 106, p. 736-741, 1981.

GOMES, J. M.; SILVA, A. R. Os substratos e sua influência na qualidade de mudas. In: BARBOSA, J. G.; MARTINEZ, H. E. P.; PEDROSA, M. W.; SEDIYAMA, M. A. N. (Eds.). **Nutrição e adubação de plantas cultivadas em substrato.** Viçosa: UFV, 2004. p. 190-225.

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

GONÇALVES, J. L. M.; SANTARELLI, E. G.; MORAES NETO, S. P.; MANARA, M. P. Produção de mudas de espécies nativas: substrato, nutrição, som breamento e fertilização. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. (Eds.). **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, 2000. p. 309 – 350.

GROLLI, P. R. **Composto de lixo domiciliar urbano como condicionador de substratos para plantas arbóreas**. 1991. 125 p. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1991.

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**, Viçosa, v. 28, n. 6, p. 1069-1076, 2004.

HARTMANN, H. T.; KESTER, D. E.; DAVIES JUNIOR, F. T. 1997. **Plant propagation; principles and practices**. 6 ed. New Jersey: Prentice Hall. 1997. 770 p.

KAMPF, A. N. Produção comercial de plantas ornamentais. Guaíba: Agropecuária, 2000a. 254 p.

KAMPF, A. N. Seleção de materiais para uso como substrato. In: KAMPF, A. N.; FERMINO, M. H. (Eds.). **Substratos para plantas: a base da produção vegetal em recipientes**. Porto Alegre: Genesis, 2000b. p. 209-215.

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

KAMPF, A.N. Materiais regionais como alternativa ao substrato. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE SUBSTRATOS PARA PLANTAS - Materiais Regionais como substrato, 6., 2008, Fortaleza. **Anais eletrônicos...** Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, SEBRAE /CE e Universidade Federal do Ceará, 2008.

KLEIN, V. A.; CAMARA, R. K.; SIMON, M. A.; DIAS, S. T. Casca de arroz carbonizada como condicionador de substrato. In: FURLANI, A. M. C. (Ed.) **Caracterização, manejo e qualidade de substrato para produção de plantas**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2002. 95 p. (Documentos IAC, n. 70).

KNAPIK, J. G., **Utilização do pó de basalto como alternativa à Adubação convencional na produção de mudas de *Mimosa scabrella benth* e *prunus sellowii koehne***, 2005, 163 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

KONDURU, S.; EVANS, M. R.; STAMPS, R. H. Coconut husk and processing effects on chemical and physical properties of coconut coir dust. **HortScience**, Alexandria, v. 34, n. 1, p. 88-90, 1999.

LACERDA, M. R. B.; PASSOS, M. A. A.; RODRIGUES, J. J. V.; BARRETO, L. P. Características físicas e químicas de substratos à base de pó de coco e resíduo de sisal para produção de mudas de sabiá. (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth)1. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 2, p. 163-170, 2006.

LEMAIRE, F. Physical, chemical and biological properties of growing medium. **Acta Horticulturae**, Wageningen, v. 396, p. 273-284, 1995.

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: 5 Dez. 2009.

MARTÍNEZ, P. F. Manejo de substratos para horticultura. In: FURLANI, A. M. C. (Ed.). **Caracterização, manejo e qualidade de substratos para produção de plantas**. Campinas: Instituto Agrônômico. 2002. 122 p.(Documentos IAC 70).

MEEROW, A.W.; Growth of two tropical foliage plants using coir dust as a container medium amendment. **Hort Technology**, Alexandria, n. 5, p. 237-239, 1995.

MERCURIO, G. **Gerbera cultivation in greenhouse**. The Netherlands: Schreurs, 2002. 206 p.

MINAMI, K. **Produção de mudas de alta qualidade em horticultura**. São Paulo: Queiroz, 1995. 136 p.

MORAES NETO, S. P.; GONÇALVES, J. L. M.; TAKAKI, M. Produção de mudas de seis espécies arbóreas, que ocorrem nos domínios da floresta atlântica, com diferentes substratos de cultivo e níveis de luminosidade. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 25, p. 277-287, 2001.

NÓBREGA, R. S. A.; BOAS, R. C. V.; NÓBREGA, J. C. A.; PAULA, A. M.; MOREIRA, F. M. S. Utilização de biossólido no crescimento inicial de mudas de aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 31, n. 2, p. 239- 246, 2007.

NOGUERA, P. ABAD, M.; NOGUERA, V. Coconut coir waste, a new viable ecologically - Friendly peat substitute. **Acta Horticulturae**, Wageningen, v. 517, p, 279-286, 2000.

PRAGANA, R. B. **Potencial de resíduo da extração da fibra de coco como substrato na produção agrícola**. 1999. 86 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo), Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 1999.

PRASAD, M.; Physical, chemical and biological properties of coir dust. **Acta Horticultural**, Barcelona, n. 450. p. 21-29, 1997.

PUCHALSHI, L. E. **Sistema de produção de mudas em plug: propagação vegetativa de hibisco, Hibisco rosa-sinensis**, L. 1999. 61 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1999.

RODRIGUES, J. J. L. PEREIRA, A. R.; RAMOS, C. M. C. Características físicas de substrato hortícola. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25. 1995, Viçosa. **Resumos...** Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v.1, p.189, 1995.

SAHIN, U.; ANAPALI, O. Addition of Pumice Affects Physical Properties of Soil Used for Container Grown Plants. **Agriculturae Conspectus Scientificus**, v. 71, p. 59-64, 2006.

SALVADOR, E. D. **Caracterização física e formulação de substratos para o cultivo de algumas ornamentais**. 2000. 148 p. Tese (Doutorado em Agronomia - Produção Vegetal), Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000.

SANTOS, K. S. R. **Atuação do enxofre com Thiobacillus na solubilização do fosfato natural e materiais orgânicos em solo de tabuleiro cultivado com sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth)** 2002. 63 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo), Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2002.

SCHIE, W. van. Standardization of substrates. **Acta Horticulturae**, Wageningen, v. 1, n. 481, p. 71-77, 1999.

SCHMITZ, J. A. K.; SOUZA, P. V. D.; KAMPF, 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.

SOUZA, M. M.; LOPES, L. C.; FONTES, L. E. F. Avaliação de substratos para o cultivo de crisântemo (*Chrysanthemum morifolium* Ramat., Compositae) 'White Polaris' em vasos. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, Campinas, v. 1, n. 2, p. 71-77, 1995.

STRINGHETA, A. C. O.; RODRIGUES, L. A.; FONTES, L. E. F.; COSTA, C. A. Caracterização física de substratos contendo composto de lixo urbano e casca de arroz carbonizada como condicionadores. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v. 21, p. 155-159, 1997.

TILLMANN, M.A.A. CAVARIANI, C.; PIANA, Z.; MINAMI, K. Comparação entre diversos substratos no enraizamento de estacas de cróton (*Codiaeum variegatum* L.) **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 51, n. 1, p. 17-20, 1994.

VERDONCK O; GABRIELS R. Substrate requirements for plantas. **Acta Horticulturae**, Wageningen, v. 221, p. 19-23, 1988.

WENDLING, I.; DUTRA, L. F.; GROSSI, F. **Produção de mudas de espécies lenhosas.** Colombo: Embrapa Florestas, 2006. 1 CD-ROM. (Embrapa Florestas. Documentos, 130).

ZANETTI, M. FERNANDES, C.; CAZETTA, J. O.; CORÁ, J. E.; MATTOS JUNIOR, D. Características físicas de substratos para produção de mudas cítricas sob telado. **Laranja**, Cordeirópolis, v. 24, n. 2, p. 507-518, 2003.

3 QUALIDADE DE MUDAS DE *Eucalyptus grandis* EM SUBSTRATOS DE RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS.

RESUMO

Baseado na importância do substrato para produção de mudas e da utilização de materiais renováveis para sua formulação objetivou-se nesse estudo avaliar a viabilidade técnica da utilização de substratos produzidos a partir de fibra de coco e resíduos da agroindústria para a produção de mudas de *Eucalyptus grandis*. A produção de mudas foi efetuada pelo método de semeadura direta em tubetes de 55 cm³. As fontes de materiais orgânicos utilizados para a composição dos substratos foram substrato comercial, fibra de coco e lodo compostado (resíduo proveniente da indústria de processamento de tomate). O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com oito tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos foram: substrato comercial; substrato comercial + 10% de lodo; substrato comercial + 20% de lodo; substrato comercial + 40% de lodo; fibra de coco; fibra de coco + 10% de lodo; fibra de coco + 20% de lodo e fibra de coco + 40% de lodo. Foram avaliados os seguintes parâmetros relativos ao crescimento das mudas: altura da planta, diâmetro do colo, massa de matéria seca aérea e radicial, facilidade de retirada das mudas do tubete, agregação das raízes ao substrato e análise química do tecido vegetal da parte aérea. Os resultados revelaram que a utilização do lodo compostado e da fibra de coco como substrato para produção de mudas de *E. grandis* é uma alternativa promissora, pois estes resultaram em um desenvolvimento adequado das mesmas. Portanto, a destinação desses resíduos para esse fim é tecnicamente viável para produção de mudas.

Palavras-chave: produção de mudas, fibra de coco, lodo compostado.

ABSTRACT

Eucalyptus grandis SEEDLINGS QUALITY IN AGRO INDUSTRIAL WASTE SUBSTRATES.

Based on the importance of substrate for seedling production and use of renewable materials for its formulation was aimed in this study to assess the technical feasibility of using substrates mixtures (commercial substrate, coconut fiber and

composted sludge - waste agribusiness) to production of *Eucalyptus grandis* seedlings. The production of seedlings was performed by direct seeding method in tubes of 55 cm³. The sources of organic materials used for the composition of the substrates were commercial substrate Ouro Negro Germination, coconut fiber and composted sludge. The experimental design was completely randomized with eight treatments and four replications. The treatments were: commercial substrate; commercial substrate + 10% sludge; commercial substrate + 20% sludge; commercial substrate + 40% sludge; coconut fiber; coconut fiber + 10% sludge; coconut fiber + 20% sludge and coconut fiber plus 40% sludge. The following parameters for the growth of seedlings were evaluated: plant height, stem diameter, dry mass of the roots and aerial part of the plant, ease of removal of the cartridge seedlings, aggregation of roots to the substrate and chemical analysis of the tissue of the aerial part of the plant. The results showed that the use of sludge and composted coconut fiber as substrate for the production of *E. grandis* seedling is a promising alternative, as these result in the adequate development of same. Therefore, the allocation of such waste to that end it is technically feasible to produce seedlings.

Key words: seedling production, coconut fiber, composted sludge, waste.

3.1 INTRODUÇÃO

O eucalipto é uma árvore pertencente à família Myrtaceae, gênero *Eucalyptus* e tem sua origem na Austrália, Nova Guiné, Indonésia e Timor. As várias espécies vegetais caracterizam-se por apresentar um rápido crescimento, facilidade no processo de propagação e possibilidade de uso múltiplo da madeira produzida, como é observado por Simões (1968). Além disso, possuem uma boa adaptação às condições climáticas brasileiras. Devido a essas características e vantagens, na década de 1950 o eucalipto passou a ser usado também como matéria-prima para a produção de celulose e papel (Garcia & Pereira, 2010).

A demanda por produtos florestais está expandindo e para atendê-la faz-se necessário a implantação de novos plantios, os quais para serem rentáveis devem ter alta produtividade e qualidade. Segundo Gonçalves & Poggiani (1996), ao levar em consideração o estabelecimento de povoamentos florestais, a produção de mudas, tanto em quantidade quanto em qualidade, representa uma das fases mais importantes e com repercussão direta na produtividade e qualidade do produto final. Nesse sentido, muitos esforços têm sido realizados para melhorar a qualidade e reduzir os custos de produção das mudas e dentre os fatores que influenciam está o substrato, o qual possui como funções a

sustentação da muda e fornecimento de água e nutrientes necessários para o crescimento da planta (Hartmann et al., 2011).

As mudas devem apresentar boa qualidade, a fim de evitar perdas por mortalidade e baixo incremento após o plantio, aliado a redução dos tratamentos culturais aplicados ao povoamento, devido à redução da competição com as plantas invasoras, promovida pelo maior crescimento inicial da cultura de interesse (Figueiredo et al., 2011). Os componentes do substrato e suas respectivas proporções estão dentre os fatores que interferem na sobrevivência, no crescimento e no padrão de qualidade de mudas de espécies florestais (Carneiro, 1995). Segundo Davide & Silva (2008), os substratos utilizados pelos viveiristas na produção de mudas em tubetes têm apresentado as mais variadas composições, tendo como característica a não utilização de solo. Diversamente, para a produção de mudas em sacos plásticos, o principal componente da mistura é o solo (Carneiro, 1995; Davide & Silva, 2008; Gomes & Paiva, 2011).

A crescente pressão ambientalista leva as indústrias a buscarem alternativas para o destino dos resíduos gerados pelos processos industriais. Os custos de construção e manutenção de aterros industriais e os riscos ambientais que estes podem representar têm aumentado o interesse de vários tipos de indústrias em estudar a viabilidade de aplicação de resíduos na agricultura (Amaral et al., 1996).

Segundo Gonçalves et al. (2000), deve-se dar prioridade de uso para os substratos que constituem resíduos industriais ou urbanos, pois, além de diminuir o problema ambiental, geralmente são uma garantia de fornecimento de matéria-prima a longo prazo e baixo custo (Caldeira et al., 2008a; Caldeira et al., 2008b). O uso de resíduos regionais reduz substancialmente o custo do substrato, embora os custos possam sofrer variações em função da disponibilidade de cada material (Melo et al., 2014; Wendling et al., 2007).

O lodo, misturado a resíduos estruturantes, estabilizado e desinfetado, a partir do processo de compostagem, pode ser utilizado como substrato para mudas de espécies florestais. Além do benefício ambiental, o uso do lodo no substrato pode aumentar a capacidade de retenção hídrica, fornecer macro e micronutrientes às mudas, permite economia na adubação, podendo ser uma alternativa menos onerosa que os substratos comerciais, ou outros componentes (Nobrega et al., 2007; Scheer et al., 2010).

Mais recentemente, outros materiais têm sido incorporados ao processo, como é o caso da fibra de coco (Davide & Silva, 2008), um componente que até há pouco tempo era relatado como grande problema ambiental para as empresas que têm este material como resíduo do processo de produção (Freitas et al., 2005). Lacerda et al. (2006) comentam que a estrutura da fibra de coco, associada às suas propriedades físico-químicas, torna-a particularmente adequada para ser utilizada como substrato. A fibra de coco utilizada como substrato, segundo Nunes (2000), possibilita um ambiente excelente para o desenvolvimento radicular das plantas, com características de elevada retenção de água e alta porosidade.

Gomes et al. (1985), estudaram a viabilidade de uso de diferentes substratos e suas misturas na produção de mudas de *E. grandis* por semeadura direta em tubetes e em bandejas de isopor. Os substratos testados incluíram a vermiculita de granulometria fina, a moinha de carvão vegetal, o composto orgânico, a turfa, a terra de subsolo e o esterco bovino. O substrato mais indicado para a produção de mudas em tubetes foi o que combinou 80% de composto orgânico com 20% de moinha de carvão. Desta forma, os autores constataram a possibilidade de substituir a vermiculita, de elevado custo, por componentes de fácil aquisição e de preço reduzido.

Baseado na importância do substrato na produção de mudas e da utilização de materiais renováveis para sua formulação objetivou-se nesse estudo avaliar os parâmetros relativos ao crescimento das mudas de *Eucalyptus grandis*. Os parâmetros avaliados foram: altura da planta, diâmetro do colo, massa de matéria seca aérea e radicial, facilidade de retirada das mudas do tubete, agregação das raízes ao substrato e análise química do tecido vegetal da parte aérea.

3. 2 MATERIAL E MÉTODOS

3.2.1 Caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido em viveiro localizado na BR 060 km 06, Setor Recreio dos Funcionários Públicos, em Goiânia, GO, nas coordenadas geográficas de 16°42'27" de latitude Sul, 49°21'01" de longitude Oeste, e altitude de 764 metros. A região encontra-se na Bacia do Paranaíba, com clima do tipo Aw (Clima Tropical com estação

seca de inverno), segundo a classificação de Koppen. Apresenta precipitações médias anuais entre 1200 mm a 1800 mm, o período chuvoso estende-se de novembro a março e o período seco, de junho a agosto, com os meses de abril, maio e setembro representando os meses de transição. A temperatura máxima média é de 40° C e mínima média de 11° C (Sepin, 2003).

3.2.2 Preparo dos substratos, preenchimento dos tubetes e semeadura

As fontes de materiais orgânicos utilizados para a composição dos substratos foram substrato comercial (constituído por 40% de casca de pinus, 20% de fibra e pó de coco, 30% de cinza de bagaço de cana e 10% de vermiculita), fibra de coco e lodo compostado. Os componentes foram misturados manualmente de acordo com os tratamentos determinados. Antes da semeadura, todos os substratos receberam 3,0 g L⁻¹ de Osmocote de liberação lenta, contendo 13-09-12 (N-P-K) + Micronutrientes.

Os substratos formulados foram acondicionados em tubetes plásticos de 55 cm³, dispostos em mesas de estrutura metálica, que comporta até 961 tubetes (lotação 100%).

As sementes de *Eucalyptus grandis* Jardim Clonal foram adquiridas na empresa SP Florestal Agrocomercial Ltda e foram semeadas a 1 cm de profundidade.

As mesas foram colocadas em área de plena luz e cobertas com tela de sombreamento de 60%. Após um período de 45 dias as mudas foram levadas a pleno sol. As regas foram efetuadas diariamente, três vezes ao dia.

Aos 30 dias foi realizado o desbaste das mudas deixando como remanescente a mais centralizada no tubete e com melhor crescimento da parte aérea.

3.2.3 Tratamentos

As fontes de materiais orgânicos utilizados para a composição dos substratos foram substrato comercial (constituído por 40% de casca de pinus, 20% de fibra e pó de coco, 30% de cinza de bagaço de cana e 10% de vermiculita), fibra de coco e lodo compostado. Os componentes foram misturados manualmente de acordo com os tratamentos determinados (volume/volume).

Para compor os tratamentos foi utilizado: substrato comercial (T1); substrato comercial + 10% de lodo (T2); substrato comercial + 20% de lodo (T3); substrato comercial + 40% de lodo (T4); fibra de coco (T5); fibra de coco + 10% de lodo (T6); fibra de coco + 20% de lodo (T7) e fibra de coco + 40% de lodo (T8).

3.2.4 Caracterização do lodo compostado

A caracterização do lodo encontra-se na Tabela 2.1.

3.2.5 Parâmetros avaliados

Transcorrido 120 dias após a semeadura, as variáveis de avaliação da qualidade das mudas, foram: altura da parte aérea, diâmetro do colo, peso de matéria seca das raízes e da parte aérea, utilizando cinco plantas por repetição. Para a medição das plantas foi utilizada régua de precisão e paquímetro digital.

Após a obtenção desses dados, foram realizadas as avaliações de facilidade de retirada do tubete e agregação das raízes ao substrato. Para essa avaliação, foi utilizada a metodologia descrita em Wendling et al. (2007). Este método consiste em atribuir notas de zero a dez às variáveis, sendo zero a dificuldade máxima e dez a facilidade máxima de retirada das mudas após três batidas na parte superior (boca) do tubete. Quanto à agregação das raízes ao substrato, as mudas sem os tubetes serão soltas em queda livre a um metro do solo, ao torrão será atribuída uma nota de zero a dez, sendo zero para a muda totalmente esboroadada e dez para o torrão íntegro.

As plantas amostradas foram colocadas em estufa (parte aérea e sistema radicular) com ventilação forçada a 65°C, até peso constante para determinação da massa de matéria seca, e após pesadas em balança analítica de precisão. A parte aérea foi moída para determinação de macronutrientes e micronutrientes (N, P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn) em laboratório.

Com a obtenção dos dados também foram calculados os índices morfológicos: relação altura e diâmetro do colo (H/DC) e o índice de qualidade de Dickson (IQD), calculado pela Equação 1:

$$IQD = \frac{BST}{\frac{H}{DC} + \frac{BSA}{BSR}}$$

Em que:

IQD: índice de qualidade de Dickson

BST = biomassa seca total (g)

H = altura (cm)

DC = diâmetro do colo (mm)

BSA = biomassa seca aérea (g)

BSR = biomassa seca radicial (g)

3.2.6 Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi em blocos inteiramente casualizados, com oito tratamentos, e quatro repetições, sendo cada parcela composta por dez plântulas. Ao final do experimento, todos os dados foram agrupados e tabulados em planilhas e posteriormente as médias foram comparadas estatisticamente utilizando software estatístico SISVAR. Constatando-se efeito significativo entre os tratamentos, foi utilizado o teste Tukey a 5% de probabilidade, para comparação das médias das variáveis analisadas.

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.3.1 Altura da parte aérea (H)

A altura da parte aérea, segundo Gomes & Paiva (2004) fornece uma excelente estimativa para o crescimento inicial das mudas em campo, porém deve-se verificar se as plantas não se encontram estioladas, ou seja, com baixo diâmetro e massa seca. Nesse caso a sobrevivência e o crescimento em campo poderão ser prejudicados.

Na avaliação de crescimento em altura, as mudas de *Eucalyptus grandis* mostraram superioridade de crescimento no tratamento T2 (SC + 10% lodo), com valor de 35,45 cm. No entanto, pode-se observar que em todos os tratamentos, as mudas apresentaram altura dentro da faixa considerada como ideal por Gomes et al. (1996),

que estabeleceram valores de 15 cm a 30 cm para altura média de mudas de *E. grandis*. Observa-se valores de 34,12 cm no T1 (SC), 34,85 cm no T3 (SC + 20% lodo), 32,75 cm no T4 (SC + 40% lodo), 33,92 cm no T5 (FC), 32,75 cm no T6 (FC + 10% lodo), 28,00 cm no T7 (FC + 20% lodo) e 25,80 cm no T8 (FC + 40% lodo) (Figura 3.1)

Quanto a essa variável, Valeri & Corradini (2000), informa que nos viveiros florestais profissionais obtém alturas média de 38 cm.

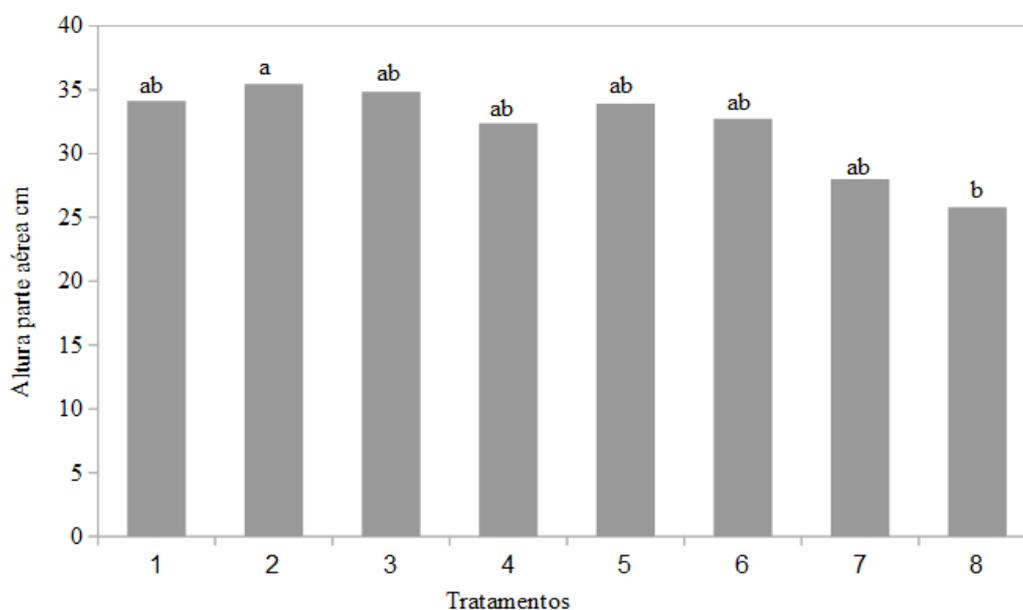


Figura 3.1. Altura da parte aérea de mudas de *Eucalyptus grandis*, aos 120 dias após a semeadura, produzidas em substratos de resíduos agroindustriais. Médias seguidas da mesma letra, entre os tratamentos, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Mesmo os tratamentos T7 (FC + 20% lodo) e T8 (FC + 40% lodo), apresentando menor crescimento em altura, pode-se dizer que todos os substratos utilizados foram aptos para a produção de mudas de *Eucalyptus grandis*, visto que as mudas apresentaram altura superior a 15 cm, valor mínimo recomendado para o plantio em campo, segundo Wendling & Dutra (2010). De acordo com as recomendações de Guerreiro & Colli Júnior (1984), todos os tratamentos se ajustaram ao padrão de qualidade estabelecido para esta característica, o qual varia de 15 cm a 35 cm para mudas *Eucalyptus* spp.

Para esta característica, apesar de todos os tratamentos avaliados se mostrarem com potencial para serem utilizados para produção de mudas de *Eucalyptus grandis*, observa-se que os tratamentos compostos por substrato comercial e lodo compostado nas proporções de 10% e 20% de lodo mostraram as melhores alturas (Figura 3.1). Resultados similares para a produção de mudas de eucalipto foram observados por Trigueiro & Guerrini (2003) em mudas de *Eucalyptus grandis*, em que os substratos formulados com bio sólido e casca de arroz carbonizada na proporção 50/50 apresentaram desempenho similar ao substrato comercial e doses superiores de bio sólido foram prejudiciais ao crescimento das mudas.

Bonnet (2001) observou influência positiva do uso de bio sólido compostado como substrato para produção de mudas de *E. viminalis*, sendo este usado puro ou combinado com substrato comercial. Aos 106 dias as mudas produzidas em substrato comercial apresentavam altura média de 18 cm, enquanto que o composto com 60 % de bio sólido compostado combinado com substrato comercial, apresentou altura de 23 cm.

Diversos autores têm comprovado que a adição de composto orgânico aos substratos usados para produção de mudas resulta em benefícios como o fornecimento de macro e micronutrientes. Mudanças de oiti (*Licania tomentosa* Benth.) atingiram as maiores médias em altura de plantas (Alves & Passoni, 1997), quando cultivadas em substrato acrescido de composto orgânico e vermicomposto. Campos et al. (1986), estudando a influência do substrato no desenvolvimento inicial de mudas de sibipiruna (*Caesalpinia peltophoroides* Benth.), concluíram que as plantas com melhor aparência (maior altura e diâmetro) foram aquelas originadas dos substratos solo + esterco bovino, na proporção de 1:1, para volume.

Em experimento com objetivo de avaliar o efeito de crescentes dosagens de lodo do calcário oriundo de indústria de curtimento em substrato comercial para a produção de mudas de *Jacaranda cuspidifolia* Mart., Franczak et al., (2008) obtiveram o melhor desenvolvimento das mudas no tratamento com a menor dosagem de lodo (3% de lodo de calcário).

Oliveira et al. (2008) verificaram menor crescimento em altura em mudas de *Eucalyptus grandis* produzidas em substrato comercial a base de casca de pinus (18,25 cm), quando comparado com o formulado a base de casca de amendoim processada/ húmus de

minhoca/turfa/terra de barranco (25/35/30/3), apresentando esta altura média de 24,25 cm e 21,25 cm com o substrato contendo acícula de pinus/esterco bovino/terra de barranco/areia (30/60/13/7).

Nóbrega et al. (2007) observaram um incremento na altura de mudas de aroeira produzidas em solo/biossólido até a proporção de 35% de biossólido, devido ao acréscimo de nutrientes provocado pela adição deste componente no solo. Em estudo com o objetivo de testar a utilização de lodo de esgoto e resíduos orgânicos na composição de substratos para a produção de mudas de *Eucalyptus grandis*, Caldeira et al. (2014) observaram que os maiores crescimentos em altura foram observados nos tratamentos com 100% de lodo de esgoto, 80% de lodo + 20% fibra de coco, 60% de lodo + 40% fibra de coco, apresentando altura média de 26,12 cm; 24,79 cm e 26,35 cm respectivamente. Concluíram que as maiores proporções de lodo de esgoto foram responsáveis por maiores médias de altura.

Rocha et al. (2013) verificaram que o substrato com 100% de lodo de esgoto proporcionou a maior altura para as mudas. Concluíram que, de maneira geral, os tratamentos com quantidades do composto acima de 40% proporcionaram o maior crescimento vegetativo das mudas de eucalipto.

Em estudo conduzido por Scheer et al. (2010), foi observado que os compostos à base de lodo de esgoto são suficientes para produção de mudas de *Parapiptadenia rigida* (angico) com qualidade, sem necessidade de usar fertilização mineral, apresentando vantagens em relação ao substrato comercial.

3.3.2 Diâmetro do colo (DC)

O diâmetro do colo, conforme Carneiro (1995), é a variável mais importante a ser avaliada na fase de produção de mudas, visto que ela está diretamente relacionada com o índice de sobrevivência e crescimento inicial das plantas em campo. Novaes (1998) observou maior crescimento inicial em campo, de mudas de *Pinus taeda* que apresentavam maior diâmetro do colo no momento do plantio.

Gomes et al. (1996) estabeleceram para diâmetro médio de mudas de *E. grandis* para plantio o valor mínimo de 2 mm. No entanto Lopes (2004), a partir de sua

experiência prática, considera que o diâmetro mínimo de 2 mm não seja bom e julga que esse valor deva ser maior do que 2,5 mm para mudas de eucalipto.

Freitas et al (2005) observaram diâmetro de 2,0 mm em mudas de *E. grandis* e 1,8 mm em mudas de *E. saligna*, produzidas em substrato a base de casca de arroz carbonizada e casca de eucalipto (50/50). Para o diâmetro houve efeito decrescente em relação às maiores proporções de lodo compostado. Os maiores diâmetros encontrados (3,66 mm e 3,33 mm) ocorreu nos tratamentos T1 (SC) e T2 (SC + 10% lodo), respectivamente (Figura 3.2). No entanto, apenas o T1 foi estatisticamente superior.

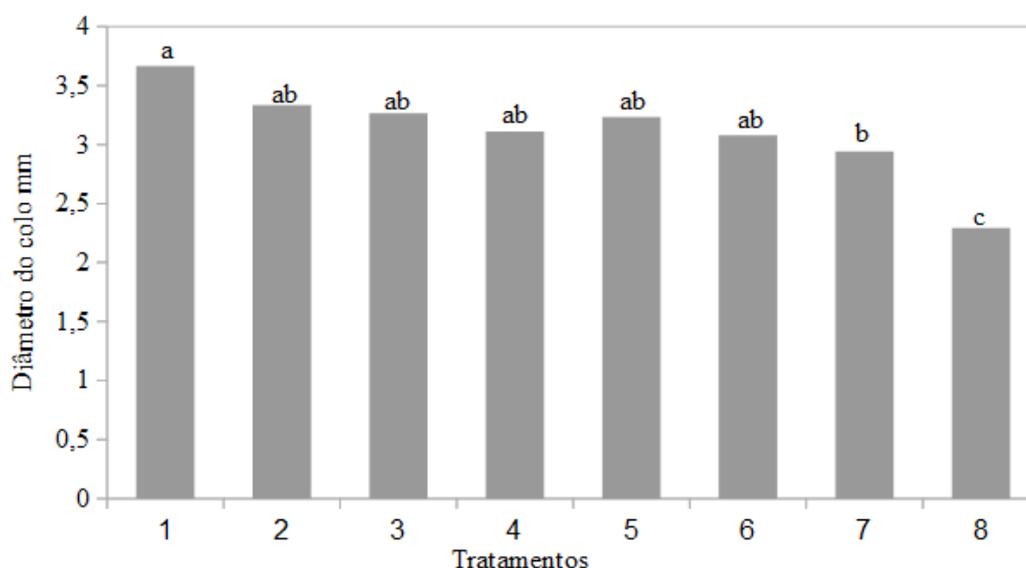


Figura 3.2. Diâmetro do colo de mudas de *Eucalyptus grandis*, aos 120 dias após a sementeira, produzidas em substratos de resíduos agroindustriais. Médias seguidas da mesma letra, entre os tratamentos, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Os tratamentos T7 (FC + 20% lodo) e T8 (FC + 40% lodo) apresentaram os menores valores de diâmetro do coleto, 2,94 mm e 2,29 mm respectivamente (Figura 3.2). Semelhante ao presente estudo, Caldeira et al. (2014) observaram que os tratamentos com os menores valores médios para o diâmetro do coleto se deu nos tratamentos com 60% e 80% de fibra de coco.

Todos os tratamentos avaliados, para essa característica, estão acima dos valores considerados ideais na literatura. Obteve-se valores de 3,26 mm no T3 (SC +

20% lodo), 3,10 mm no T4 (SC + 40% lodo), 3,23 mm no T5 (FC), e 3,07 mm no T6 (FC + 10% lodo). Guerreiro & Colli Júnior (1984) também consideram como padrão para espécies de *Eucalyptus* diâmetro do colo de no mínimo 2 mm.

Nóbrega et al. (2007) trabalhando com composto de lixo urbano e calagem no crescimento inicial de mudas de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong (tamboril) encontraram, aos 120 dias para o diâmetro, efeito linear crescente em relação as proporções de composto de lixo urbano e solo com média máxima estimada de 5,65 mm na proporção de 80/20 (composto de lixo/solo).

Trigueiro & Guerrini (2003) verificaram diâmetro do colo médio de 2,57 mm aos 120 dias em mudas de *E. grandis* produzidas em substrato comercial à base de casca de pinus. Bonnet (2001) observou aos 106 dias diâmetro médio de 1,51 mm em mudas de *E. viminalis* produzidas em substrato contendo 70 % de substrato comercial combinado com 30 % de bio-sólido compostado com resíduo verde.

Nos estudos feitos por Lang & Botrel (2008), analisando as mudas de *Eucalyptus grandis*, obteve diâmetros mais baixos para as mudas produzidas em substrato comercial e as mudas produzidas em 50% substrato comercial + 50% casca arroz carbonizada, foram estatisticamente superiores. Almeida (2005) obteve resultados para o diâmetro de mudas de *Allophylus edulis* (fruta-de-pombo) e *Schinus terebinthifolius* (aroeira-vermelha), sendo valores estatisticamente inferiores para os substratos a base de 100% substrato comercial, 70% substrato comercial + 30% casca de arroz carbonizada e 70% substrato comercial + 30% fibra de coco.

Freier et al. (2006), também verificou alterações na altura, diâmetro do coleto, área foliar, número de folhas e massa foliar de *Eucalyptus citriodora* com o uso de doses de bio-sólidos na produção dessas mudas.

3.3.3 Relação da altura da parte aérea e diâmetro do colo (H/DC)

Segundo Sturion & Antunes (2000), a relação H/DC constitui um dos parâmetros usados para avaliar a qualidade de mudas florestais, pois, além de refletir o acúmulo de reservas, assegura maior resistência e melhor fixação no solo.

Em geral, as mudas de eucalipto apresentaram maiores incrementos no desenvolvimento em altura do que em diâmetro do colo, e, conseqüentemente, os valores apresentados para a relação H/DC em todos os tratamentos, foram acima da faixa considerada ideal por Carneiro (1995). Segundo esse autor, a relação H/DC é um parâmetro que exprime qualidade em qualquer fase do período de produção de mudas, e deve situar-se entre os limites de 5,4 até 8,1. Para todos os tratamentos, as relações H/DC foram superiores a 8,1. Não houve diferença estatística significativa entre os tratamentos. Obteve-se valores de 9,33; 10,57; 10,66; 10,28; 10,49; 10,63; 9,51 e 11,30, para os tratamentos T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7 e T8 respectivamente (Figura 3.3).

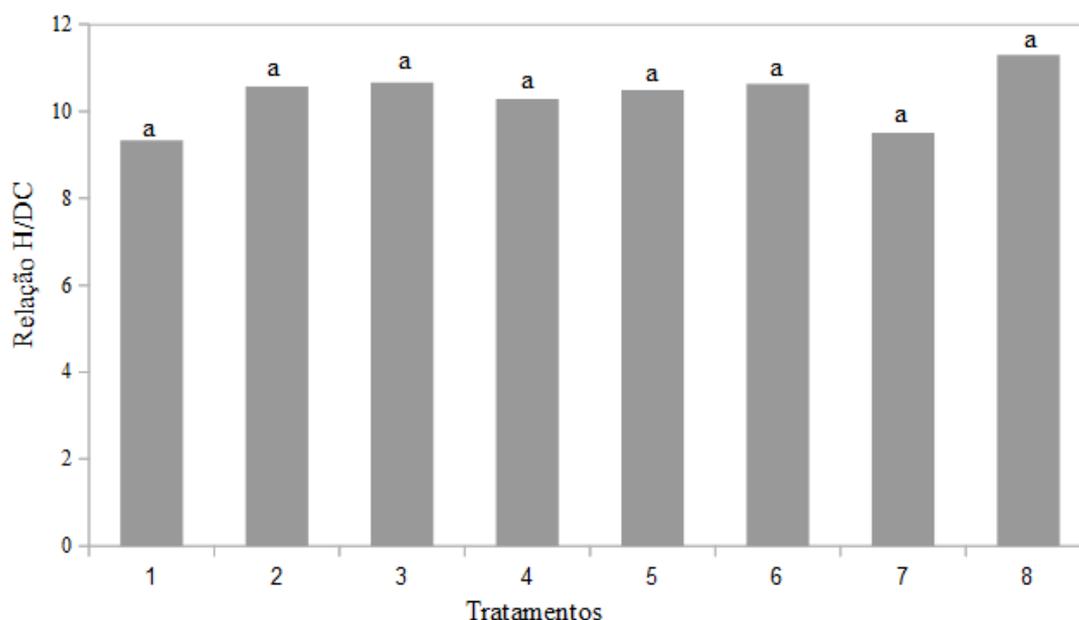


Figura 3.3. Relação H/DC de mudas de *Eucalyptus grandis*, aos 120 dias após a sementeira, produzidas em substratos de resíduos agroindustriais. Médias seguidas da mesma letra, entre os tratamentos, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

A recomendação de Carneiro (1995) pode não ser a mais adequada para as espécies de eucalipto, visto que em outras pesquisas realizadas com diferentes espécies de eucalipto encontrou-se H/DC superior a faixa considerada adequada. Bonnet (2001) observou relação H/DC de 13 em mudas de *Eucalyptus viminalis* produzidas em substrato contendo 60% de biossólido compostado combinado com 40% de substrato comercial a

base de casca de pinus e vermiculita e de 12,9 para o substrato comercial a base de casca de pinus.

Guerrini & Trigueiro (2004), em mudas de *Eucalyptus grandis* observaram valores de H/DC superiores a faixa recomendada, o que segundo esses autores está relacionado ao maior incremento no crescimento em altura do que em diâmetro. Os índices observados por esses autores, entre 10,74 e 13,90, estão próximos aos encontrados nesse trabalho, indicando que talvez o H/DC indicado para o gênero *Eucalyptus* é maior que o recomendado por Carneiro (1995). Observando a Figura 3.3, pode se perceber uma variação na relação H/DC de 9,33 para T1 (SC) a 11,30 pra T8 (FC + 40% lodo).

Gomes et al. (2002), observaram que a relação H/DC apresentou contribuição relativa, de apenas 0,66% para a avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*, sendo desta forma dispensável para essa espécie. No entanto, a relação H/DC é reconhecida como um dos melhores indicadores do padrão de qualidade de mudas, segundo Moreira & Moreira (1996), sendo, em geral, o mais indicado para determinar a capacidade de sobrevivência no campo, além de usar características não destrutivas.

De acordo com Birchler et al. (1998), este índice deve ser menor do que dez para se considerarem mudas com adequado padrão de qualidade. Segundo Artur et al. (2007), essa relação reflete o acúmulo de reservas e assegura maior resistência e melhor fixação no solo.

3.3.4 Massa de matéria seca da parte aérea e massa de matéria seca das raízes

A biomassa seca, segundo Gomes & Paiva (2004) deve sempre ser considerada visto que indica a rusticidade de uma muda; quanto maior, mais rustificada será. Para Gomes et al. (2002), as mudas devem estar endurecidas no momento do plantio, ou seja com maior biomassa, apresentando desta forma maior resistência as condições adversas do campo, promovendo maior sobrevivência e evitando gastos com replantios. A quantificação da biomassa radicular, segundo Novaes (1998), sob o ponto de vista fisiológico, é de grande importância, visto estar diretamente ligada à

sobrevivência e crescimento inicial em campo, devido a sua função de absorção de água e nutrientes.

Quanto à massa de matéria seca da parte aérea, observa-se que os tratamentos T3 (SC + 20% lodo), T4 (SC + 40% lodo), T6 (FC + 10% lodo), T7 (FC + 20% lodo) e T8 (FC + 40% lodo) apresentaram os menores valores, de 1,10 g, 1,01 g, 0,85 g, 0,83 g e 0,56 g respectivamente (Figura 3.4).

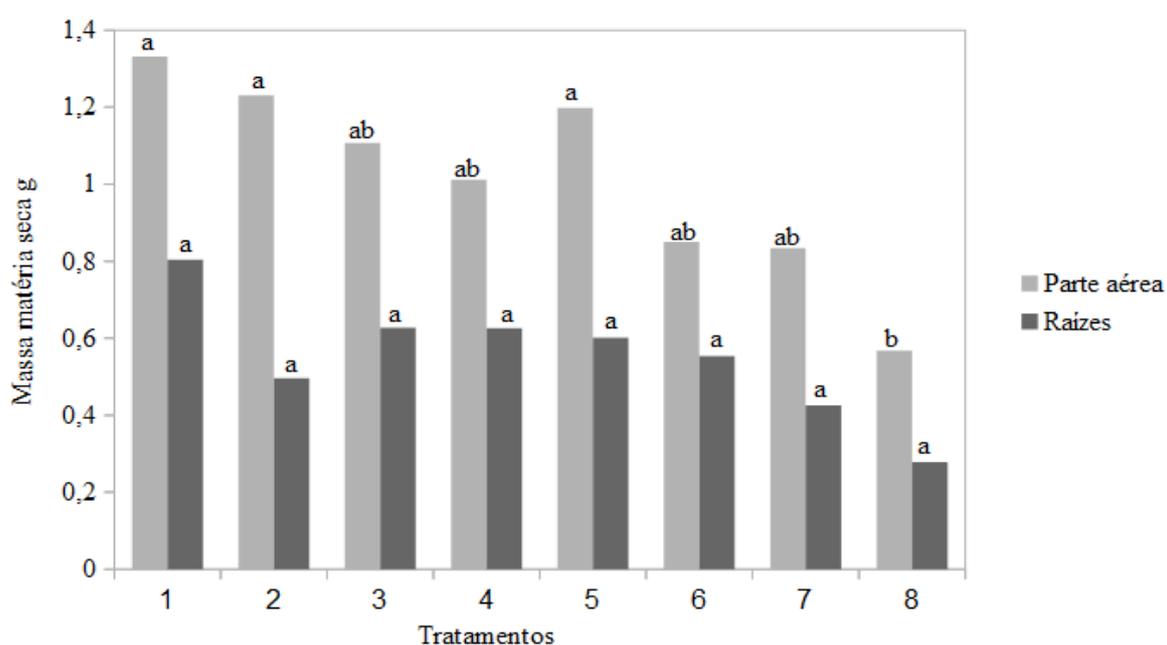


Figura 3.4. Massa de matéria seca da parte aérea e massa de matéria seca das raízes de mudas de *Eucalyptus grandis*, aos 120 dias após a semeadura, produzidas em substratos de resíduos agroindustriais. Médias seguidas da mesma letra, entre os tratamentos, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Trigueiro & Guerrini (2003) verificaram produção de massa de matéria seca aérea em mudas de *Eucalyptus grandis* superior com o substrato comercial a base de casca de pinus, apresentando 1,23 g aos 120 dias. Os tratamentos contendo bio sólido + casca de arroz carbonizada nas proporções de 80/20, 70/30 e 40/60 apresentaram biomassa seca aérea de 0,86 g, 0,93 g e 0,94 g, respectivamente. No presente estudo, nos T1 (SC), T2 (SC + 10% lodo) e T5 (FC) foram encontrados os

maiores valores de massa de matéria seca da parte aérea, sendo 1,33 g, 1,23 g e 1,19 g, respectivamente (Figura 3.4).

Maia (1999), avaliou o uso de lodo biológico gerado no processo de produção de celulose e papel e de casca de *Pinus* sp. como componentes de substratos para a produção de mudas de *Pinus taeda*. Testou 14 substratos contendo diferentes proporções de solo, casca de *Pinus* e lodo biológico. Constatou que o lodo não é adequado como substrato para mudas, quando utilizado puro. No entanto é viável a produção de mudas, de qualidade, em substratos sem solo, usando-se somente casca e lodo. Tanto os tratamentos com lodo, como os tratamentos com casca, apresentaram biomassa significativamente maior do que os tratamentos sem lodo e os tratamentos sem casca. A produção de biomassa dos tratamentos com solo foi significativamente menor do que a produção de biomassa dos tratamentos sem solo.

Quanto à massa de matéria seca radicial não se observou uma resposta clara aos diferentes tratamentos avaliados, mostrando que não houve tendência a preferência por algum componente (Figura 3.4). Em estudo com produção de mudas de *Eucalyptus viminalis*, Bonnet (2001) observou maior produção de massa de matéria seca aérea e radicial em mudas produzidas em substrato contendo 60% de lodo compostado e 40% de substrato comercial a base de casca de pinus, em que este último não mostrou diferenças estatísticas em relação ao substrato contendo 30% de biossólido compostado combinado com 70% de substrato comercial.

Lang & Botrel (2008), no seu estudo com *Eucalyptus grandis*, mostraram que o tratamento com casca de arroz carbonizada e vermiculita fina (50/50) apresentaram as maiores médias em relação a biomassa seca aérea com 0,461g e os resultados da biomassa seca da parte radicial apresentam menores resultados. Em estudo conduzido por Trigueiro (2002) com produção de mudas de *Pinus taeda*, observou que à medida que se diminuiu a dose de biossólido no substrato produziu-se um efeito positivo no acúmulo de matéria seca de raiz até a proporção 50/50 (biossólido/casca de arroz carbonizada), obtendo-se, desta maneira, uma muda com maior probabilidade de sobrevivência no campo.

O adequado desenvolvimento das raízes é importante uma vez que o número de ápices radiculares tende a ser tanto maior quanto maior o volume do sistema radicular, o que resulta na absorção e transporte mais eficiente de água e nutrientes, bem como em maior produção de reguladores de crescimento (Reis et al., 1989). Nos tratamentos em que se utilizou fibra de coco e lodo compostado (T5, T6, T7 e T8), mesmo nas variáveis em que não houve diferença estatística significativa, pode-se observar que a medida que se aumentou a proporção de lodo compostado, houve uma redução na altura, diâmetro do colo, peso de massa de matéria seca aérea e radicular das mudas de *Eucalyptus grandis* (Figuras 3.1, 3.2 e 3.4).

3.3.5 Índice de qualidade de Dickson (IQD)

O índice de qualidade de Dickson é um bom indicador da qualidade das mudas, pois no seu cálculo é considerado a robustez e o equilíbrio da distribuição da biomassa na muda, ponderando os resultados de vários parâmetros importantes empregados para avaliação da qualidade (Fonseca et al., 2002). Quanto maior o valor, melhor será o padrão de qualidade da muda (Gomes & Paiva, 2004).

No presente trabalho observa-se valores de IQD de 0,13 no T2 e T4; 0,14 no T3 e T5; 0,11 no T6; 0,10 no T7 e 0,06 no T8. O T1 se mostrou estatisticamente superior para essa variável, com valor de 0,19 (Figura 3.5). Segundo Gomes & Paiva (2004), o valor mínimo é de 0,2, porém deve-se lembrar que este valor foi baseado na qualidade de mudas de *Pseudotsuga menziessi* e *Picea abies*. Para o gênero *Eucalyptus*, valores inferiores de IQD vem sendo verificados.

Binotto (2007) observou IQD de 0,05 em mudas de *Eucalyptus grandis* aos 120 dias, enquanto que Oliveira Junior (2009) obteve IQD médio de 0,11 em mudas de *Eucalyptus urophylla* produzidas em substrato comercial aos 100 dias. Indicando desta forma, que o IQD ideal depende da espécie em questão.

É possível constatar que vários estudos na literatura mostram que a relação H/DC e o IQD são características variáveis (Caldeira et al., 2008; Caldeira et al., 2012; Saidelles et al., 2009; Kratz, 2011; Gomes et al., 2013). Neste sentido, pode-se inferir que as características em questão podem variar em função da espécie, do manejo das mudas no viveiro, do tipo e da proporção do substrato, do

volume do recipiente e, principalmente, de acordo com a idade em que a muda foi avaliada (Caldeira et al., 2012).

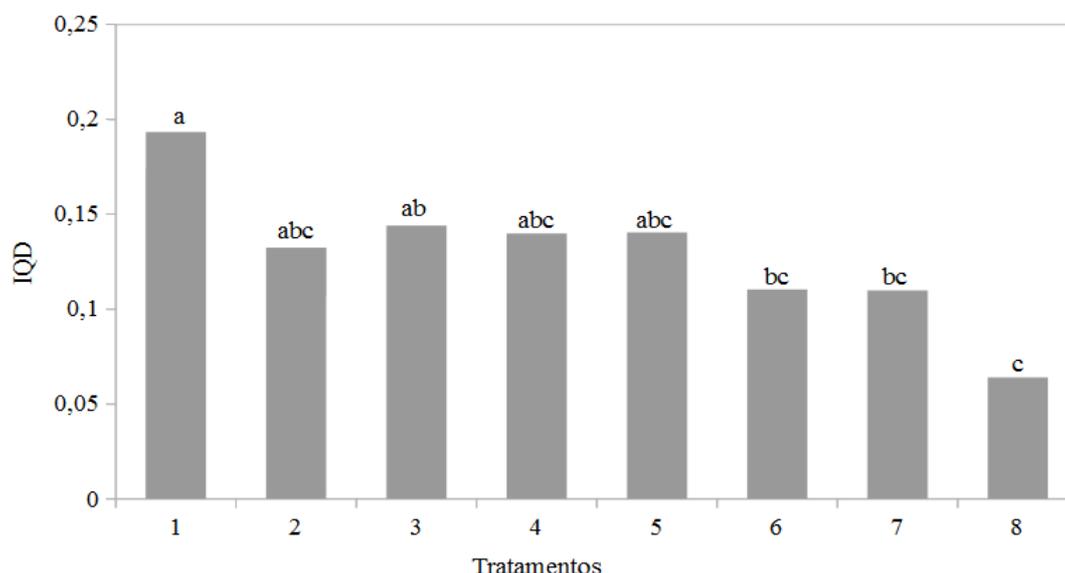


Figura 3.5. Índice de qualidade de Dickson (IQD) de mudas de *Eucalyptus grandis*, aos 120 dias após a semeadura, produzidas em substratos de resíduos agroindustriais. Médias seguidas da mesma letra, entre os tratamentos, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

3.3.6 Avaliação da facilidade de retirada das mudas do tubete (FRT) e agregação das raízes ao substrato (AGR)

A facilidade de retirada das mudas do tubete, segundo Wendling et al. (2007), é de grande importância no momento da expedição, visto que determina a rapidez de preparação das mudas e além do que, em substratos difíceis de serem retirados, pode ocasionar a desintegração do torrão. A agregação do sistema radicular com o substrato é importante para garantir o pegamento, a sobrevivência e o desenvolvimento das mudas após o plantio no campo.

No sistema de produção de mudas em tubetes, um sistema radicular bem formado e bem agregado ao substrato é requisito fundamental na definição do padrão de qualidade de mudas (Gomes et al., 1985). Esta característica é importante no manuseio, transporte, retirada e plantio das mudas no campo (Capinhos Jr. et al., 1984), contribuindo para a sua sobrevivência.

A facilidade de retirada da muda do tubete nos tratamentos T1 (SC), T2 (SC + 10% lodo), T3 (SC + 20% lodo), T4 (SC + 40% lodo) e T8 (FC + 40% lodo), ficou abaixo da nota 5. Os demais tratamentos foram de fácil retirada do tubete com grau de classificação acima de 5 (Figura 3.6). Quanto à agregação das raízes ao substrato, os tratamentos T1 (SC), T2 (SC + 10% lodo), T3 (SC + 20% lodo) e T5 (FC), apresentaram maior agregação, enquanto que aqueles a base de fibra de coco + lodo compostado nas proporções de 20% (T7) e 40% (T8) e substrato comercial + lodo compostado na proporção de 40% (T4) apresentaram menor índice de agregação, sendo que o tratamento a base de FC misturado com lodo compostado na proporção de 40% (T8), obteve valor estatisticamente inferior (Figura 3.6).

Resultados semelhantes foram encontrados por Trigueiro & Guerrini (2003), em que os tratamentos com maiores proporções de biossólido apresentaram torrão com qualidade inferior ao substrato comercial, devido ao menor enraizamento desses tratamentos.

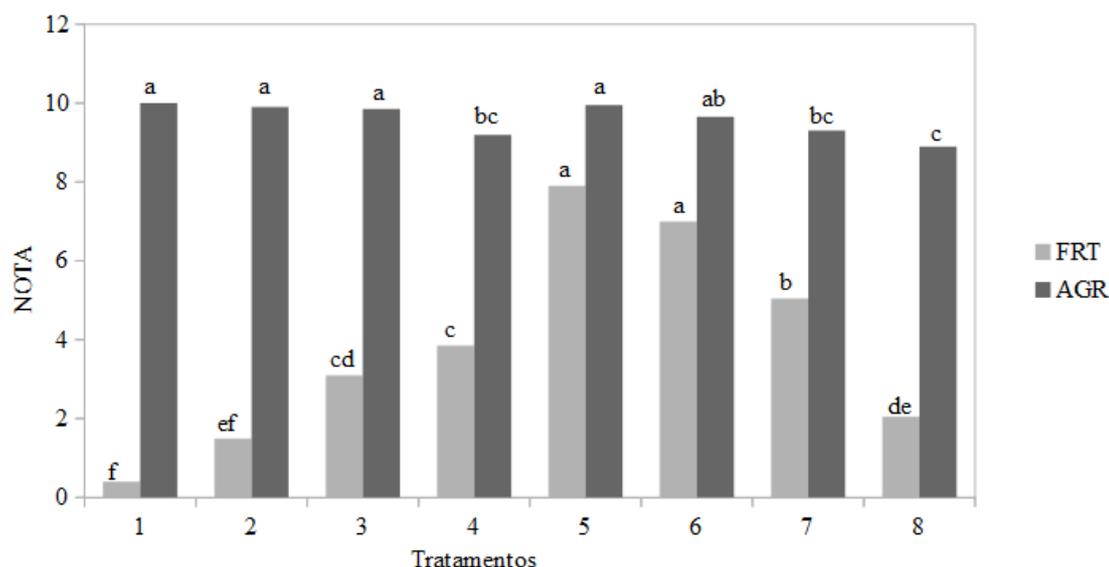


Figura 3.6. Facilidade de retirada das mudas do tubete (FRT) e agregação das raízes ao substrato (AGR) de mudas de *Eucalyptus grandis*, aos 120 dias após a semeadura, produzidas em substratos de resíduos agroindustriais. Médias seguidas da mesma letra, entre os tratamentos, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Observa-se na Figuras 3.1, 3.2, 3.4, 3.5 e 3.6 que existe relação positiva entre a agregação da raiz ao substrato com a altura, diâmetro, IQD e massa de matéria seca da parte aérea e radicial, mesmo nas variáveis em que não houve diferença estatística entre os tratamentos. Aguiar et al.(1989) constataram bom estado de agregação em mudas de *Eucalyptus grandis* produzidas em substratos formulados a base de turfa palhosa combinada com bagaço de cana carbonizado, casca de arroz carbonizada, galho de eucalipto carbonizado, folha de eucalipto decomposta e vermiculita, na proporção de 50/50, superando a terra de subsolo quando combinada com os mesmos elementos.

Segundo Wendling & Delgado (2008), o substrato para produzir mudas em tubetes deve ser agregado o suficiente para que o torrão em volta da muda não se rompa quando a embalagem for retirada para plantio ou transporte, ocasionando exposição das raízes ao ressecamento e dificultando a pega e a sobrevivência das mudas. No entanto, se o substrato for muito coeso haverá dificuldade em sua retirada da embalagem, podendo romper as raízes ou provocar danos no crescimento radicial das mudas. A agregação das raízes ao substrato está diretamente relacionada com o enraizamento, onde quanto maior, maior será a agregação.

Wendling et al. (2007), testaram a agregação da raiz para as mudas de *Ilex paraguariensis*, e obtiveram boa agregação para o substrato comercial, em torno de 6, não sendo semelhante ao valor encontrado nesse trabalho, em que o T1 (100% substrato comercial) obteve agregação de aproximadamente 10. Costa et al. (2005), a combinação da vermiculita com o pó de coco ou com a casca de arroz carbonizada, não formou substrato adequado para uma fácil retirada do tubete.

Mudas com baixo enraizamento podem apresentar grande facilidade de retirada do tubete, mesmo não apresentando boa qualidade radicial, conforme observado por Trigueiro & Guerrini (2003). Esses autores, em estudo realizado com *Eucalyptus grandis* tiveram dificuldade na extração das mudas produzidas no substrato contendo 80% de biossólido e 20% de casca de arroz carbonizada, visto o baixo enraizamento proporcionado por esse tratamento. No entanto, o substrato comercial também apresentou problemas na extração, visto ao maior enraizamento, dificultando a liberação da muda. Corroborando com os resultados encontrados nesse trabalho para essas variáveis.

Assim, pode-se concluir que o enraizamento está diretamente relacionado com a facilidade de retirada do tubete, o qual se muito elevado pode dificultar a extração da muda do recipiente, visto a maior compactação proporcionada devido à maior massa de material dentro de um mesmo volume.

3.3.7 Características nutricionais das plantas

Observando os teores de Nitrogênio (N) apresentados na Tabela 3.1, verifica-se que não ocorreu diferença estatística para os tratamentos, com exceção do T6 (FC + 10% lodo), que apresentou o maior valor desse nutriente. Comparando-se esses resultados com os obtidos por Silva (2003), em mudas de *E. grandis* (13,5 g kg⁻¹ a 14,5 g kg⁻¹) verifica-se que os teores obtidos nesse experimento são inferiores. Também são inferiores, quando comparados com os resultados obtidos por Silveira et al. (2001), que indicam como adequados teores de N nas folhas que variam de 13 g kg⁻¹ a 15 g kg⁻¹.

Tabela 3.1. Teores dos macronutrientes na parte aérea de mudas de *Eucalyptus grandis*, aos 120 dias após a semeadura, conduzidas em substratos de resíduos agroindustriais

Tratamentos	Macronutrientes (g kg ⁻¹)				
	N	P	K	Ca	Mg
T1	9,98b	4,52 bc	9,25 b	15,00 a	3,50 a
T2	10,0 b	3,95 cd	9,20 b	11,00 abc	3,00 a
T3	10,2 b	4,64 b	10,10 ab	11,00 abc	2,50 a
T4	10,1 b	5,98 a	9,95 ab	11,75 ab	2,25 a
T5	9,94 b	3,13 e	10,30 ab	6,00 cd	2,75 a
T6	30,00 a	3,83 d	9,50 ab	5,75 d	2,75 a
T7	9,89 b	4,00 cd	10,75 a	5,80 d	2,50 a
T8	10,7 b	5,62 a	10,55 a	7,25 bcd	3,00 a
CV %	4,85	5,91	5,35	23,32	23,42

Médias seguidas de letras iguais, na mesma coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Rocha et al. (2013), em estudo que objetivou avaliar o uso de composto de lodo de esgoto como componente de substrato para produção de mudas clonais de *E. urophylla* e *E. grandis*, encontraram teores de 8,0 g kg⁻¹ a 11 g kg⁻¹ desse nutriente.

De modo geral, os maiores teores de Fósforo (P) foram encontrados nas mudas produzidas em substratos com 40% lodo compostado (T1 e T8). A disponibilidade natural do P é muito pequena. É um elemento que em quantidades adequadas estimula o crescimento radicial, essencial para a boa formação da planta e incrementa a produção. Os valores adequados para P segundo Bellote & Silva (2000) para mudas de *Eucalyptus* variam de 0,9 g kg⁻¹ a 0,14 g kg⁻¹. Os valores encontrados nessa pesquisa foram superiores aos indicados por esses autores. O teor de P mais baixo encontrado na análise nutricional foi para o T5 (FC), de 3,3 g kg⁻¹ e os maiores valores encontrados, no T4 (SC + 40% lodo) e T8 (FC + 40% lodo), com 5,9 g kg⁻¹ e 5,6 g kg⁻¹ respectivamente (Tabela 3.1), corroborando com os resultados encontrados por Silva (2003), que obteve valores de 4,0 g kg⁻¹ a 5,1 g kg⁻¹ para mudas de *E. grandis*. Comparando-se aos indicados por Malavolta et al. (1997), (1,3 g kg⁻¹ a 1,4 g kg⁻¹), verifica-se que os teores obtidos são superiores.

Neste caso, o P não influenciou o crescimento radicial, pois o T8 (FC + 40% lodo) não apresentou bons resultados em relação ao volume da raiz. O T1 (SC) que se destacou perante o volume de raiz, teve um valor de P baixo em relação ao T8 (Figura 3.4 e Tabela 3.1).

Segundo Schawambach et al. (2005), a deficiência de P nas fases de indução e formação das raízes reduz significativamente seu comprimento.

Em estudo que objetivou avaliar o uso de composto de lodo de esgoto como componente de substrato para produção de mudas clonais de *Eucalyptus urophylla* e *E. grandis*, Rocha et al. (2013), encontraram teores de 1,3 g kg⁻¹ a 3,0 g kg⁻¹ desse nutriente, sendo o maior teor verificado no tratamento com 20% de composto de lodo e 80% de casca de arroz carbonizada. De acordo com Novais et al. (1980) e Novais et al. (1982), o N e o P são nutrientes altamente requeridos nos estágios iniciais de desenvolvimento das mudas de eucalipto.

Os maiores teores de Potássio (K), na parte aérea foram encontrados nas mudas produzidas com os substratos T7 (FC + 20% lodo) e T8 (FC + 40% lodo) (Tabela 3.2). Comparando esses resultados com os obtidos por Silva (2003), em mudas de *E.*

grandis (27 g kg⁻¹ a 33,5 g kg⁻¹), verifica-se teores inferiores nesse experimento. No entanto, comparando-se aos indicados por Malavolta et al. (1997), (10 g kg⁻¹ a 12 g kg⁻¹), verifica-se que os teores obtidos são adequados. Resultados obtidos por Silveira et al. (2001), indicam como faixa adequada de K nas folhas de mudas, valores de 15 g kg⁻¹ a 20 g kg⁻¹.

As mudas produzidas com substrato comercial puro (T1) e em mistura com lodo compostado nas proporções de 10, 20 e 40% (T2, T3 e T4), apresentaram os maiores teores de Cálcio (Ca). Malavolta et al. (1997), indicam, como adequado, teores de 8 g kg⁻¹ a 12 g kg⁻¹. Silva (2003), indica como adequada faixas de 11,3 g kg⁻¹ a 12,8 g kg⁻¹. Observa-se na Tabela 3.1 que os valores encontrados para T1 (SC), T2 (SC + 10% lodo), T3 (SC + 20% lodo) e T4 (SC + 40% lodo) estão dentro da faixa considerada como ideal, de 11 g kg⁻¹ a 15 g kg⁻¹. Corroborando com resultados obtidos por Silveira et al. (2001), que indicam como faixa adequada de Ca nas folhas de mudas, valores de 10 g kg⁻¹ a 15 g kg⁻¹. Nos demais tratamentos com fibra de coco e lodo compostado, verifica-se teores de 5,75 g kg⁻¹ a 7,25 g kg⁻¹, ficando abaixo da faixa considerada como ideal por esses autores. Bellote & Silva (2000) obtiveram em suas análises com folhas de eucaliptos valores de Ca que variaram de 3,8 g kg⁻¹ a 6 g kg⁻¹.

Para Magnésio (Mg) não houve diferença significativa entre os tratamentos. Os teores obtidos foram de 2,25 g kg⁻¹ a 3,5 g kg⁻¹. Comparando esses resultados com os obtidos por Silva (2003), em mudas de *E. grandis* (4,8 g kg⁻¹ a 5,4 g kg⁻¹) verifica-se que os teores obtidos nesse experimento são inferiores. Quando comparados com a faixa considerada como adequada por Malavolta et al. (1997), (4,0 g kg⁻¹ a 5,0 g kg⁻¹), também se mostraram inferiores (Tabela 3.1).

Trigueiro (2002), trabalhando com o uso de biofóssido como substrato para produção de mudas de pinus e eucalipto, observou que os acúmulos de P, K e Mg na parte aérea das mudas dos tratamentos com biofóssido foram significativamente inferiores aos obtidos na testemunha (substrato comercial).

Observando a Tabela 3.2, verifica-se que os teores obtidos para o Cobre (Cu) em todos os tratamentos foram superiores, quando comparados com a faixa considerada como adequada por Malavolta et al. (1997), de 8,0 mg kg⁻¹ a 10,0 mg kg⁻¹. Silva (2003), encontrou teores na faixa de 8,34 mg kg⁻¹ a 9,75 mg kg⁻¹.

Tabela 3.2. Teores dos micronutrientes na parte aérea de mudas de *Eucalyptus grandis*, aos 120 dias após a semeadura, conduzidas em substratos de resíduos agroindustriais

Tratamentos	Micronutrientes (mg kg ⁻¹)			
	Cu	Fe	Mn	Zn
T1	82,75 ab	315,25 a	202,75 b	13,92 a
T2	89,25 ab	126,75 bc	210,00 b	10,85 a
T3	70,00 b	67,25 d	194,25 b	12,17 a
T4	65,50 b	139,25 b	258,50 b	12,75 a
T5	87,25 ab	78,50 cd	207,25 b	10,10 a
T6	84,50 ab	71,00 d	236,25 b	12,37 a
T7	102,00 a	76,25 cd	354,50 a	12,67 a
T8	88,50 ab	70,25 d	361,25 a	12,32 a
CV %	14,83	18,86	12,07	15,86

Médias seguidas de letras iguais, na mesma coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Soares (1999), encontrou teores de Cu na parte aérea das mudas dos tratamentos com biossólidos próximos da faixa considerada excessiva para o crescimento das espécies, enquanto que para o Zinco (Zn) os valores encontrados foram superiores, de acordo com Kabata-Pendias & Pendias (1985). Esses autores apresentaram, sem considerar a espécie vegetal, uma faixa de concentração fitotóxica de 20 mg kg⁻¹ a 100 mg kg⁻¹ para Cu e 100 mg kg⁻¹ a 400 mg kg⁻¹ para o Zn no tecido foliar.

As mudas produzidas com substrato comercial (T1) apresentaram os maiores teores de Ferro (Fe), de 315,25 mg kg⁻¹ (Tabela 3.2). Malavolta et al. (1997), indicam como adequados, teores de 150,00 mg kg⁻¹ a 200,00 mg kg⁻¹. Observa-se na Tabela 3.2, que de acordo com os valores indicados por Malavolta et al. (1997), os teores encontrados nos demais tratamentos ficaram abaixo dos valores indicados. No entanto estão dentro da faixa considerada como adequada por Silva (2003), que encontrou teores de 67,20 mg kg⁻¹ a 105,30 mg kg⁻¹.

A concentração foliar de Fe varia normalmente de 10 mg kg⁻¹ a 1000 mg kg⁻¹ na biomassa seca, sendo considerada suficiente uma variação de 50 mg kg⁻¹ a 70 mg kg⁻¹ para a maioria das plantas (Motta et al., 2007).

Para Manganês (Mn) os maiores teores obtidos foram de 361,25 mg kg⁻¹ e 354,50 mg kg⁻¹ para os tratamentos T7 (FC + 20% lodo) e T8 (FC + 40% lodo) respectivamente (Tabela 3.2). Observa-se que os resultados obtidos em todos os tratamentos foram inferiores, quando comparados aos obtidos por Silva (2003), em mudas de *E. grandis* (430,20 mg kg⁻¹ a 560,9 mg kg⁻¹). No entanto estão dentro da faixa considerada como adequada por Malavolta et al. (1997), (100,00 mg kg⁻¹ a 600,00 mg kg⁻¹). Silveira et al. (2001), indicam teores de 300,00 mg kg⁻¹ a 500,00 mg kg⁻¹ para mudas de eucalipto.

Em seu trabalho com o uso de bio-sólidos como substrato para produção de mudas de pinus e eucalipto, Trigueiro (2002), verificou que a concentração de Mn dos tratamentos com bio-sólido, foram superior à testemunha (substrato comercial).

Normalmente a concentração do Mn na matéria seca varia de 10 mg kg⁻¹ a 50 mg kg⁻¹, podendo estar nos tecidos de algumas plantas em concentrações maiores de 200 mg kg⁻¹ ou mais (Motta et al., 2007). Pequenas quantidades de Mn satisfazem às exigências nutricionais das espécies florestais. O Mn é essencial para síntese de clorofila e pode afetar a disponibilidade de ferro (Carneiro, 1995).

Para Zn não houve diferença significativa entre os tratamentos avaliados (Tabela 3.2). Os teores obtidos foram de 10,85 mg kg⁻¹ a 13,92 mg kg⁻¹. Comparando esses resultados com os obtidos por Silva (2003), em mudas de *E. grandis* (47,8 mg kg⁻¹ a 76,0 mg kg⁻¹) verifica-se que os teores obtidos nesse experimento são inferiores. Também são considerados inferiores, quando comparados com a faixa considerada como adequada por Silveira et al. (2001), que encontraram teores de 30,0 mg kg⁻¹ a 40,0 mg kg⁻¹.

O Zn tem uma participação muito importante no metabolismo energético da planta, influenciando na formação de matéria seca dos vegetais, e apresenta uma concentração nas plantas de 15 mg kg⁻¹ a 50 mg kg⁻¹ de matéria seca (Motta et al., 2007). As mudas deficientes em Zn apresentam baixa estatura, menor crescimento vegetativo e folhas pequenas. Apesar das mudas apresentarem teores de Zn inferiores aos teores considerados como adequados, não apresentaram sintomas de deficiência e mostraram crescimento satisfatório.

Não se verificou, durante a fase de viveiro sintomas de toxidez ou deficiência de quaisquer nutrientes, causada, respectivamente, pela falta ou excesso de nutrientes nos substratos testados. Todos os tratamentos contendo lodo compostado em

sua composição apresentaram mudas com desenvolvimento satisfatório para o plantio. Esses resultados concordam com os de outros trabalhos, que têm indicado efeitos benéficos do uso do biossólido como parte da composição de substratos para mudas de diferentes espécies florestais (Trigueiro & Guerrini, 2003; Faustino et al., 2005; Cunha et al., 2006).

3.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo demonstrou a possibilidade do cultivo de mudas de *Eucalyptus grandis* em substratos contendo fibra de coco e lodo compostado.

As mudas de *Eucalyptus grandis* podem ser produzidas satisfatoriamente em todos os substratos estudados, demonstrando possuírem grande plasticidade adaptativa.

Nenhum substrato testado, apresentou valores ideais em todos os parâmetros estudados.

Os materiais e formulações testadas apresentaram algumas propriedades físicas distintas daquelas citadas como ideais para um substrato destinado à produção de mudas. No entanto todos os substratos analisados foram adequados para a produção de mudas de *Eucalyptus grandis* com bom desenvolvimento e índice de qualidade.

De forma geral, as mudas mostraram boa tolerância à presença do lodo compostado até a fração volumétrica de 40% da mistura.

3.5 CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos e nas condições em que foi desenvolvida esta pesquisa, conclui-se que:

Todos os substratos renováveis analisados são adequados para a produção de mudas de *Eucalyptus grandis*.

Os substratos T2 (SC + 10% lodo) se destaca promovendo maior crescimento em altura, e T1 (SC), maior diâmetro do caule.

As mudas desenvolvidas nos substratos formulados com 40% de lodo compostado acumulam mais fósforo.

Nos tratamentos em que se utilizou fibra de coco e lodo compostado (T5, T6, T7 e T8), observa-se uma redução na altura, diâmetro do colo, peso de massa de matéria seca aérea e radicular das mudas de *Eucalyptus grandis*, a medida que se aumenta a proporção de lodo compostado.

A utilização do lodo compostado e da fibra de coco como substrato para produção de mudas *Eucalyptus grandis* é uma alternativa promissora, pois estes resultam em um desenvolvimento adequado das mudas.

O uso de lodo compostado na composição do substrato para produção de mudas representa uma alternativa viável, racional e ambientalmente sustentável.

3.6 REFERÊNCIAS

AGUIAR, I. B.; VALERI, S. V.; BANZATTO, D. A.; CORRADINI, L.; ALVARENGA, S. F. **Seleção de componentes de substrato para produção de mudas de eucalipto em tubetes**. IPEF, Piracicaba, n. 41/42, p. 36-43, 1989.

ALMEIDA, L. S. **Avaliação morfológica de mudas de *Allophylus edulis* (a. st.-hil., a. juss. & cambess.) radl. (vacum) e *Schinus terebinthifolius raddi* (aroeira) produzidas em diferentes substratos**. 2005. 105 p. Dissertação (Ciências Florestais), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

AMARAL, R. D.; BARROS, N. F.; COSTA, L. M.; FONTES, M. P. F. Efeito de um resíduo da indústria de zinco sobre a química de amostras de solo e plantas de milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 20, p. 433-440, 1996.

ALVES, W. L.; PASSONI, A. A. Composto e vermicomposto de lixo urbano na produção de mudas de oiti (*Licania tomentosa* Benth.) para arborização. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 32, n. 10, p. 58-62, 1997.

ARTUR, A. G.; CRUZ, M. C. P.; FERREIRA, M. E.; BARRETTO, V. C. M.; YAGI, R. Esterco bovino e calagem para formação de mudas de guanandi. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 6. p. 843-850, 2007.

BELLOTE, A. F. J.; SILVA, H. D. Técnicas de amostragem e avaliações nutricionais em plantios de *Eucalyptus* spp. In: GONÇALVES, J. L. de M.; BENEDETTI, V. (Eds.). **Nutrição e Fertilização Florestal**, Piracicaba: IPEF, 2000, p. 106-129.

BINOTTO, A. F. **Relação entre variáveis de crescimento e o Índice de Qualidade de Dickson em mudas de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maid e *Pinus elliottii* var. *elliottii* – Engelm.** 2007. 53 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal), Universidade Federal de Santa Maria, 2007.

BIRCHLER, T.; ROSE, R. W.; ROYO A., PARDOS, M. La planta ideal: revision del concepto, parametros definitorios e implementaction practica. **Investigacion Agraria, Sistemas y Recursos Forestales**, Madrid, v. 7, n. 1/2, p. 109-121, 1998.

BONNET, B. R. P. **Produção de mudas de *Eucalyptus viminalis* Lambill. (Myrtaceae), *Schinus terebinthifolius* Raddi (Anacardiaceae) e *Mimosa scabrella* Benth. (Mimosaceae) em substrato com lodo de esgoto anaeróbico digerido alcalinizado e compostado.** 2001. 135 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2001.

CALDEIRA, M. V. W.; BLUM, H.; BALBINOT, R.; LOMBARD I, K. C. Uso do resíduo do algodão no substrato para produção de mudas florestais. **Revista Acadêmica: Ciências Agrárias e Ambientais**, Curitiba, v. 6, p. 191-202, 2008a.

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

CALDEIRA, M. V. W.; PERONI L.; GOMES, D. R.; DELARMELINA, W. M, TRAZZI, P. A. Diferentes proporções de biossólido na composição de substratos para a produção de mudas de timbó (*Ateleia glazioveana* Baill). **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 40, n. 93, p. 15-22, 2012.

CALDEIRA, M. V. W.; GONÇALVES, E. O.; TRAZZI, P. A.; DELARMELINA, W. M.; ROCHA, R. L. F. Crescimento de mudas de *Eucalyptus grandis* utilizando lodo de esgoto, fibra de coco e palha de café in natura. **Floresta**, Curitiba, v. 44, n. 2, p. 196-206, 2014.

CAMPOS, L. A. A.; SA, J. C. A.; DENATE, M. E. S. P.; VELHO, L. M. L. S.; VICENTE, M. E. A.. A Influência de profundidade de semeadura e substratos no desenvolvimento inicial de sibipiruna (*Caesalpinia peltophoroides* Benth.). **Científica**, São Paulo, v. 14, n. 1/2, p. 101-113, 1986.

CARNEIRO, J. G. A. **Produção e Controle de Qualidade de Mudanças Florestais.** Curitiba. Universidade Federal do Parana /FUPEF; Campos: Universidade Estadual do Norte Fluminense, 1995. 451 p.

COSTA, A. M. G., COSTA, J. T. A.; CAVALCANTI JUNIOR, A. T.; CORREIA, D.; MEDEIROS FILHO, S. Influência de diferentes combinações de substratos na formação de porta-enxertos de gravioleira (*Annona muricata* L.). **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 36. n. 3, p. 299-305, 2005.

CUNHA, A. M.; CUNHA, G. M.; SARMENTO, R. A.; CUNHA, G. M.; AMARAL, J. F. T. Efeito de diferentes substratos sobre o desenvolvimento de mudas de *Acacia* sp. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 2, p. 207-214, 2006.

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

FAUSTINO, R.; KATO, M. T.; FLORENCIO, L.; GAVAZZA, S. Lodo de esgoto como substrato para produção de mudas de *Senna siamea* Lam. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, p. 278-282, 2005.

FIGUEIREDO, F. A. M. M.; CARNEIRO, J. G. A.; PENCHEL, R. M.; BARROSO, D. G.; DAHER, R. F. Efeito das variações biométricas de mudas clonais de eucalipto sobre o crescimento no campo. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 35, n. 1, p. 01-11, 2011.

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

FRANCZAK, D. D.; RONDON NETO, R. M. ROSA, T. F. D.; LIMA, V. S. **Adição de Dosagens de Lodo de Curtume em Substrato Comercial para Produção de Mudanças de Caroba (Jacaranda Cuspidifolia Mart.)**. In: VI Encontro Nacional sobre Substratos para Plantas Materiais Regionais como Substrato, Fortaleza, 2008, disponível em: <http://www.cnpat.embrapa.br/viensub/Trab_PDF/sub_13.pdf>. Acessado em: 25 Abr. 2013.

FREIER, M.; MALAVASI, U. C.; MALAVASI, M. M. Efeitos da aplicação de biossólido no crescimento inicial de *Eucalyptus citriodora* Hook. **Revista de Ciências Agroveterinárias**. Lages, v. 5, n. 2, p. 102-107, 2006.

FREITAS, T. A. S.; BARROSO, D. G.; CARNEIRO, J. G. DE A.; PENCHEL, R. M.; LAMÔNICA, K. R.; FERREIRA, D. de A. Desempenho radicular de mudas de eucalipto produzidas em diferentes recipientes e substratos. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 29, n. 6, p. 853-861, 2005.

GARCIA, J. N.; PEREIRA, M. G. **O Eucalipto e a pequena propriedade rural**. Piracicaba: ESALQ, 2010. 59 p.

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

GONÇALVES, J. L. M.; SANTARELLI, E. G.; MORAES NETO, S. P.; 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, IPEF, 2000. p. 309-350.

GOMES, D. R.; CALDEIRA, M. V. W.; DELARMELINA, W. M.; GONÇALVES, E. O.; TRAZZI, P.A. Lodo de esgoto como substrato para produção de mudas de *Tectona grandis* L. **Cerne**, Lavras, v. 19, n. 1, p. 123-131, 2013.

GOMES, J. M.; COUTO, L.; RODRIGUES, A. R. Uso de diferentes substratos na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* em tubetes e em bandejas de isopor. **Revista árvore**, Viçosa, v. 9, n. 1, p. 58-86, 1985.

GOMES, J. M.; PAIVA, H. N.; COUTO, L. Produção de mudas de eucalipto. In: **Informe Agropecuário**, EPAMIG. Belo Horizonte, v. 18, n. 185, p. 15-22, 1996.

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

GOMES, J. M.; PAIVA, H. N. **Viveiros florestais (propagação sexuada)**. Viçosa: Editora UFV, 2004. (Caderno didático, 72).

GOMES, J. M.; PAIVA, H. N. **Viveiros Florestais: propagação sexuada**. Viçosa: UFV; 2011. 116 p.

GUERREIRO, C. A.; COLLI JÚNIOR, G. Controle de qualidade de mudas de *Eucalyptus spp* na Champion Papel e Celulose S.A. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL: Métodos de Produção e Controle de Qualidade de Sementes e Mudas Florestais, 1984, Curitiba. **Simpósio internacional...** Curitiba: Universidade Federal do Paraná; [Viena]: IUFRO, 1984, p. 127-133.

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**, Viçosa, v. 28, p. 1069-1076, 2004.

HARTMANN, H. T.; KESTER, D. E.; DAVIES JR, F. T.; GENEVE, R. **Plant propagation: principles and practices**. 8th. ed. Boston: Prentice-Hall, 2011. 915 p

KABATA-PENDIAS, A.; PENDIAS, H. **Trace elements in soils and plants**. Boca Raton: cRc Press, 1985. 315 p.

KRATZ, D. **Substratos renováveis na produção de mudas de *Eucalyptus benthamii* Maiden e Cambage e *Mimosa scabrella* Benth**. 2011. 121 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

LACERDA, M. R. B.; PASSOS, M. A. A.; RODRIGUES, J. J. V.; BARRETO, L. P. Características físicas e químicas de substratos à base de pó de coco e resíduo de sisal para produção de mudas de sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 2, p. 163-170, 2006.

LANG, D. Z.; BOTREL, M. C. G. **Crescimento de mudas de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden em diferentes substratos**. Cascavel, v. 1. n. 1, p. 107-117, 2008.

LOPES, J. W. **Produção de mudas de *Eucalyptus grandis* W. (Hill ex Maiden) em diferentes substratos e lâminas de irrigação**. 2004. 100 p. Dissertação. (Mestrado em Irrigação e Drenagem), Faculdade de Ciências Agrônômicas. Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2004.

- MAIA, C. M. B. F. Uso de casca de *Pinus* e lodo biológico como substrato para produção de mudas de *Pinus Taeda*. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 39, p. 81-92, 1999.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. Ed., rev. e atual. Piracicaba: Potafós, 1997. 319 p.
- 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**, Seropédica, v. 21, n. 2, p. 234-242, 2014.
- MOREIRA, F. M. S.; MOREIRA, F. W. Característica de germinação de 64 espécies de leguminosas florestais nativas da Amazônia, em condições de viveiro. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 26, n.1/2, p. 3-16, 1996.
- MOTTA, A. C. V., SERRAT, M.; REISMANN, C. B.; DIONISIO, J. A. **Micronutrientes na rocha, no solo e na planta**. 2007. 246 p.
- NÓBREGA, R. S. A. VILAS BOAS, R. C.; NÓBREGA, J. C. A.; PAULA, A. M.; MOREIRA, F. M. S. Utilização de biossólido no crescimento inicial de mudas de aroeira (*schinus terebinthifolius raddi*). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 31, n. 2, p. 239-246, 2007.
- NOVAES, A. B. **Avaliação morfofisiológica da qualidade de mudas de *Pinus taeda* L., produzidas em raiz nua e em diferentes tipos de recipientes**. 1998. 118 p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1998.
- NOVAIS, R. F., RÉGO, A. K., GOMES, J. M. Nível crítico de potássio no solo e na planta para o crescimento de mudas de *Eucalyptus grandis* W.Hill ex Maiden e de *Eucalyptus cloëziana* F.Muell. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 4, n. 1, p. 14-23, 1980.
- NOVAIS, R. F., BARROS, N. F., NEVES, J. C., COUTO, C. Níveis críticos de fósforo no solo para o eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 6, n. 1, p. 29-37, 1982.
- NUNES, M. U. C. **Produção de mudas de hortaliças com o uso de plasticultura e do pó de coco**. Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju, n. 13, 2000, 29 p. (Circular Técnica 48).
- OLIVEIRA, R. B. LIMA, J. S. S.; SOUZA, C. A. M.; SILVA, S. A.; 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.
- OLIVEIRA JÚNIOR, O. A. **Qualidade de mudas de *Eucalyptus urophylla* produzidas em diferentes substratos**. 2009. 68 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista, 2009.

REIS, G. G.; REIS, M. G. F.; MAESTRI, M.; XAVIER, A.; OLIVEIRA, L. M. Crescimento de *Eucalyptus camaldulensis*, *E. grandis* e *E. cloeziana* sob diferentes níveis de restrição radicular. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 13, n. 1, p. 1-18, 1989.

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, p. 27-35, 2013.

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-damata e garapeira. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 30, Suplemento 1, p. 1173-1186, 2009.

SCHAWAMBACH, J.; FADANELLI, C.; FETT NETO, A. G. Mineral nutrition and adventitious rooting in microcuttings of *Eucalyptus globulus*. **Tree Physiology**, Oxford, v. 25, p. 487-494, 2005.

SCHEER, M. B.; CARNEIRO, C.; SANTOS, K. G. Substratos à base de lodo de esgoto compostado na produção de mudas de *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 38, n. 88, p. 637-644, 2010.

SEPIN - Secretaria do Planejamento e do Desenvolvimento do Estado de Goiás – SEPLAN. Superintendência de Pesquisa e Informação – SEPIN. 2003. Disponível em: <<http://www.seplan.go.gov.br/sepin/>>. Acessado em: 24 Jul. 2013.

SILVA, M. R. **Efeitos do manejo hídrico e da aplicação de potássio na qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis* W. (Hill ex. Maiden)**. 2003, 100 p. Tese (Doutorado), Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2003.

SILVEIRA, R. L. V. A.; ARAUJO, E. F.; SOUZA, A. J.; Avaliação do estado nutricional de povoamentos de *Eucalyptus* pelo método do nível crítico e DRIS. Piracicaba: Relatório de Pesquisa da Bahia Sul Celulose, 2001. 82 p.

SIMÕES, J. W. **Métodos de produção de mudas de eucalipto**. 1968. 71 p. Tese (Doutorado em Agronomia), Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1968.

SOARES, C. R. F. S. **Toxidez de zinco, cobre, cádmio e chumbo para eucalipto em solução nutritiva**. Lavras, 1999. 132 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) Universidade Federal de Lavras, 1999.

STURION, J. A.; ANTUNES, B. M. A. Produção de mudas de espécies florestais. In: GALVÃO, A. P. M. **Reflorestamento de propriedades rurais para fins de produtivos e Ambientais**: um guia para ações municipais e regionais. Brasília, DF: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia; Colombo: Embrapa Florestas, 2000. p. 125-150.

TRIGUEIRO, R. M. **Uso de bioossólidos como substrato para produção de mudas de pinus e eucalipto**. 2002, 94 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Estadual Paulista “Júlio e Mesquita Filho”. Botucatu, 2002.

TRIGUEIRO, R. DE M.; GUERRINI, I. A. Uso de bioossólido como substrato para produção de mudas de eucalipto. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 64, p. 150-162, 2003.

VALERI, S. V.; CORRADINI, L. Fertilização em viveiros para produção de mudas de *Eucalyptus* e *Pinus*. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: Instituto de Pesquisa Florestal, 2000. p. 167-190

WENDLING, I.; GUASTALA, D.; DEDECEK, R. Características físicas e químicas de substratos para produção de mudas de *Ilex paraguariensis* St. Hil. **Revista Árvore**, Viçosa, 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 .

WENDLING, I.; DELGADO, M. E. **Produção de mudas de araucária em tubetes**. Colombo: Embrapa Florestas, 2008. 8 p. (Embrapa Florestas. Comunicado técnico, 201).

WENDLING, I.; DUTRA, L. F.; GROSSI, F. **Produção de mudas de espécies lenhosas**. Colombo: Embrapa Florestas, 2006. 1 CD-ROM. (Embrapa Florestas. Documentos, 130).

4 QUALIDADE DE MUDAS DE *Acacia mangium* EM SUBSTRATOS DE RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS

RESUMO

Baseado na importância do substrato para produção de mudas e da utilização de materiais renováveis para sua formulação objetivou-se nesse estudo avaliar a viabilidade técnica da utilização de substratos produzidos a partir de fibra de coco e resíduos da agroindústria para a produção de mudas de *Acacia mangium*. A produção de mudas foi efetuada pelo método de semeadura direta em tubetes de 115 cm³. As fontes de materiais orgânicos utilizados para a composição dos substratos foram substrato comercial, fibra de coco e lodo compostado (resíduo proveniente da indústria de processamento de tomate). O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com oito tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos foram: substrato comercial; substrato comercial + 10% de lodo; substrato comercial + 20% de lodo; substrato comercial + 40% de lodo; fibra de coco; fibra de coco + 10% de lodo; fibra de coco + 20% de lodo e fibra de coco + 40% de lodo. Foram avaliados os seguintes parâmetros relativos ao crescimento das mudas: altura da planta, diâmetro do colo, massa de matéria seca aérea e radicial, facilidade de retirada das mudas do tubete, agregação das raízes ao substrato e análise química do tecido vegetal da parte aérea. Os resultados revelaram que a utilização do lodo compostado e da fibra de coco como substrato para produção de mudas de *Acacia mangium* é uma alternativa promissora, pois estes resultaram em um desenvolvimento adequado das mesmas. Portanto, a destinação desses resíduos para esse fim é tecnicamente viável para produção de mudas.

Palavras-chave: produção de mudas, fibra de coco, lodo.

ABSTRACT

QUALITY OF *Acacia mangium* SEEDLINGS IN AGROINDUSTRIAL WASTE SUBSTRATES

Based on the importance of substrate for seedling production and use of renewable materials in its formulation, this study aimed to assess the technical feasibility of using substrates made from coconut fiber and waste of agricultural industry for the production of *Acacia mangium* seedlings. The production of seedlings

was performed by direct seeding method in tubes of 115 cm³. The sources of organic materials used for the composition of the substrates were commercial substrate, coconut fiber and composted sludge (waste from the tomato processing industry). The experimental design was completely randomized with eight treatments and four replications. The treatments were: commercial substrate; commercial substrate + 10% sludge; commercial substrate + 20% sludge; commercial substrate + 40% sludge; coconut fiber; coconut fiber + 10% sludge; coconut fiber plus 20% sludge and coconut fiber plus 40% sludge. The following parameters for the growth of seedlings plant were evaluated: height, stem diameter, dry mass of aerial part and radicial part, ease of removal of the cartridge seedlings, aggregation of roots to the substrate and chemical analysis of the aerial part of the plant. The results showed that the use of sludge and composted coconut fiber as substrate for production of *Acacia mangium* seedlings is a promising alternative, as these resulted in the adequate development of the same. Therefore, the allocation of such waste to this end it is technically feasible to produce seedlings.

Key words: seedling production, coconut fiber, sludge.

4.1 INTRODUÇÃO

A *Acacia mangium* Willd, é uma espécie que merece destaque em relação à recuperação de solos degradados, pois apresenta rápido crescimento e rusticidade, boa adaptabilidade às condições adversas de solo e clima, além de excelente capacidade de fixação biológica de nitrogênio e de produção de biomassa (Duarte et al., 2010).

O gênero *Acacia* possui mais de 1.300 espécies largamente distribuídas nas regiões tropicais e subtropicais do globo. A maioria das espécies produtoras de madeira é encontrada na Papua Nova Guiné. Cresce bem em solos compactados, erodidos e degradados, em declividades acentuadas e em locais infestados com ervas daninhas (Lemmens et al., 1995).

A demanda por produtos de origem florestal aumentou sensivelmente nas últimas décadas, levando a silvicultura a buscar alternativas que pressupõem altas produtividades (Bolfé et al., 2004). Segundo Gonçalves & Poggiani (1996), ao levar em consideração o estabelecimento de povoamentos florestais, a produção de mudas, tanto em quantidade quanto em qualidade, representa uma das fases mais importantes e com repercussão direta na produtividade e qualidade do produto final.

A qualidade das mudas é fundamental, pois influencia na percentagem de sobrevivência, na velocidade de crescimento, e conseqüentemente, no sucesso do plantio.

Além disso, mudas de melhor qualidade, por terem maior potencial de crescimento, exercem uma melhor competição com a vegetação invasora, reduzindo os custos dos tratamentos culturais (Morgado et al., 2000).

Um dos fatores mais importantes na formação de mudas de qualidade é o substrato. Este deve oferecer características químicas e físicas adequadas ao crescimento de cada espécie e proporcionar que as mudas sobrevivam e apresentem altos índices de crescimento quando levadas às condições de campo.

Segundo Carneiro (1995), Gonçalves & Poggiani (1996) e Gonçalves et al. (2000), o substrato ideal deve oferecer boa estrutura e consistência, de forma a sustentar as sementes e estacas durante a germinação ou enraizamento, ser suficientemente poroso e permitir a drenagem do excesso de água para que se mantenha uma adequada aeração junto ao sistema radicular. Além disso, devem apresentar boa capacidade de retenção de água. Gonçalves et al. (2000), ainda acrescenta que o substrato deve estar prontamente disponível em quantidades adequadas e custos economicamente viáveis e deve ser bem padronizado e homogeneizado, com características físicas e químicas pouco variáveis de lote pra lote.

Diversos compostos podem ser utilizados como substratos para cultivo de espécies vegetais, porém, há situações em que é necessária a realização de misturas desses compostos, atingindo assim as condições químicas e principalmente físicas adequadas para o crescimento das plantas (Grassi Filho & Santos, 2004). A escolha do substrato, quando da sua formulação, deve ser feita em função da disponibilidade de materiais, suas características físicas e químicas, seu peso e custo. É necessário, portanto, testar substratos de fácil aquisição, alternativos a vermiculita, por ser essa de elevado custo (Gomes et al., 1991). De acordo com Schimitz et al. (2002), a crescente utilização de compostos orgânicos como substrato na fase de obtenção de mudas reflete a necessidade de práticas agrícolas sustentáveis que minimizem o impacto ambiental, sendo fundamental que se avaliem os substratos adequados ao desenvolvimento de cada cultura.

A fibra da casca do coco verde, pode ser importante na produção de substratos de boa qualidade para a produção de mudas ou em cultivos sem o uso do solo. As boas propriedades físicas da fibra de coco, a não reação com os nutrientes da adubação, sua longa durabilidade sem alteração das características físicas, a abundância

da matéria-prima e o baixo custo para o produtor, fazem da fibra de coco verde um substrato de excelente uso para a produção de mudas (Carrijo et al., 2002).

A utilização de bio-sólido como componente de substrato é uma alternativa viável para a disposição final desse resíduo, tanto em função da economia de fertilizante que esse material pode proporcionar quanto do benefício ambiental. Todavia é importante observar a proporção desse material na mistura (Trigueiro & Guerrini, 2003). O lodo apresenta grande potencial para aproveitamento agrícola e florestal, quer como condicionante das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, quer como fonte de nutrientes para as plantas cultivadas, tendo em vista sua composição química (Mello et al., 1994; Colodro et al., 2007).

Baseado na importância do substrato na produção de mudas e da utilização de materiais renováveis para sua formulação objetivou-se nesse estudo avaliar os parâmetros relativos ao crescimento das mudas de *Acacia mangium*. Os parâmetros avaliados foram: altura da planta, diâmetro do colo, massa de matéria seca aérea e radicial, facilidade de retirada das mudas do tubete, agregação das raízes ao substrato e análise química do tecido vegetal da parte aérea.

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

4.2.1 Caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido em viveiro localizado na BR 060 km 06, Setor Recreio dos Funcionários Públicos, em Goiânia, GO, nas coordenadas geográficas de 16°42'27" de latitude Sul, 49°21'01" de longitude Oeste, e altitude de 764 metros. A região encontra-se na Bacia do Paranaíba, com clima do tipo Aw (Clima Tropical com estação seca de inverno), segundo a classificação de Koppen. Apresenta precipitações médias anuais entre 1200 mm a 1800 mm, o período chuvoso estende-se de novembro a março e o período seco, de junho a agosto, com os meses de abril, maio e setembro representando os meses de transição. A temperatura máxima média é de 40 °C e mínima média de 11 °C (Sepin, 2003).

4.2.2 Preparo dos substratos, preenchimento dos tubetes e semeadura

As fontes de materiais orgânicos utilizados para a composição dos substratos foram substrato comercial (constituído por 40% de casca de pinus, 20% de fibra e pó de coco, 30% de cinza de bagaço de cana e 10% de vermiculita), fibra de coco e lodo compostado. Os componentes foram misturados manualmente de acordo com os tratamentos determinados. Antes da semeadura, todos os substratos receberam 3 g L⁻¹ de Osmocote de liberação lenta, contendo 13-09-12 (N-P-K) + Micronutrientes.

Os substratos formulados foram acondicionados em tubetes plásticos de 115 cm³, dispostos em mesas de estrutura metálica, que comporta até 744 tubetes (lotação 100%).

Para a superação de dormência, as sementes de *Acacia mangium* foram imersas em água quente a 80 °C por 1 minuto (Lima & Garcia, 1996). Foram semeadas cerca de 3 sementes por tubete a 1 cm de profundidade.

As mesas foram colocadas em área de plena luz e cobertas com tela de sombreamento de 60%. Após um período de 45 dias as mudas foram levadas a pleno sol. As regas foram efetuadas diariamente três vezes ao dia.

4.2.3 Tratamentos

As fontes de materiais orgânicos utilizados para a composição dos substratos foram substrato comercial (constituído por 40% de casca de pinus, 20% de fibra e pó de coco, 30% de cinza de bagaço de cana e 10% de vermiculita), fibra de coco e lodo compostado. Os componentes foram misturados manualmente de acordo com os tratamentos determinados (volume/volume).

Para compor os tratamentos foi utilizado: substrato comercial (T1); substrato comercial + 10% de lodo (T2); substrato comercial + 20% de lodo (T3); substrato comercial + 40% de lodo (T4); fibra de coco (T5); fibra de coco + 10% de lodo (T6); fibra de coco + 20% de lodo (T7) e fibra de coco + 40% de lodo (T8).

4.2.4 Caracterização do lodo compostado

A caracterização do lodo encontra-se na Tabela 2.1.

4.2.5 Parâmetros avaliados

Compreendido 120 dias após a semeadura, as variáveis de avaliação da qualidade das mudas, foram: altura da parte aérea, diâmetro do colo, peso de matéria seca das raízes e da parte aérea, de cinco plantas por repetição. Para a medição das mesmas foi utilizada régua de precisão e paquímetro digital.

Após a obtenção desses dados, foram realizadas as avaliações de facilidade de retirada do tubete e agregação das raízes ao substrato. Para essa avaliação, foi utilizada a metodologia descrita em Wendling et al. (2007). Este método consiste em atribuir notas de zero a dez às variáveis, sendo zero a dificuldade máxima e dez a facilidade máxima de retirada das mudas após três batidas na parte superior (boca) do tubete. Quanto à agregação das raízes ao substrato, as mudas sem os tubetes serão soltas em queda livre a um metro do solo, ao torrão será atribuída uma nota de zero a dez, sendo zero para a muda totalmente esboroada e dez para o torrão íntegro.

As plantas amostradas foram colocadas em estufa (parte aérea e sistema radicular) com ventilação forçada a 65°C, até peso constante para determinação da massa de matéria seca, e após pesadas em balança analítica de precisão, a parte aérea foi moída para determinação de macronutrientes e micronutrientes (N, P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn) em laboratório.

Com a obtenção dos dados também foram calculados os índices morfológicos: relação altura e diâmetro do colo (H/DC) e o índice de qualidade de Dickson (IQD), calculado pela Equação 1:

$$IQD = \frac{BST}{\frac{H}{DC} + \frac{BSA}{BSR}}$$

Em que:

IQD = índice de qualidade de Dickson

BST = biomassa seca total (g)

H = altura (cm)

DC = diâmetro do colo (mm)

BSR = biomassa seca radicular (g)

4.2.6 Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi em blocos inteiramente casualizados, com oito tratamentos: T1 (SC), T2 (SC + 10% lodo), T3 (SC + 20% lodo), T4 (SC + 40% lodo), T5 (FC), T6 (FC + 10% lodo), T7 (FC + 20% lodo) e T8 (FC + 40% lodo) e quatro repetições, sendo cada parcela composta por dez plântulas.

Ao final do experimento, todos os dados foram agrupados e tabulados em planilhas e posteriormente as médias foram comparadas estatisticamente utilizando software estatístico SISVAR. Constatando-se efeito significativo entre os tratamentos, foi utilizado o teste Tukey a 5% de probabilidade, para comparação das médias das variáveis analisadas.

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.3.1 Altura da parte aérea (H)

A altura da parte aérea é um parâmetro muito utilizado, e considerado um dos mais antigos e importantes para estimar o padrão de qualidade de mudas (Gomes et al., 1978; Parviainen, 1981). Segundo Mexal & Lands (1990), a altura da parte aérea das mudas fornece uma excelente estimativa da predição do crescimento inicial da mudas no campo, sendo tecnicamente aceita como uma boa medida do potencial de desempenho das mudas.

Na avaliação de crescimento em altura, as mudas de *Acacia mangium* mostraram superioridade de crescimento no tratamento T6 (FC + 10% lodo), com H de 39 cm. Os demais tratamentos compostos por fibra de coco e lodo compostado, apresentaram valores de H de 37,25 cm no T5 (FC), 36,75 cm no T7 (FC + 20% lodo), e 31,50 cm no T8 (FC + 40% lodo) (Figura 4.1). Pode-se observar que nesses tratamentos, as mudas apresentaram altura dentro da faixa considerada como ideal por Azevedo et al. (1996), que estabeleceram valores de 25 cm a 30 cm para altura média de mudas de *A. Mangium*.

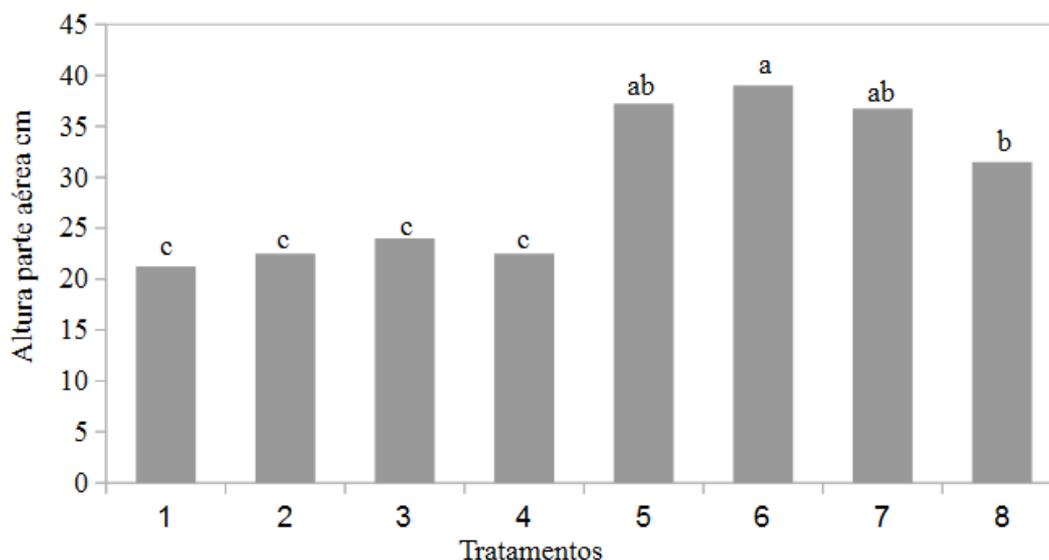


Figura 4.1. Altura da parte aérea de mudas de *Acacia mangium*, aos 120 dias após a sementeira, produzidas em substratos de resíduos agroindustriais. Médias seguidas da mesma letra, entre os tratamentos, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Os tratamentos T1 (SC), T2 (SC + 10% lodo), T3 (SC + 20% lodo) e T4 (SC + 40% lodo), apresentaram menor crescimento em altura, de 21,25 cm, 22,50 cm, 24 cm e 22,50 cm respectivamente (Figura 4.1). Cunha et al. (2006), utilizando lodo de esgoto puro, verificaram crescimento em altura de mudas de *A. mangium* de 16,4 cm, aos 90 dias após a sementeira.

Fonseca (2005) observou valores médios de 21,56 cm para mudas de *Acacia mangium*, produzidas em substrato formulado com 60% composto de lixo urbano + 20% composto de resíduo de poda + 20% terra de subsolo. Em estudo, com o objetivo de avaliar sob condições de viveiro, os efeitos de diferentes substratos no desenvolvimento de essências florestais, Oliveira et al. (2008), verificaram alturas na faixa de 12,75 cm a 18,17 cm, para mudas de *Acacia holocericeae*, aos 95 dias após sementeira.

Caldeira et al. (2000) também apresenta valores semelhantes para acácia negra (*Acacia mearnsii* de Wild), em substratos compostos a base de vermicomposto + casca de pinus decomposta + vermiculita, com diferentes doses, encontrando valores médios de 19,9 cm, para altura da muda aos 90 dias após a sementeira.

Os incrementos em altura estão relacionados aos acréscimos de matéria orgânica no substrato (Faustino et al., 2005) recomendado, inclusive para a produção de espécie nativa *Mimosa caesalpiniaefolia* Benth e florestal com substratos à base de mistura de pó de coco e fibra de coco (Lacerda et al., 2006; Lopes et al., 2008). Nóbrega et al. (2007) observaram um incremento na altura de mudas de aroeira produzidas em solo/biossólido até a proporção de 35%, devido o acréscimo de nutrientes provocado pela adição de biossólido no solo.

4.3.2 Diâmetro do colo (DC)

Segundo Carneiro (1995), assim como a altura, o diâmetro do colo é também um dos mais importantes parâmetros morfológicos para estimar o crescimento de mudas. Segundo Souza et al. (2006), o diâmetro do colo e a altura são fundamentais para a avaliação do potencial de sobrevivência e crescimento no pós-plantio de mudas de espécies florestais. Segundo esses autores, dentro de uma mesma espécie, as plantas com maior diâmetro apresentam maior sobrevivência, por apresentarem capacidade de formação e de crescimento de novas raízes.

Paiva & Gomes (2000), estabeleceram para diâmetro médio de mudas de *Acacia mangium* para plantio o valor mínimo de 2 mm. Para o diâmetro houve diferença estatística significativa entre os tratamentos. Os maiores diâmetros (3,00 a 3,25 mm) foram verificados nos tratamentos com fibra de coco e lodo compostado (T5, T6, T7 e T8) (Figura 4.2). No entanto todos os tratamentos avaliados, para essa característica, estão dentro dos valores considerados ideais. De acordo com Daniel et al. (1997) e Carneiro (1995), o diâmetro do colo é o mais indicado para avaliar a capacidade de sobrevivência da muda no campo, além de ser, também, o mais usado para auxiliar na determinação das doses de fertilizantes a serem aplicadas na produção de mudas. Com base nisso, mudas produzidas nos tratamentos formulados com fibra de coco e lodo compostado, possuem maior probabilidade de sobrevivência em campo, pois estas apresentaram maiores valores de diâmetro (Figura 4.2).

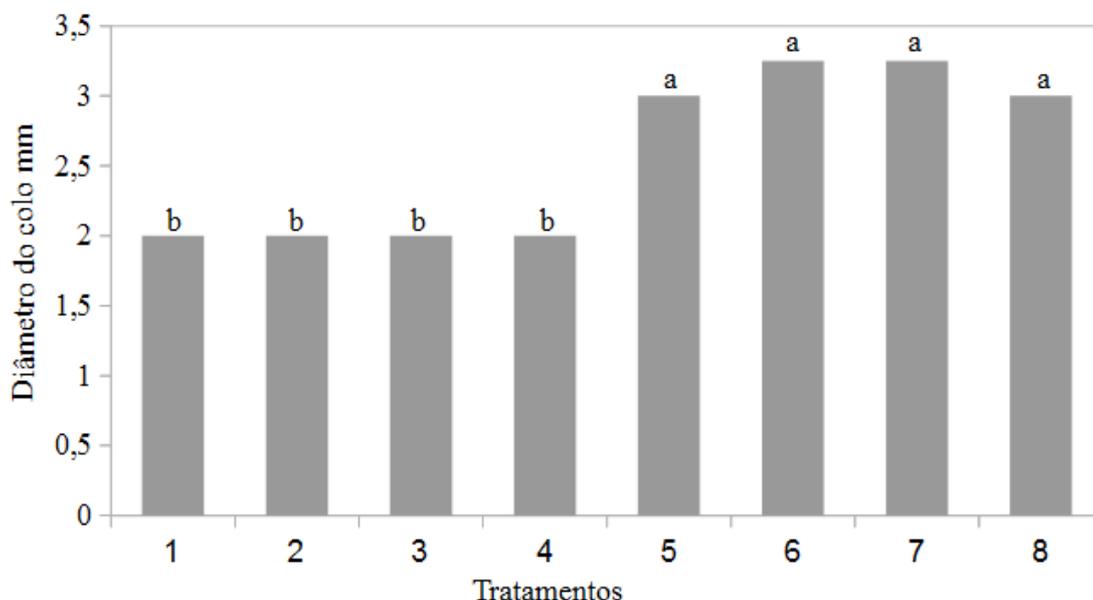


Figura 4.2. Diâmetro do colo de mudas de *Acacia mangium*, aos 120 dias após a semeadura, produzidas em substratos de resíduos agroindustriais. Médias seguidas da mesma letra, entre os tratamentos, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Em estudo feito por Gonçalves et al. (2000), considera-se o valor situado entre 5 mm e 10 mm de diâmetro do coleto adequado a mudas de espécies florestais com bom padrão de qualidade. No presente estudo, nenhum tratamento proporcionou o incremento dentro dos limites avaliados ideais pelos autores supracitados, sendo encontrada uma variação entre 2,00 mm a 3,25 mm.

Em um experimento conduzido no estado de Oklahoma, EUA, por Santos (1995), com espécies florestais, foi obtido maior índice de sobrevivência nas mudas que apresentaram menor altura e maior diâmetro do colo. Nóbrega et al. (2007) observou uma tendência de aumento no diâmetro de colo de mudas de *Schinus terebinthifolius* com a adição de biofóssido ao solo até a proporção de 37% de biofóssido.

Morais et al. (1996), ao compararem esterco bovino, biofóssido e acículas de pinus, comprovaram que o melhor crescimento em altura total e diâmetro para mudas de cedro (*Cedrella fissilis* Vell) foi obtido utilizando substrato com 70% de solo + 30% de biofóssido, sem adubação. No entanto, Caldeira et al. (2000), observaram uma diminuição do diâmetro do coleto quando se aumentou doses de vermicomposto.

Fonseca (2005), observou valores médios de 3,16 mm para mudas de *Acacia mangium*, produzidas em substrato formulado com 60% composto de lixo urbano + 20% composto de resíduo de poda + 20% terra de subsolo. Em estudo, com o objetivo de avaliar os efeitos de diferentes substratos no desenvolvimento de essências florestais, Oliveira et al. (2008), verificaram diâmetros na faixa de 0,33 mm a 1,17 mm, para mudas de *Acacia holocericeae*.

Toledo (1992), estudando uma série de materiais (solo, areia, bagaço de cana, plantmax e húmus de minhoca) como substratos para a formação de mudas de laranjeira, concluiu que a mistura de 30% de solo, 40% de areia e 30% de húmus de minhoca foi a que apresentou maiores valores de altura e diâmetro das mudas. Segundo esse mesmo autor, a superioridade desse substrato foi devida aos benefícios do componente húmus.

4.3.3 Relação da altura da parte aérea e diâmetro do colo (H/DC)

Segundo Johnson & Cline (1991), se utiliza a combinação da altura e diâmetro, gerando um índice que fornece informações sobre quanto a muda está delgada. Observando a Figura 4.3, percebe-se que não houve diferença estatística significativa entre os tratamentos avaliados.

Foi encontrada uma variação na relação H/DC de 10,40 para T4 (SC + 40% fibra de coco) a 11,29 para T5 (FC) e T8 (FC + 40% lodo). Em estudo, com o objetivo de avaliar os efeitos de diferentes substratos no desenvolvimento de essências florestais, Oliveira et al. (2008), verificaram valores de 13,05 a 116,25 para essa variável.

De acordo com Birchler et al. (1998), este índice deve ser menor do que dez para se considerarem mudas com adequado padrão de qualidade. Segundo Artur et al. (2007), essa relação reflete o acúmulo de reservas e assegura maior resistência e melhor fixação no solo. Quanto à relação H/DC, apesar de não ser observado diferença estatística entre os tratamentos, os maiores valores foram observados nas mudas produzidas nos substratos formulados a partir de fibra de coco combinada com lodo compostado (Figura 4.3).

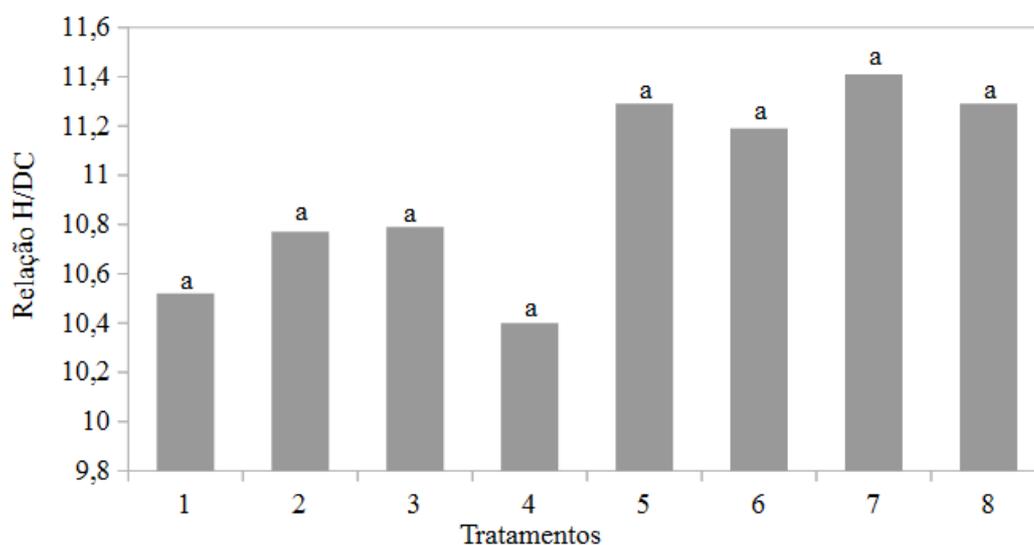


Figura 4.3. Relação H/DC de mudas de *Acacia mangium*, aos 120 dias após a sementeira, produzidas em substratos de resíduos agroindustriais. Médias seguidas da mesma letra, entre os tratamentos, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Conforme a indicação de Carneiro (1995), a relação H/DC deve situar-se entre 5,4 a 8,1. Desta forma nenhum dos tratamentos avaliados enquadram-se dentro da faixa considerada adequada. Logo, deve-se ficar atento a faixa recomendada, visto que esta pode não ser a mais adequada para a espécie em questão, pois as mudas produzidas nos substratos com maior relação H/DC são também as que apresentavam maior aptidão ao plantio em campo.

Bonnet (2001) observou uma relação H/DC de 10,7 em mudas de *Mimosa scabrella* produzidas em substratos contendo 30% de lodo compostado e 70% de substrato comercial. Segundo Caldeira et al. (2008), os resultados do índice H/DC mostraram equilíbrio superior de crescimento em mudas de *Schinus terebinthifolius* no tratamento com 100% do substrato do viveiro (50% de terra de subsolo + 30% de esterco bovino + 20% de casca de arroz carbonizada) e um equilíbrio inferior no tratamento com 100% de composto orgânico e 40% do composto orgânico + 60% de terra de subsolo.

4.3.4 Massa de matéria seca da parte aérea e massa de matéria seca das raízes

Quanto à massa de matéria seca da parte aérea, observa-se que o tratamento T6 (FC + 10% lodo) foi estatisticamente superior aos demais. Observa-se que os

tratamentos T5 (FC), T7 (FC + 20% lodo) e T8 (FC + 40% lodo), apresentaram valores de 2,00 g, 1,75 g e 1,00 g respectivamente (Figura 4.4).

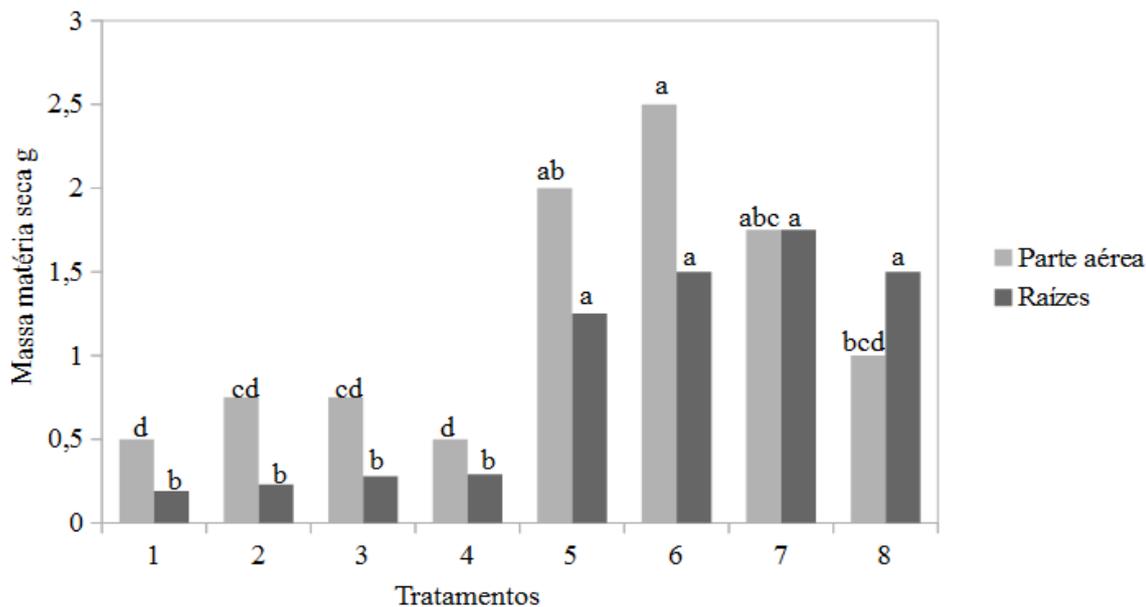


Figura 4.4. Massa de matéria seca da parte aérea e massa de matéria seca das raízes de mudas de *Acacia mangium*, aos 120 dias após a semeadura, produzidas em substratos de resíduos agroindustriais. Médias seguidas da mesma letra, entre os tratamentos, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

A biomassa seca, segundo Gomes & Paiva (2004) deve sempre ser considerada visto que indica a rusticidade de uma muda; quanto maior, mais rustificada será. O presente trabalho obteve resultados distintos para a variável massa de matéria seca da parte aérea, quando comparado aos encontrados por Cunha et al. (2006), que foram de 0,19 g a 0,57 g na pesquisa com *Acacia mangium*, conduzidas em substratos a base de areia lavada e lodo de esgoto.

Resultados diferentes também foram encontrados por Fonseca, (2005), em trabalho realizado com substratos de lixo urbano, podas de árvores e substratos tradicionais. O autor encontrou valores entre 0,95 g a 4,93 g em estudo realizado com *Acacia mangium*, aos 120 dias após a repicagem.

Segundo Caldeira et al. (2000), mudas de acácia negra produzidas com 56 cm³ de vermicomposto foram as que tiveram uma maior produção de biomassa da parte aérea,

de 4,17 g. As mudas produzidas somente com substrato padrão (casca de pinus + vermiculita) e substrato padrão + 224 cm³ de vermicomposto foram as que produziram menor biomassa aérea.

Denega et al. (2007) obtiveram resultados significativos na biomassa seca aérea, utilizando composto com lixo urbano no desenvolvimento inicial de três espécies florestais, e atribuíram os resultados as características de cada espécie e não às diferenças dos tratamentos. Em estudo com o objetivo de avaliar a influência do biofóssido como substrato na produção de mudas de cedro-australiano (*Toona ciliata*), Caldeira et al. (2012) verificaram que o tratamento que promoveu maior produção média de massa de matéria seca da parte aérea, foi o substrato com 70% de biofóssido em sua composição.

A quantificação da biomassa radicular, segundo Novaes (1998), sob o ponto de vista fisiológico, é de grande importância, visto estar diretamente ligada à sobrevivência e crescimento inicial em campo, devido a sua função de absorção de água e nutrientes.

Quanto à massa de matéria seca radicular observou-se que os tratamentos com substrato comercial e lodo compostado apresentaram os menores valores. Os demais tratamentos, compostos por fibra de coco e lodo compostado foram estatisticamente superior, com valores de 1,25 g no T5 (FC), 1,50 g no T6 (FC + 10% lodo), 1,75 g no T7 (FC + 20% lodo) e 1,50 g no T8 (FC + 40% lodo).

Segundo Reis et al. (1989), a restrição do sistema radicular limita o crescimento e o desenvolvimento de várias espécies, reduzindo a área foliar, altura da muda e a produção de biomassa. Esta preposição é concordante com os resultados obtidos neste estudo, pois as variáveis massa de matéria seca da parte aérea e a altura da muda se destacaram também para os tratamentos com fibra de coco e lodo compostado, apresentando os melhores valores (Figura 4.4).

Fonseca, (2005), em trabalho realizado com substratos de lixo urbano, podas de árvores e substratos tradicionais, encontrou valores entre 0,64 g a 1,49 g em estudo realizado com *Acacia mangium*, aos 120 dias após a repicagem. Bonnet (2001) observou 1,81 g e 2,78 g de biomassa seca aérea e radicular, respectivamente em mudas de *Mimosa scabrella* produzidas em lodo compostado.

4.3.5 Índice de qualidade de Dickson (IQD)

Em relação à característica índice de qualidade de Dickson, as maiores médias encontradas foram nos tratamentos formulados com fibra de coco e lodo compostado, sendo consideradas mudas com maior equilíbrio de crescimento e, portanto, com melhor qualidade de produção, pois quanto maior o IQD, melhor será o padrão de qualidade da muda (Gomes & Paiva, 2004) (Figura 4.5).

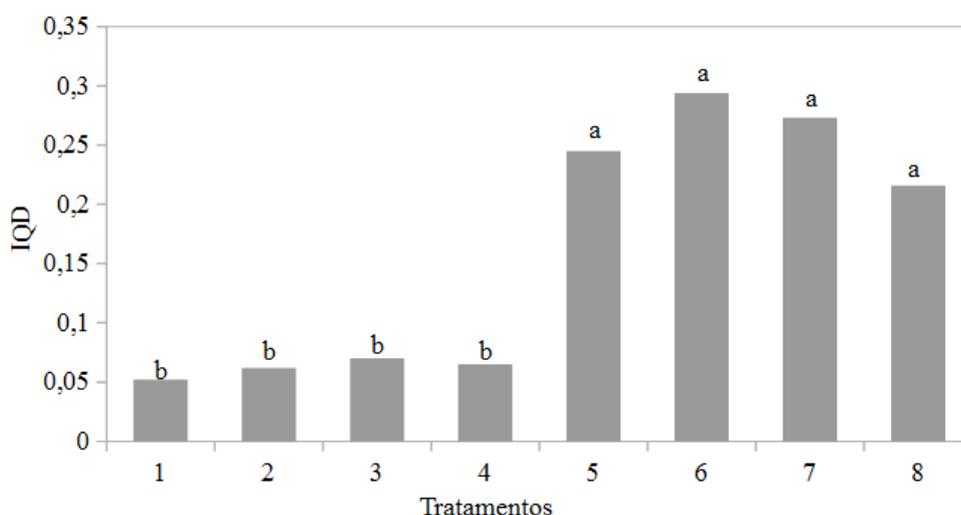


Figura 4.5. Índice de qualidade de Dickson (IQD) de mudas de *Acacia mangium*, aos 120 dias após a sementeira, produzidas em substratos de resíduos agroindustriais. Médias seguidas da mesma letra, entre os tratamentos, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

De acordo com Fonseca (2002), este índice constitui-se num bom indicador, pois pondera características importantes para a avaliação da qualidade das mudas e considera a robustez e o equilíbrio da distribuição da massa na muda. É possível observar que os tratamentos com fibra de coco e lodo compostado apresentaram os melhores índices, de 0,24 g, 0,29 g, 0,27 g, 0,21 g para T5 (FC), T6 (FC + 10% lodo), T7 (FC + 20% lodo) e T8 (FC + 40% lodo) respectivamente (Figura 4.5). Nesses tratamentos, o IQD apresentou média de 0,2 como recomendado por Hunt (1990), mostrando que as mudas produzidas nos diferentes tratamentos apresentam qualidade satisfatória para plantio.

Tal resultado está de acordo com trabalhos de Coutinho et al. (2006), que têm apontado efeito benéfico da utilização do lodo de esgoto para compor substratos para mudas de diferentes espécies arbóreas na fase de viveiro. Os atributos das mudas, necessários para obtenção do sucesso do plantio no campo, têm sido denominados de “qualidade de muda”. Segundo Duryea (1985), a qualidade pode ser definida como aqueles atributos necessários para que uma muda sobreviva e se desenvolva após o plantio no campo. Hunt (1990), recomendou o índice de qualidade de Dickson (IQD) como sendo bom indicador da qualidade de muda de *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco e *Picea abies* L.

Cunha et al. (2006) obtiveram bons resultados com biofósforo inoculado com *Rhizobium* como substrato para produção de mudas de *Acacia mangium*, enquanto que esse componente combinado com subsolo na proporção 1:3 não teve boa produtividade. Vários autores citam um valor mínimo de 0,2 para o IQD, porém deve-se lembrar que esse índice, segundo Gomes & Paiva (2004), foi desenvolvido para mudas de *Picea glauca* e *Pinus monficola*, podendo não ser aplicado para mudas de *Acacia mangium*.

Salles et al. (2006) observaram que para mudas de *Acacia mearnsii*, a utilização de mais de 50% de CAC, juntamente com solo (Argissolo Vermelho Distrófico), na constituição do substrato, influenciou negativamente a qualidade das mudas produzidas.

4.3.6 Avaliação da facilidade de retirada das mudas do tubete (FRT) e agregação das raízes ao substrato (AGR)

A facilidade de retirada da muda do tubete, segundo Wendling et al. (2007), é de grande importância no momento da expedição das mudas, visto que determina a rapidez de preparação das mudas e além do que, em substratos difíceis de serem retirados pode ocasionar a desintegração do torrão. A agregação do sistema radicular com o substrato é importante para garantir o pegamento, a sobrevivência e o desenvolvimento das mudas após o plantio no campo.

A facilidade de retirada da muda do tubete foi pior nos tratamentos onde se utilizou substrato comercial puro e com lodo compostado nas proporções de 10%, 20%

e 40% (T1, T2, T3 e T4). Os demais tratamentos foram de fácil retirada do tubete com nota de classificação 10 (Figura 4.6).

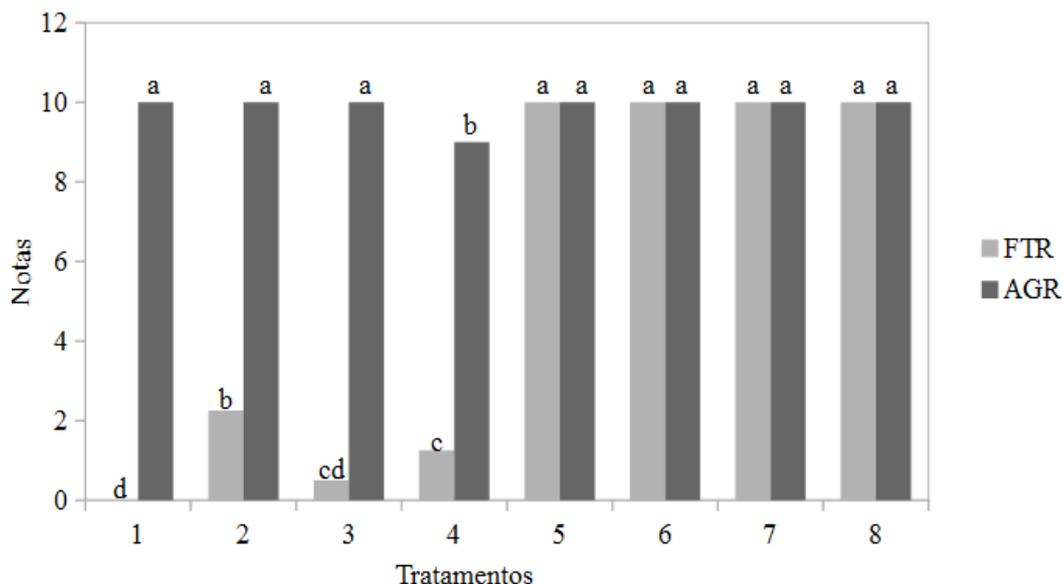


Figura 4.6. Facilidade de retirada das mudas do tubete (FRT) e agregação das raízes ao substrato (AGR) de mudas de *Acacia mangium*, aos 120 dias após a semeadura, produzidas em substratos de resíduos agroindustriais. Médias seguidas da mesma letra, entre os tratamentos, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Quanto à agregação das raízes ao substrato, todos os tratamentos apresentaram boa agregação, alcançando notas de 9 a 10 (Figura 4.6). Segundo Trigueiro (2002), mudas de pinus apresentaram firmeza no torrão, devido ao enraizamento vigoroso apresentado por esta espécie. No tratamento com alta dose de biofósforo isto ocorreu devido ao enraizamento deficiente; em contra partida, no substrato com maior dose de casca de arroz carbonizada notou-se falta de estrutura no substrato. De forma geral, o aumento na dose de biofósforo influenciou negativamente na extração do tubete, principalmente em mudas de eucalipto que apresentaram sistema radicular mais delicado.

Diferentes estudos têm mostrado que substratos ricos em matéria orgânica propiciam melhor crescimento das mudas com boa formação do sistema radicular e melhor balanço nutricional (Gonçalves & Poggiani, 1996; Caldeira et al., 2008).

4.3.7 Características nutricionais das plantas

Os teores de macronutrientes da parte aérea de mudas de *Acacia mangium* pode ser observado na Tabela 4.1. Conforme Holanda et al. (1982), o Nitrogênio (N) total das plantas é um dos parâmetros que melhor expressa a eficiência na fixação do N atmosférico. De modo geral, mudas desenvolvidas nos substratos com fibra de coco e lodo compostado e substrato comercial com doses de 20% e 40% lodo, acumularam mais N, mesmo na ausência de inoculação. Os valores encontrados para N nas mudas de *A. mangium* no substrato foram de 15,87 g kg⁻¹ a 32,25 g kg⁻¹.

Tabela 4.1. Teores dos macronutrientes na parte aérea de mudas de *Acacia mangium*, aos 120 dias após a semeadura, conduzidas em substratos de resíduos agroindustriais

Tratamentos	Macronutrientes (g kg ⁻¹)				
	N	P	K	Ca	Mg
T1	15,87 c	4,57 de	12,50 a	11,50 ab	3,00 a
T2	20,85 b	5,34 cd	11,90 a	13,00 ab	2,75 a
T3	32,25 a	6,66 ab	11,80 a	18,75 a	2,50 a
T4	31,22 a	7,12 a	10,45 a	21,25 a	3,00 a
T5	29,40 a	3,20 f	11,10 a	3,75 b	2,75 a
T6	29,12 a	4,24 e	11,05 a	4,50 b	2,25 a
T7	32,22 a	5,82 bc	10,45 a	3,75 b	2,25 a
T8	30,52 a	7,04 a	12,05 a	4,50 b	2,75 a
CV %	6,03	7,32	10,17	43,68	23,46

Médias seguidas de letras iguais, na mesma coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Fonseca (2005), encontrou teores de 16,81 g kg⁻¹ de N em estudo realizado com *Acacia mangium* em substrato formulado com 60% composto lixo + 20% poda de árvores + 20% subsolo. Cunha et al. (2006) obtiveram teores médios de 9,17 g kg⁻¹ de N em mudas de *Acacia mangium*, produzidas com biossólido.

De modo geral, os maiores teores de Fósforo (P) foram encontrados nas mudas produzidas em substratos com 40% de lodo compostado. O P é um elemento que em quantidades adequadas estimula o crescimento radicial, essencial para a boa formação da planta e incrementa a produção. O teor de P mais baixo encontrado na

análise nutricional foi para o T5 (FC), de 3,2 g kg⁻¹ e os maiores valores encontrados, para T4 (SC + 40% lodo) e T8 (FC + 40% lodo), com 7,12 g kg⁻¹ e 7,04 g kg⁻¹ respectivamente (Tabela 4.1). Para o Potássio (K), não houve diferença significativa entre os tratamentos. Os valores encontrados foram na faixa de 10,45 g kg⁻¹ a 12,25 g kg⁻¹ (Tabela 4.1). Valores superiores aos encontrados por Fonseca (2005) de 4,00 g kg⁻¹ e por Cunha et al. (2006), de 6,41 g kg⁻¹.

As mudas produzidas com substrato comercial + 20% lodo (T3) e substrato comercial + 40% lodo (T4), apresentaram os maiores teores de Cálcio (Ca). Os valores encontrados foram de 18,75 g kg⁻¹ e 21,25 g kg⁻¹ respectivamente (Tabela 4.1). Fonseca (2005), em seu trabalho com *Acacia mangium*, verificou teor médio de 15,80 g kg⁻¹. Cunha et al. (2006), encontraram teor de Ca de 4,11 g kg⁻¹ em mudas de acácia produzidas com lodo de esgoto. Valor inferior aos teores observados nesse trabalho.

Dias et al. (1994) observaram elevada eficiência de utilização de Ca para a *Acacia mangium*, espécie que, assim como a *Acacia holosericea*, é considerada pioneira e possui grande plasticidade no que se refere à sua capacidade de adaptação a diferentes condições de substrato e clima e que tem apresentado elevado potencial para uso em programas de recuperação ambiental. Para Magnésio (Mg) não houve diferença significativa entre os tratamentos. Os teores obtidos foram de 2,25 g kg⁻¹ a 3,0 g kg⁻¹ (Tabela 4.1).

Observando a Tabela 4.2, verifica-se que o maior teor obtido para Cobre (Cu) foi encontrado nas plantas produzidas no substrato T8 (FC + 40% lodo), de 45,25 mg kg⁻¹. Os menores valores médios de Cu foram evidenciados nos tratamentos T1 (SC) e T2 (SC + 10% lodo).

As mudas produzidas com substrato comercial + 40% lodo (T4), fibra de coco (T5) e fibra de coco + 40% lodo (T8) apresentaram os maiores teores de Ferro (Fe), de 134,00 mg kg⁻¹, 126,75 mg kg⁻¹ e 127,50 mg kg⁻¹ respectivamente (Tabela 4.2).

A concentração foliar de Fe varia normalmente de 10 mg kg⁻¹ a 1000 mg kg⁻¹ na biomassa seca, sendo considerada suficiente uma variação de 50 mg kg⁻¹ a 70 mg kg⁻¹ para a maioria das plantas (Motta et al., 2007).

Para o Manganês (Mn), houve diferença estatística significativa. Os tratamentos T4 (SC + 40% lodo), T5 (FC), T6 (FC + 10% lodo) e T8 (FC + 40% lodo), apresentaram os maiores teores desse nutriente.

Tabela 4.2. Teores dos micronutrientes na parte aérea de mudas de *Acacia mangium*, aos 120 dias após a semeadura, conduzidas em substratos de resíduos agroindustriais

Tratamentos	Micronutrientes (mg kg ⁻¹)			
	Cu	Fe	Mn	Zn
T1	19,25 c	55,00 c	29,00 c	8,00 b
T2	16,50 c	52,00 c	24,50 c	7,52 b
T3	31,25 b	96,50 b	37,75 bc	14,55 a
T4	33,75 b	134,0 a	57,00 a	17,00 a
T5	36,75 ab	126,75 a	60,75 a	15,75 a
T6	36,50 ab	112,50 ab	72,75 a	14,97 a
T7	39,0 ab	116,25 ab	55,75 ab	15,17 a
T8	45,25 a	127,50 a	61,50 a	16,20 a
CV %	14,48	12,12	15,52	13,95

Médias seguidas de letras iguais, na mesma coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Para Zinco (Zn) houve diferença significativa entre os tratamentos avaliados (Tabela 4.2). Resultados inferiores foram obtidos nos tratamentos T1 (SC), com 8,00 mg kg⁻¹ e T2 (SC + 10% lodo), com 7,52 mg kg⁻¹. As mudas com baixos teores de Zn apresentaram menor altura e menor crescimento vegetativo.

Não se verificou, durante a fase de viveiro sintomas de toxidez ou deficiência de quaisquer nutrientes, causada, respectivamente, pela falta ou excesso de nutrientes nos substratos testados. Todos os tratamentos contendo lodo compostado em sua composição apresentaram mudas com desenvolvimento satisfatório para o plantio. Esses resultados concordam com os de outros trabalhos, que têm indicado efeitos benéficos do uso do bio sólido como parte da composição de substratos para mudas de diferentes espécies florestais (Trigueiro & Guerrini, 2003; Faustino et al., 2005; Cunha et al., 2006).

4.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo demonstrou a possibilidade do cultivo de mudas de *Acacia mangium* em substratos contendo fibra de coco e lodo compostado.

Nenhum substrato testado, apresentou valores ideais em todos os parâmetros estudados.

Os materiais e formulações testadas apresentaram algumas propriedades físicas distintas daquelas citadas como ideais para um substrato destinado à produção de mudas. No entanto todos os substratos analisados foram adequados para a produção de mudas de *Acacia mangium* com bom desenvolvimento e índice de qualidade.

A utilização do lodo compostado e da fibra de coco como substrato para produção de mudas *Acacia mangium* é uma alternativa promissora, pois estes resultam em um desenvolvimento adequado das mesmas.

4.5 CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos e nas condições em que foi desenvolvida esta pesquisa, conclui-se que:

As mudas de *Acacia mangium* podem ser produzidas satisfatoriamente em todos os substratos estudados. No entanto apresenta as melhores respostas quando cultivada nos substratos formulados com fibra de coco e lodo compostado.

Os substratos T5 (FC), T6 (FC + 10% lodo), T7 (FC + 20% lodo) e T8 (FC + 40% lodo) se destacam promovendo maior massa de matéria seca radicial, IQD e diâmetro do caule.

As mudas desenvolvidas nos substratos formulados com 40% de lodo compostado, acumulam mais fósforo.

A utilização do lodo compostado e da fibra de coco como substrato para produção de mudas *Acacia mangium* é uma alternativa promissora, pois estes resultam em um desenvolvimento adequado das mudas.

O uso de lodo compostado na composição do substrato para produção de mudas representa uma alternativa viável, racional e ambientalmente sustentável.

4.6 REFERÊNCIAS

ARTUR, A. G.; CRUZ, M. C. P.; FERREIRA, M. E.; BARRETTO, V. C. M.; YAGI, R. Esterco bovino e calagem para formação de mudas de guanandi. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 6, p. 843-850, 2007.

AZEVEDO, C. P.; LIMA, R. M. B.; NEVES, E. J. M. **Seleção e Manejo de Espécies Florestais para Fins Energéticos na Região de Iraduba AM**. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 1998. 6 p. (Pesquisa em Andamento, 41).

BIRCHLER, T.; ROSE, R. W.; ROYO A., PARDOS, M. La planta ideal: revision del concepto, parametros definitorios e implementacion practica. **Investigacion Agraria, Sistemas y Recursos Forestales**, v. 7, n. 1/2, p. 109-121, 1998.

BOLFE, E. L.; PEREIRA, R. S.; MADRUGA, P. R. A.; FONSECA, E. L. Avaliação da classificação digital de povoamentos florestais em imagens de satélite através de índices de Acurácia. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 28, n. 1, p. 85-90, 2004.

BONNET, B. R. P. **Produção de mudas de *Eucalyptus viminalis* Lambill. (Myrtaceae), *Schinus terebinthifolius* Raddi (Anacardiaceae) e *Mimosa scabrella* Benth. (Mimosaceae) em substrato com lodo de esgoto anaeróbico digerido alcalinizado e compostado**. 2001. 135 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2001.

CALDEIRA, M. V. W.; SCHUMACHER, M. V.; TEDESCO, N. Crescimento de mudas de *Acacia mearnsii* em função de diferentes doses de vermicomposto. **Scientia Florestalis**, Piracicaba, n. 57, p. 161-170, 2000.

CALDEIRA, M. V. W.; GOMES, D. R.; GONÇALVES, E. O.; DELARMELINA, W. M.; SPERANDIO, H. V.; TRAZZI, P. A. Biossólido como substrato para produção de mudas de *toona ciliata* var. *Australis*. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 36, n. 6, p. 1009-1017, 2012.

CARNEIRO, J. G. DE A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**. Curitiba: UFPR/FUPEF, Campos: UENF, 1995. 451 p.

CARRIJO, O. A.; LIZ, R. S.; MAKISHIMA, N. Fibra da casca do coco verde como substrato agrícola. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 4, 2, p. 533-535, 2002.

COLODRO, G.; ESPINDOLA, C. R.; CASSIOLATO, A. M. R.; ALVES, M. C. Atividade microbiana em Latossolo degradado tratado com lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 11, n. 2, p. 195-198, 2007.

COUTINHO, M. P, CARNEIRO, J. G. A; BARROSO, D. G, RODRIGUES, L. A, SIQUEIRA, J. Substrato de cavas de extração de argila enriquecido com subprodutos agroindustriais e urbanos para produção de mudas de sesbânia. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 1, p. 147-153, 2006.

CUNHA, A. M.; CUNHA, G. M.; SARMENTO, R. A.; AMARAL, J. F. T. Efeito de diferentes substratos sobre o desenvolvimento de mudas de *Acacia sp*. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 2, p. 207-214, 2006.

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

DENEGA, S.; MAGGI, M. F.; JADOSKI, S. O.; VALÉRIO, A. F.; QUEROZ, G. I.; IACHINSKI, E. O.; Efeito de composto de lixo urbano no desenvolvimento inicial de três espécies florestais nativas. **Ambiência**, Guarapuava, v. 3, n. 3, p. 353-362, 2007.

DIAS, L. E.; FARIA, S. M.; FRANCO, A. A. Crescimento de mudas de *Acacia mangium* Willd. em resposta à omissão de macronutrientes. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 18, n. 2, p. 123-131, 1994.

DUARTE, R. F.; SAMPAIO, R. A.; BRANDÃO JUNIOR, D. S.; FERNANDES, L. A.; SILVA, H. P. Crescimento inicial de *Acácia* em condicionador formado de fibra de coco e resíduo agregante. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 11, p. 1176–1185, 2010

DURYEA, M. L. Evaluating seedling quality importance to reforestation. In: **Evaluating seedling quality principles, procedures, and predictive abilities of major tests**. Corvallis: Forest Research Laboratory Oregon State University, 1985. p. 1-6.

FAUSTINO, R.; KATO, M. T.; FLORÊNCIO, L.; GAVAZZA, S. Lodo de esgoto como substrato para produção de mudas de *Senna siamea* Lam. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, p. 278-282, 2005.

FONSECA, F. A. **Produção de mudas de *Acacia mangium* Wild. e *Mimosa artemisiana* Heringer & Paula, em diferentes recipientes, utilizando compostos de resíduos urbanos, para a recuperação de áreas degradadas**. 2005. 61 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais), Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2005.

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

GOMES, J. M. COUTO, L.; LEITE, H. G.; XAVIER, A.; GARCIA, S. L. R. Influência do tratamento prévio do solo com brometo de metila no crescimento de mudas de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* em viveiro. **Brasil Florestal**, Brasília, v. 9, n. 35, p. 18-23, 1978.

GOMES, J. M.; COUTO, L.; BORGES, R. C. G.; FONSECA, E. P. Efeitos de diferentes substratos na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* W.Hill ex Maiden, em Win-Strip . **Revista Árvore**, Viçosa, v. 15, n. 1, p. 35-41, 1991.

GOMES, J. M.; PAIVA, H. N. **Viveiros florestais (propagação sexuada)**. Viçosa: Editora UFV, 2004. (Caderno didático, 72).

- GONÇALVES, L. M.; POGGIANI, F. Substratos para produção de mudas florestais. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 13., 1996, Águas de Lindóia. **Resumos...** Piracicaba, Sociedade Latino Americana de Ciência do Solo, CD-ROM, 1996.
- GONÇALVES, J. L. M.; SANTARELLI, E. G.; MORAES NETO, S. P.; 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, IPEF, 2000. p. 309-350.
- GRASSI FILHO, H.; SANTOS, C. H. Importância da relação entre os fatores hídricos e fisiológicos no desenvolvimento de plantas cultivadas em substratos. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE SUBSTRATOS PARA PLANTAS, 4., 2004, Viçosa. **Anais...** p. 78-91, 2004.
- HOLANDA, F. J. M.; VASCONCELOS, I.; OLIVEIRA, M. E. S. Fatores nutricionais limitantes da fixação de nitrogênio atmosférico em cunhã (*Clitoria ternatea* L.). **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 13, n. 1/2, p. 29-33, 1982.
- HUNT, G. A. Effect of styroblock design and Cooper treatment on morphology of conifer seedlings. In: TARGET SEEDLING SYMPOSIUM, MEETING OF THE WESTERN FOREST NURSERY ASSOCIATIONS, GENERAL TECHNICAL REPORT RM-200, 1990, Roseburg. **Proceedings...** Fort Collins: United States Department of Agriculture, Forest Service, 1990. p. 218-222.
- JOHNSON, J. D.; CLINE, P. M. Seedling quality of southern pines. In: DUREYA, M. L., DOUGHERTY, P. M. (Ed.). **Forest regeneration manual**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1991. p. 143-162.
- LACERDA, M. R. B.; PASSOS, M. A. A.; RODRIGUES, J. L. V.; BARRETO, L. P. Características Físicas e químicas de substratos à base de pó de coco e resíduo de sisal para produção de mudas de sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 2, p. 163-170, 2006.
- LEMMENS, R. H. M. J.; SOERIANEGARA, I.; WONG, W. C. Plant Resources of South-East Asia nº 5(2). Timber trees: Minor commercial timbers. **Backhuys Publishers**, Leiden. 1995. 655 p.
- LIMA, D.; GARCIA, L. C.; Avaliação de métodos para teste de germinação em sementes de *Acacia mangium* Willd.. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 18, n. 2, p. 180-185, 1996.
- LOPES, J. L. W.; GUERRINI, I. A.; SAAD, J. C. C.; SILVA, M. R. Atributos químicos e físicos de dois substratos para produção de mudas de eucalipto, **Cerne**, Lavras, v. 14, n. 4, p. 358-367, 2008.
- MELLO, W. J.; MARQUES, M. O.; SANTIAGO, G.; CHELLI, R. A.; LEITE, S. A. S. Efeito de doses crescentes de lodo de esgoto sobre frações da matéria orgânica e CTC de um Latossolo cultivado com cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 18, n. 3, p. 449-455, 1994.

- MEXAL, J. L.; LANDS, T. D. Target seedling concepts: height and diameter. In: TARGET SEEDLING SYMPOSIUM, MEETING OF THE WESTERN FOREST NURSERY ASSOCIATIONS, GENERAL TECHNICAL REPORT RM-200, 1990, Roseburg. **Proceedings...** Fort. Collins: United States Department of Agriculture, Forest Service, 1990. p. 17-35.
- MORAIS, J. M. J.; ATAIDES, P. R. V.; GARCIA, D. C.; KURTZ, F. C.; OLIVEIRA, O. S.; WATZLAWICK, L. F. Uso de lodo de esgoto da Corsan – Santa Maria (RS), comparado com outros substratos orgânicos. **Sanare**, Sobral, v. 6, n. 6, p. 44-49, 1996.
- MORGADO, I. F.; CARNEIRO, J. G. A.; LELES, P. S. S.; BARROSO, D. G. Nova metodologia de produção de mudas de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden utilizando resíduos prensados como substrato. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 24, n. 1, p. 27-35, 2000.
- MOTTA, A. C. V., SERRAT, M.; REISMANN, C. B.; DIONISIO, J. A. **Micronutrientes na rocha, no solo e na planta**. 2007. 246 p.
- NÓBREGA, R. S.; VILAS BOAS, R. C.; NÓBREGA, J. C. A.; PAULA, A. M.; MOREIRA, M. S. Utilização de biossólido no crescimento inicial de mudas de aroeira (*Schinus terebynthifolius/Raddi*). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 31, n. 2, p. 239-246, 2007.
- NOVAES, A. B. **Avaliação morfofisiológica da qualidade de mudas de *Pinus taeda* L., produzidas em raiz nua e em diferentes tipos de recipientes**. 1998. 118 p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1998
- OLIVEIRA, R. B. LIMA, J. S. S.; SOUZA, C. A. M.; SILVA, S. A.; 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.
- PAIVA, H. N.; GOMES, J. M. **Viveiros Florestais**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2000. 69 p. (Cadernos Didáticos, 72).
- PARVIAINEN, J. V. Qualidade e avaliação de qualidade de mudas florestais. In: SEMINÁRIO DE SEMENTES E VIVEIROS FLORESTAIS, 1., 1981, Curitiba. **Anais...** Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 1981. p. 59-90.
- REIS, G. G.; REIS, M. G. F.; MAESTRI, M.; XAVIER, A.; OLIVEIRA, L. M. Crescimento de *Eucalyptus camaldulensis*, *E. grandis* e *E. cloeziana* sob diferentes níveis de restrição radicular. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 13, n. 1, p. 1-18, 1989.
- SALLES, A. S.; SILVA, R. F.; MÜHLEN, F. G. V.; SAIDELLES, F. L. F. Uso da casca de arroz carbonizada na composição do substrato para produção de mudas de *Acacia mearnsii* de willd. In: SIMPÓSIO DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO, 9., 2006, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: UNIFRA, 2006. p. 293. CD-ROM

SCHMITZ, J. A. K.; SOUZA, P. V. D.; KAMPF, 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.

SEPIN - Secretaria do Planejamento e do Desenvolvimento do Estado de Goiás – SEPLAN. Superintendência de Pesquisa e Informação – SEPIN. 2003. Disponível em: <<http://www.seplan.go.gov.br/sepin/>>. Acessado em: 28 Jul. 2013.

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

TOLEDO, A, R. M. **Efeito de substratos na formação de mudas de laranjeira (*Citrus sinensis*) em vaso**. 1992. 88 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia), Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1992.

TRIGUEIRO, R. M.; GUERRINI, I. A. Uso de biossólido como substrato para produção de mudas de eucalipto. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 64, p. 150-162, 2003.

TRIGUEIRO, R. M. **Uso de biossólidos como substrato para produção de mudas de pinus e eucalipto**. 2002. 94 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Estadual Paulista “Júlio e Mesquita Filho”, Botucatu, SP. 2002.

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