

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

**COMPOSTO ORGÂNICO DE LODO DE ESGOTO COMO
SUBSTRATO PARA PRODUÇÃO DE MUDAS DE ÁRVORES
NATIVAS E EXÓTICAS**

VERA CRISTINA RAMALHO PADOVANI

CAMPINAS

DEZEMBRO DE 2006



PARECER

Este exemplar corresponde à redação final da Dissertação de Mestrado defendida por **Vera Cristina Ramalho Padovani**, aprovada pela Comissão Julgadora em 22 de dezembro de 2006.

Campinas, 04 de dezembro de 2007.

Prof. Dr. Durval de Paula Rodrigues Junior
Presidente

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

**COMPOSTO DE LODO DE ESGOTO COMO SUBSTRATO
PARA
PRODUÇÃO DE MUDAS DE ÁRVORES NATIVAS E
EXÓTICAS**

Plano de Dissertação submetido à banca
examinadora para Exame de Mestrado em
Engenharia Agrícola na área de concentração em
Água e Solos.

VERA CRISTINA RAMALHO PADOVANI

Orientador : Prof. Dr. DURVAL DE PAULA RODRIGUES JUNIOR

CAMPINAS
DEZEMBRO DE 2006

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA E ARQUITETURA - BAE -
UNICAMP

P136c Padovani, Vera Cristina Ramalho
Composto de lodo de esgoto como substrato para
produção de mudas de árvores nativas e exóticas / Vera
Cristina Ramalho Padovani. --Campinas, SP: [s.n.],
2006.

Orientador: Durval de Paula Rodrigues Junior
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de
Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola.

1. Lodo de esgoto. 2. Substratos. 3. Árvores –
Mudas. 4. Viveiro de mudas. 5. Árvores – Mudas –
Recipientes. I. Rodrigues Junior, Durval de Paula. II.
Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de
Engenharia Agrícola. III. Título.

Título em Inglês: Composting of sewage sludge in production of seedlings
of native and exotic essences

Palavras-chave em Inglês: Sewage sludge, Substratum, Composting,
Native trees, Exotic trees, Production of
seedlings, Fishery

Área de concentração: Água e Solo

Titulação: Mestre em Engenharia Agrícola.

Banca examinadora: Denis Miguel Roston e Ronaldo Severiano Berton

Data da defesa: 22/12/2006

Programa de Pós-Graduação: Engenharia Agrícola

DEDICO

À minha avó, que não está mais presente entre nós,
Pelo exemplo de vida e coragem,
Razão de meu orgulho e de minhas maiores riquezas.
Ela será para sempre eterna.

AGRADECIMENTOS

A Deus , pela força e saúde.

Aos meus pais, pelos ensinamentos de vida, dedicação e amor.

Ao Professor Doutor Durval de Paula Rodrigues Junior, pela orientação, atenção e confiança.

Aos amigos Alexandro , Luciano e Patrícia pela amizade, companheirismo e disposição em ajudar.

Aos amigos da SAAMA , Casa da Agricultura e DEPRN , pelo incentivo.

A Faculdade Municipal Professor Franco Montoro (FMPFM) e ao Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAMAE) , pelo apoio e oportunidade de desenvolvimento do trabalho.

Aos funcionários do Viveiro da Faculdade Municipal Professor Franco Montoro , pela ajuda na execução do trabalho.

A todos que de alguma forma colaboraram para execução deste trabalho.

SUMÁRIO

	LISTA DE TABELAS	viii
	LISTA DE FIGURAS	x
	ABSTRATC	xii
	RESUMO	xiv
1	INTRODUÇÃO	1
2	OBJETIVOS	2
2.1	Objetivo geral	2
2.2	Objetivos Específicos	2
3	REVISÃO DE LITERATURA	3
3.1	SUBSTRATO	3
3.2	PRODUÇÃO DE MUDAS	13
3.3	LODO DE ESGOTO	17
3.3.1	Estabilização do lodo	19
3.3.2	Metais pesados	20
3.3.3	Patógenos	22
3.3.4	Compostos orgânicos persistentes	24
3.3.5	Nutrientes	25
3.3.6	Matéria Orgânica	27
3.4	COMPOSTAGEM	29
3.4.1	Granulometria	30
3.4.2	Relação Carbono/Nitrogênio	31
3.4.3	Umidade	33
3.4.4	Dimensões e formas das pilhas	34
3.4.5	Aeração	35
3.4.6	Microrganismos	37
3.4.7	Temperatura	39
4	MATERIAL E MÉTODOS	43
4.1	Localização e Descrição do Experimento	43
4.2	Primeira Fase : Caracterização dos componentes dos substratos	44

4.2.1	Caracterização do lodo de esgoto	44
4.2.1.1	Análises químicas	44
4.2.1.2	Análises microbiológica e parasitológica	45
4.2.2	Caracterização do resíduo estruturante	46
4.2.3	Caracterização do substrato comercial Plantmax	47
4.2.4	Caracterização do esterco de curral curtido	48
4.3	Segunda Fase : Compostagem do Lodo de Esgoto	49
4.3.1	Preparação da mistura dos resíduos para compostagem	50
4.3.2	Parâmetros observados e avaliados no ensaio de compostagem	53
4.4	Recipientes e composição dos substratos	54
4.4.1	Caracterização física dos substratos	55
4.5	Terceira Fase: Produção De Mudanças	60
4.5.1	Teste preliminar	60
4.5.2	Parâmetros avaliados	60
4.5.3	Produção de mudas nativas e exótica	60
4.5.4	Espécies	61
4.5.5	Delineamento experimental	62
4.5.6	Manejo do experimento	63
4.5.7	Parâmetros avaliados	64
4.5.7.1	Análise quantitativa de crescimento	65
4.5.7.2	Avaliação da qualidade do torrão	65
4.5.7.3	Peso seco da parte aérea e do sistema radicular	66
4.5.7.4	Área foliar	66
4.5.7.5	Relação do peso seco raiz/parte aérea	66
4.5.7.6	Análise química do tecido vegetal em mudas de Ingá	66
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	67
5.1	Primeira Fase – Caracterização dos compostos dos substratos utilizados	67
5.1.1	Caracterização do lodo de esgoto	67
5.1.1.1	Análises químicas	67
5.1.1.2	Análise microbiológica	70
5.1.1.3	Análise parasitológica	71

5.1.2	Caracterização do resíduo estruturante	72
5.1.3	Caracterização do substrato comercial Plantamax (testemunha)	73
5.1.4	Caracterização esterco de curral (testemunha)	75
5.2	Segunda Fase – Compostagem do Lodo de Esgoto	76
5.2.1	Caracterização do composto orgânico de lodo de esgoto (COLE)	77
5.2.1.1	Análises químicas	77
5.2.1.2	Análise microbiológica	81
5.2.1.3	Análise parasitológica	82
5.2.1.4	Análises físicas	83
5.3	Terceira Fase – Produção De Mudás	88
5.3.1	Teste preliminar	88
5.3.2	Mudas de Ingá	92
5.3.2.1	Altura das mudas	92
5.3.2.2	Diâmetro de colo	92
5.3.2.3	Relação altura das mudas/diâmetro de colo	93
5.3.2.4	Comprimento de raiz	94
5.3.2.5	Peso seco raiz	95
5.3.2.6	Peso seco parte aérea	95
5.3.2.7	Relação peso seco raiz/peso seco parte aérea	96
5.3.2.8	Área foliar	97
5.3.2.9	Extração do torrão	97
5.3.2.10	Avaliação do estado nutricional	98
5.3.3	Mudas de Mirindiba rosa	103
5.3.3.1	Altura das mudas	103
5.3.3.2	Diâmetro de colo	104
5.3.3.3	Relação altura das mudas/diâmetro de colo	104
5.3.3.4	Comprimento de raiz	105
5.3.3.5	Peso seco raiz	106
5.3.3.6	Peso seco parte aérea	107
5.3.3.7	Relação peso seco raiz/peso seco parte aérea	108
5.3.3.8	Área foliar	108

5.3.3.9	Extração do torrão	108
5.3.4	Mudas de Coração de Negro	114
5.3.4.1	Altura das mudas	114
5.3.4.2	Diâmetro de colo	114
5.3.4.3	Relação altura das mudas/diâmetro de colo	115
5.3.4.4	Comprimento de raiz	116
5.3.4.5	Peso seco raiz	116
5.3.4.6	Peso seco parte aérea	117
5.3.4.7	Relação peso seco raiz/peso seco parte aérea	117
5.3.4.8	Área foliar	118
5.3.4.9	Extração do torrão	119
5.3.5	Mudas de Ipê de jardim	124
5.3.5.1	Altura das mudas	124
5.3.5.2	Diâmetro de colo	124
5.3.5.3	Relação altura das mudas/diâmetro de colo	125
5.3.5.4	Comprimento de raiz	126
5.3.5.5	Peso seco raiz	126
5.3.5.6	Peso seco parte aérea	126
5.3.5.7	Relação peso seco raiz/peso seco parte aérea	127
5.3.5.8	Área foliar	128
5.3.5.9	Extração do torrão	129
6	CONCLUSÕES	134
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	135

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Características físicas e químicas de alguns substratos usados para produção de mudas florestais	12
Tabela 2	Características de espécies florestais nativas do Brasil	15
Tabela 3	Composição química do lodo cru e digerido	18
Tabela 4	Concentração de metais pesados poluentes em lodo de esgoto	21
Tabela 5	Concentração de patógenos em lodos produzidos em diversas ETEs do Brasil	22
Tabela 6	Processos de redução de patógenos em função da classificação do lodo	23
Tabela 7	Principais parâmetros de valor agrônômico dos lodos produzidos em diversas ETEs do Brasil	28
Tabela 8	Faixas de temperatura nas diferentes fases do processo de compostagem	40
Tabela 9	Temperatura e tempo para destruição dos patógenos e parasitas mais comuns	42
Tabela 10	Resultados das análises físico-químicas dos materiais compostados	50
Tabela 11	Concentração de metais pesados	69
Tabela 12	Concentração de macro e micronutrientes, pH e sólidos voláteis	70
Tabela 13	Parâmetros microbiológicos avaliados na amostra de lodo de esgoto da ETE – Distrito de Martinho Prado – Mogi Guaçu	70
Tabela 14	Parâmetros parasitológicos avaliados na amostra de lodo de esgoto da ETE -Distrito de Martinho Prado – Mogi Guaçu	71
Tabela 15	Parâmetros químicos avaliados na amostra de resíduo estruturante	72
Tabela 16	Parâmetros químicos avaliados em amostra de substrato comercial Plantmax	74
Tabela 17	Parâmetros químicos avaliados em amostra de esterco de curral	75
Tabela 18	Concentração de metais pesados em composto orgânico de lodo de esgoto (COLE)	77
Tabela 19	Caracterização química do composto orgânico de lodo de esgoto (COLE)	78
Tabela 20	Valores de características químicas de substratos usados para produção de mudas florestais	80
Tabela 21	Parâmetros microbiológicos da amostra de composto orgânico de lodo de esgoto	81
Tabela 22	Parâmetros parasitológicos em amostra de lodo de esgoto e composto	82
Tabela 23	Resultados de peso hectolitro dos substratos em peso seco	83

Tabela 24	Resultados em porcentagem de granulometria dos substratos em peso seco	84
Tabela 25	Parâmetros físicos dos substratos nos diversos tratamentos estudados	86
Tabela 26	Escala de valores para interpretação de características físicas de substratos	87
Tabela 27	Valores médios de altura das mudas, diâmetro de colo e relação altura das mudas/diâmetro de colo em mudas de Ingá	93
Tabela 28	Valores médios de comprimento de raiz, peso seco da raiz, peso seco parte aérea, relação peso seco raiz : peso seco parte aérea em mudas de Ingá	96
Tabela 29	Valores médios de área foliar e extração do torrão em mudas de Ingá	97
Tabela 30	Concentração de nutrientes em tecido vegetal de mudas de Ingá	99
Tabela 31	Valores médios de altura das mudas, diâmetro de colo e relação altura das mudas/diâmetro de colo em mudas de Mirindiba rosa	105
Tabela 32	Valores médios de comprimento de raiz e peso seco raiz em mudas de Mirindiba rosa	107
Tabela 33	Valores médios de peso seco da parte aérea, relação peso seco raiz : peso seco parte aérea, área foliar e extração do torrão em mudas de Mirindiba rosa	109
Tabela 34	Valores médios de altura das mudas, diâmetro de colo e relação altura das mudas : diâmetro de colo em mudas de Coração de negro	116
Tabela 35	Valores médios de comprimento raiz, peso seco raiz, peso seco da parte aérea, relação peso seco raiz : peso seco da parte aérea e área foliar em mudas de Coração de negro	119
Tabela 36	Valor médio de extração do torrão em mudas de Coração de negro	120
Tabela 37	Valores médios de altura de mudas, diâmetro de colo, relação altura das mudas : diâmetro de colo em mudas de Ipê de jardim	125
Tabela 38	Valores médios de comprimento de raiz, peso seco da raiz, peso seco da parte aérea e relação peso seco da raiz : peso seco parte aérea em mudas de Ipê de jardim	128
Tabela 39	Valores médios de área foliar e extração do torrão em mudas de Ipê de jardim	129

LISTA DE FIGURAS

Fig 1	Fases da decomposição da matéria orgânica conforme relação C/N e o tempo necessário para bioestabilização e humificação	33
Fig 2	Aspecto do lodo de esgoto “in natura” antes da mistura com o resíduo estruturante	49
Fig 3	Aspecto do resíduo estruturante formado por restos de capim roçado	50
Fig 4	Vista do momento da mistura do lodo de esgoto com o resíduo estruturante	51
Fig 5	Vista da mistura do lodo de esgoto e capim roçado	52
Fig 6	Aspecto do lodo de esgoto misturado com resíduo estruturante em início de compostagem	52
Fig 7	Evolução da compostagem em função da temperatura	76
Fig 8	Emergência das plântulas de tomate	89
Fig 9	Aspecto das mudas de tomate em fase de desenvolvimento vegetativo	89
Fig 10	Aspecto das mudas de tomate em prontas para o plantio em local definitivo	90
Fig 11	Aspecto das mudas de árvores nativas e exótica	91
Fig 12	Aspecto das mudas de árvores na área de rustificação	91
Fig 13	Parcela de Ingá, Tratamento 1 (100% COLE)	98
Fig 14	Parcela de Ingá, Tratamento 2 (90%COLE/10%CAC)	99
Fig 15	Parcela de Ingá, Tratamento 3 (80% COLE/20% CAC)	99
Fig 16	Parcela de Ingá, Tratamento 4 (70% COLE/30%CAC)	100
Fig 17	Parcela de Ingá, Tratamento 5 (60% COLE/40%CAC)	100
Fig 18	Parcela de Ingá, Tratamento 6 (Plantmax – Testemunha)	101
Fig 19	Parcela de Ingá, Tratamento 7 (Esterco De Curral- Testemunha)	101
Fig 20	Parcela de Mirindiba Rosa, Tratamento 1 (100 % COLE)	110
Fig 21	Parcela de Mirindiba Rosa, Tratamento 2 (90%COLE/10%CAC)	110
Fig 22	Parcela de Mirindiba Rosa, Tratamento 3 (80%COLE/20%CAC)	111
Fig 23	Parcela de Mirindiba Rosa, Tratamento 4 (70%COLE/30%CAC)	111
Fig 24	Parcela de Mirindiba Rosa, Tratamento 5 (60% COLE/40%CAC)	112
Fig 25	Parcela de Mirindiba Rosa, Tratamento 6 (Plantmax – Test.Ha)	112
Fig 26	Parcela de Mirindiba Rosa, Tratamento 7 (Esterco De Curral – Testemunha)	113
Fig 27	Parcela de Coração de Negro, Tratamento 1 (100% COLE)	120
Fig 28	Parcela de Coração de Negro, Tratamento 2 (90%COLE/10%CAC)	120
Fig 29	Parcela de Coração de Negro, Tratamento 3 (80% COLE/20%CAC)	121
Fig 30	Parcela de Coração de Negro, Tratamento 4 (70%COLE/30% CAC)	121
Fig 31	Parcela de Coração de Negro, Tratamento 5 (60%COLE/40%CAC)	122
Fig 32	Parcela de Coração de Negro, Tratamento 6 (Plantmax – Testemunha)	122
Fig 33	Parcela de Coração de Negro, Tratamento 7 (Esterco De Curral-	123

	Testemunha)	
Fig 34	Parcela de Ipê de Jardim, Tratamento 1 (100% COLE)	130
Fig 35	Parcela de Ipê de Jardim, Tratamento 2 (90%COLE/10%CAC)	130
Fig 36	Parcela de Ipê de Jardim, Tratamento 3 (80% COLE/20%CAC)	131
Fig 37	Parcela de Ipê de Jardim, Tratamento 4 (70% COLE/30%CAC)	131
Fig 38	Parcela de Ipê de Jardim, Tratamento 5 (60%COLE/40%CAC)	132
Fig 39	Parcela de Ipê de Jardim, Tratamento 6 (Plantmax – Testemunha)	132
Fig 40	Parcela de Ipê de Jardim, Tratamento 7 (Esterco de curral – Testemunha)	133

ABSTRACT

This work has as objective to study the physical and chemical characteristics of mixtures of different ratios of organic mixture of sewage with carbonized rice straw and to evaluate the viability of the use of these materials as medium of growth for production of seedlings of native and exotic essences. The experiment was divided in three phases where diverse assays had been carried through. The first phase enclosed the characterization of the sewage sludge, the structural material, and the used commercial substratum in the fishery, through chemical analyses. The second phase involved the accomplishment of the process of composting of the sewage sludge using itself cut remaining portions of grass and gram, as structural agent. After the composting of the sewage sludge to be called COLE (organic mixture of sewage sludge) and was subdue the new chemical analyses, chemical of microorganism and electric conductivity. Subsequently the sewage sludge and mixes the carbonized rice straw, had been carried through analyses for determination of the physical properties, as macroporosity, microporosity, total porosity, water retention capacity, apparent density and electric conductivity. The third phase was divided in two assays, having been first a preliminary test that used the organic mixture of sewage sludge for the sowing and culture of an indicating plant, the tomato, that it supplied resulted that they had determined the treatments (substratum) for the installation of the final assay, that had as objective the study of the effect of the substratum in the production of seedlings. As the second assay understood the evaluation of the production of native and exotic essences and was developed in the municipal fishery of the Municipal College Professor Franco Montoro /Mogi Guaçu, where ratios had been tested as substratum, 100/00 90/10,80/20, 70/30, 60/40 (organic mixture of sewage sludge/ carbonized rice straw) using tubetes, which had been compared with substrate witnesses Plantmax of the Eucatex and dung of tanned corral used for the fishery. Relative parameters to the growth of the changes had been evaluated: height of plant (h); collar diameter (d); relation H/D; dry matter production of aerial part and root; ratio between dry matter of root and aerial part; leaf area and quality of

aggregation of the substratum. The gotten results how much the physical, microbiological and chemical characterization, of the organic mixture of sewage sludge (COLE), indicates that the material is adjusted to be used as half of propagation of forest species. The changes of native trees Ingá, Mirindiba rosa and Coração de negro in substrata I contend organic mixture of sewage sludge (COLE)/ carbonized rice straw (CAC) in ratios 90/10 and 80/20, had presented resulted satisfactory when comparative the witnesses. The exotic species Ipê de jardim presented good results of growth and development of the seedlings in the ratio 90%COLE /10 %CAC. With regard to nutrition characterization of the seedlings of Ingá, it was observed that the treatments I contend doses of organic mixture of sewage sludge (COLE) of 70 the 100%, had presented greater accumulation of nutrients in leaf. The dose of 100% of organic mixture of sewage sludge (COLE) presented resulted superior in growth of the aerial part of the seedlings, but unsatisfactory in the development of the roots, making it difficult the withdrawal of the dumb one of container and intervening with the final quality of the seedling . On the basis of the gotten results, the use of the organic mixture of sewage sludge for production of seedlings in containers is concluded that, is sufficiently promising since that, the same either used in composition with another structural agent , as for example the carbonized rind of rice, in order to get seedlings with better physiological and morphologic qualities.

Keywords: sewage sludge, substratum, composting, native trees, exotic trees, production of seedlings, fishery.

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo estudar as características físicas e químicas de misturas de diferentes proporções de composto orgânico de lodo de esgoto com casca de arroz carbonizada e avaliar a viabilidade da utilização desses materiais como meio de crescimento para produção de mudas de essências nativas e exóticas. O experimento foi dividido em três fases nas quais foram realizados diversos ensaios. A primeira fase abrangeu a caracterização do lodo de esgoto, do material estruturante e do substrato comercial utilizado no viveiro através de análises químicas. A segunda fase envolveu a realização do processo de compostagem do lodo de esgoto utilizando-se restos de capim e grama cortados, como agente estruturante. Após a compostagem, o lodo de esgoto passou a receber a denominação de COLE (composto orgânico de lodo de esgoto) e foi submetido a nova análise química, microbiológica, parasitológica, além da condutividade elétrica. Posteriormente foi misturado com a casca de arroz carbonizada (CAC) nas proporções de 100/00 a 00/100 de COLE/CAC estabelecendo as misturas ou tratamentos que foram submetidos a análises para determinação das propriedades físicas, como macroporosidade, microporosidade, porosidade total, capacidade de retenção de água, densidade aparente. A terceira fase foi dividida em dois ensaios, sendo o primeiro um teste preliminar que utilizou o composto orgânico de lodo de esgoto para a semeadura e cultivo de uma planta indicadora, o tomate, que forneceu resultados que determinaram os tratamentos (substratos) para a instalação do ensaio final, que teve como objetivo o estudo do efeito do substrato na produção de mudas. O segundo ensaio compreendeu a avaliação da produção de essências nativas e exóticas e foi desenvolvido no viveiro municipal da Faculdade Municipal Professor Franco Montoro/Moji Guaçu, onde foram testadas como

substrato as proporções 100/00, 90/10, 80/20, 70/30, 60/40 (composto orgânico de lodo de esgoto /casca de arroz carbonizada) utilizando-se tubetes , os quais foram comparados aos substratos testemunhas Plantmax da Eucatex e esterco de curral curtido utilizado pelo viveiro. Foram avaliados parâmetros relativos ao crescimento das mudas: altura de planta (H); diâmetro de colo (D); relação H/D; produção de matéria seca de parte aérea e raiz; relação matéria seca de raiz/matéria seca de parte aérea , área foliar e qualidade de torrão. Os resultados obtidos quanto à caracterização física, microbiológica e química do composto orgânico de lodo de esgoto (COLE) , indicam que o material está adequado para ser utilizado como meio de propagação de espécies florestais. As mudas de árvores nativas Ingá, Mirindiba rosa e Coração de negro desenvolvidas em substratos contendo composto orgânico de lodo de esgoto (COLE) / casca de arroz carbonizada (CAC) nas proporções 90/10 e 80/20, apresentaram resultados satisfatórios quando comparados às testemunhas. A espécie exótica Ipê de jardim apresentou bons resultados de crescimento e desenvolvimento das mudas na proporção 90%COLE /10%CAC . Com relação a caracterização nutricional das mudas de Ingá, observou-se que os tratamentos contendo doses de COLE de 70 a 100% apresentaram maior acúmulo de nutrientes nas folhas. A dose de 100% de COLE apresentou resultados superiores em crescimento da parte aérea das mudas, mas insatisfatórios no desenvolvimento das raízes, dificultando a retirada da muda do tubete e interferindo na qualidade final da muda. Com base nos resultados obtidos, conclui-se que o uso do composto orgânico de lodo de esgoto para produção de mudas em tubetes é bastante promissor desde que ele seja utilizado em composição com outro material estruturante , como por exemplo a casca de arroz carbonizada, a fim de se obterem mudas com melhores qualidades fisiológicas e morfológicas.

Palavras - chave : Lodo de esgoto, substrato, compostagem, árvores nativas, árvores exóticas, produção de mudas, viveiro.

1. INTRODUÇÃO

Ao se discutir os problemas relacionados ao crescimento populacional, de imediato aborda-se a questão do lixo e de resíduos, visto que é uma das mais preocupantes conseqüências desse fato. Na tentativa de contornar os transtornos causados pela crescente produção de lixo e de resíduos, têm-se buscado estratégias de maneira a diminuir o impacto causado pela disposição desses materiais, sendo uma das estratégias a reutilização desses rejeitos. A reciclagem é atualmente uma prática mundial e uma das alternativas mais atrativas para o aproveitamento de resíduos seria a sua aplicação no meio agrícola. Diversas linhas de pesquisa, tanto no Brasil quanto no exterior, vêm sendo desenvolvidas ao longo dos anos a fim de aperfeiçoar e viabilizar esta prática.

Com a implantação das Estações de Tratamento de Esgoto tem-se a geração do lodo, que hoje está sendo disposto principalmente em lagoas de lodo, aterro sanitário ou aterro de lodo próximo às ETEs. O lodo de esgoto é um resíduo com elevado potencial de contaminação por agentes patogênicos que podem ser transmitidos aos homens e animais, além de conter metais pesados. Esses fatores constituem limitações que devem ser observadas quando avaliada a possibilidade de utilização desse resíduo em áreas agrícolas. Os patógenos podem ser controlados através da adoção de técnicas de higienização imprescindíveis na redução do perfil poluidor do lodo de esgoto.

O uso agrícola é uma forma mundialmente aceita para destinação final do lodo de esgoto, pois este é constituído de teores elevados de matéria orgânica, macro e micronutrientes para as plantas. Manejado de forma adequada, o lodo de esgoto constitui-se em um excelente fertilizante orgânico (MELO *et al.*, 1994; VANZO *et al.* 2001). O interesse pela aplicação do lodo de esgoto na agricultura vem aumentando principalmente pelo baixo custo dessa prática. Diversos estudos foram obtidos a respeito do uso deste tipo de material na agricultura e ótimos resultados foram comprovados. Uma das alternativas de uso deste material pode ser o fornecimento de matéria orgânica na composição de substratos para a formação de mudas frutíferas e florestais.

Neste contexto, propõe-se com este trabalho testar a utilização do lodo de esgoto como substrato e como fonte de matéria orgânica e de nutrientes na produção de mudas de essências nativas.

2. OBJETIVOS

.Objetivo Geral

Testar a utilização do lodo de esgoto, estabilizado através da compostagem, como substrato na produção de mudas de árvores.

Objetivos específicos

- Caracterizar, através de análises de laboratório, as propriedades físicas, químicas, microbiológicas e parasitológicas do lodo de esgoto e outros materiais utilizados no estudo.
- Avaliar a compostagem do lodo de esgoto com restos vegetais como forma de tratamento do lodo e melhoria das suas propriedades físicas e químicas.
- Testar e avaliar a produção de mudas de essências florestais, utilizando o composto orgânico do lodo de esgoto em misturas de diferentes proporções com casca de arroz carbonizada.

3. REVISÃO DE LITERATURA

Os principais aspectos relacionados a substratos utilizados, produção de mudas, características físicas, químicas e biológicas de lodo de esgoto e compostagem são abordados neste capítulo.

3.1 . SUBSTRATO

Os substratos para a produção de mudas podem ser definidos como sendo o meio adequado para a sua sustentação e retenção das quantidades suficientes e necessárias de água, oxigênio e nutrientes, além de apresentar pH compatível, ausência de elementos químicos em níveis tóxicos e condutividade elétrica adequada. A fase sólida do substrato deve ser constituída por uma mistura de partículas minerais e orgânicas. O estudo do arranjo desses componentes é importante, já que eles poderão ser fonte de nutrientes e atuarão diretamente sobre o sistema. Portanto, em função do arranjo quantitativo e qualitativo dos materiais minerais e orgânicos empregados as mudas serão afetadas quanto ao suprimento de nutrientes, água disponível e oxigênio (ROSA JR. *et al.* 1998).

Na escolha de um meio de crescimento deve-se observar, basicamente ,se suas características físicas e químicas são adequadas, qual a espécie a ser plantada, além de considerar os aspectos econômicos. Segundo CAMPINHOS JR. *et al.* (1984), o meio ideal deve ser uniforme em sua composição , ter baixa densidade, ser poroso, ter capacidade de retenção de água e troca catiônica adequadas , ser isento de pragas, inóculos de doença, substâncias tóxicas, organismos patogênicos e sementes estranhas, deve ser operacional a qualquer tempo, abundante e economicamente viável.

A produção de mudas florestais, em qualidade e quantidade, é uma das fases mais importantes para o estabelecimento de bons povoamentos florestais com espécies nativas (GONÇALVES *et al.*,2000). O uso de substrato de cultivo adequado é fator

essencial para a produção de mudas de qualidade, assegurando boa adaptação e crescimento após o plantio.

Os substratos podem ser compostos por diferentes matérias - primas , sendo os resíduos orgânicos os mais utilizados, visto que a matéria orgânica é componente fundamental para que os substratos cumpram a sua finalidade básica, que, de acordo com CORDEL & FILER Jr. (1984), seria aumentar a sua capacidade de reter água e nutrientes para as mudas. Deve-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 ter ampla participação positiva dos materiais orgânicos.

A turfa , solo orgânico proveniente de áreas inundadas, é o material mais utilizado para compor substratos no Estados Unidos , Canadá e na maior parte dos países da União Européia (FONTENO, 1996). Segundo o autor, as pressões ambientalistas têm levado à substituição da turfa por cascas de árvores, pedra pome, fibra do coco e argilas expandidas (vermiculita, cinasita) por parte dos produtores profissionais na última década.

Outras matérias - primas também são consagradas no uso em misturas para compor substratos para plantas, como casca de arroz carbonizada ou queimada; poliestireno expandido (isopor), espuma fenólica, areia, subprodutos da madeira (como serragem), fibra de madeira; compostos de lixo domiciliar urbano e compostos de poda, solo mineral, xaxim e vermicomposto (KÄMPF, 2000 a; SCHIE, 1999; PUCHALSKI,1999;BURGER *et al.*, 1997; FONTENO, 1996; VERDONCK,1984).

A utilização de resíduos da agroindústria, disponíveis regionalmente como componentes para substratos , pode propiciar a redução de custos, assim como auxiliar na minimização da poluição decorrente do acúmulo desses materiais no meio ambiente (FERMINO, 1996).

Os substratos orgânicos devem ser estáveis biologicamente, ou seja, devem ser bem decompostos. Materiais com altas relações C/N (> 30) normalmente apresentam alta atividade de microrganismos que podem competir com as mudas por nutrientes, principalmente nitrogênio enxofre .

GONÇALVES *et al.* (2000) citam que, na produção de mudas por estacas, vários pesquisadores e viveiristas têm alcançado bons níveis de enraizamento em diferentes tipos de substrato, indicando que não há o substrato ideal para todas as espécies e condições, variando de acordo com a espécie, condição de estaca, estação do ano, luminosidade, temperatura , drenagem, disponibilidade de água, tipo de estrutura do substrato e reguladores de crescimento.

O principal critério para definir as características do substrato deve ser baseado nas suas características físicas. As características químicas são relativamente fáceis de ser corrigidas com fertilizações de base e cobertura.

As propriedades físicas de um substrato estão centradas em dois aspectos: (1) as propriedades das partículas que compõem a fração sólida, em especial sua forma e tamanho, sua superfície específica e sua característica de interação com a água (molhabilidade) e , (2) a geometria do espaço poroso formado entre essas partículas, que é dependente das propriedades das partículas e da forma de manuseio do material, em especial da densidade de empacotamento do substrato no recipiente, que determine a porosidade total e o tamanho dos poros.

A retenção da água entre as partículas depende da geometria do espaço poroso, ou seja, da forma e tamanho dos poros. Segundo NOBEL, (1991) , na matriz do substrato a água é retida entre as partículas até o equilíbrio da força coesão da água com a força da gravidade.

Desta forma, a dimensão dos poros é importante para estabelecer o quanto um substrato é capaz de regular o fornecimento de água e ar às plantas (HANDRECK & BLACK, 1999).

O grau de desenvolvimento estrutural do solo é estreitamente relacionado com sua porosidade (macro e microporos), conseqüentemente, com sua capacidade de drenagem, aeração e capilaridade, propriedades que regulam os processos de troca gasosa entre a atmosfera e o solo, bem como os processos de transferência de água e nutrientes do solo às raízes (GONÇALVES, 2002). Dessa forma, a estrutura é uma característica fundamental do solo e que também deve ser observada no substrato a ser utilizado para produção de mudas florestais, pois determinará sua capacidade produtiva.

Quando um solo apresenta predominância de poros muito estreitos, os processos de transferência de água , de nutrientes e de ar ficam comprometidos, limitando o crescimento radicular das plantas, com inibição da taxa de alongação da raiz principal, aumentando a formação de raízes laterais (secundárias e terciárias) mais finas, tornando o sistema radicular restrito e suscetível ao estresse hídrico.

Segundo FRETZ *et al.* (1979) , o substrato não apresenta efeito direto sobre a iniciação radicular, mas tem efeito marcante sobre a alongação das raízes, configuração do sistema radicular , sobrevivência das mudas e sucesso na repicagem e plantio da muda no campo.

GONÇALVES & POGGIANI (1996) agruparam os diversos substratos testados para produção de mudas florestais levando em conta suas características químicas e físicas semelhantes, bem como seus potenciais similares para propagação de plantas. A partir das informações reveladas em vários trabalhos de pesquisa, pôde-se inferir que a mistura de substratos de um mesmo grupo não resulta em grandes alterações das características do produto obtido. Nesta linha de raciocínio, devem ser usados no máximo três componentes em uma mistura de substratos para propagação de mudas florestais .

A presença de um ou mais componentes numa mistura de substratos com partículas de diâmetro menor ou igual ao diâmetro médio dos macroporos da mistura leva ao bloqueio de grande parte da macroporosidade. Esta é uma situação comum em misturas com predominância de componentes orgânicos, mas que recebem grandes quantidades de terra de subsolo, rica em areia fina (e / ou muito fina) , silte e argila (GONÇALVES *et al.* 2000)

Normalmente, os substratos leves, de baixa densidade como os materiais incinerados (Ex.: casca de arroz carbonizada) e a vermiculita, elevam a macroporosidade das misturas e reduzem a capacidade de retenção de água do substrato

As propriedades químicas dos substratos referem-se principalmente ao valor de pH, à capacidade de troca de cátions (CTC) e à salinidade. Tendo em vista que a nutrição das plantas é manejada pelo viveirista, utilizando adubações de base e complementares, a investigação do teor de nutrientes nos materiais puros e misturas só é realizada em casos especiais, quando houver interesse ou necessidade de quantificar os elementos presentes (KÄMPF , 2000)

O pH é de grande importância para o crescimento da planta devido ao seu efeito na disponibilidade de nutrientes, em especial de microelementos (BAILEY *et al.* 2000 ; HANDRECK & BLACK, 1999). Valores de pH abaixo de 5,4 podem promover nas plantas fitotoxicidade por excesso de manganês, que se torna solúvel no meio. Também aumenta-se o risco de toxidez de ferro, zinco e cobre, se esses estiverem presentes em quantidades significativas no substrato. No outro lado do espectro , BAILEY *et al.*, 2000, ressaltam que um valor de pH acima de 6,2 pode levar a problemas com deficiência de ferro em hortênsia e amor –perfeito, assim como deficiência de boro em amor –perfeito , alegria de jardim e petúnia.

Um importante mecanismo que auxilia na regulação do fornecimento de carga positiva para a planta é a capacidade de troca de cátions ou CTC (BUNT, 1988). A CTC é a quantidade de cargas eletrostáticas de superfície negativamente carregadas de um substrato por unidade de peso ou volume. Essas cargas são balanceadas por cátions (nutrientes de carga positiva) que ficam retidos em forma trocável nessas superfícies, em equilíbrio com a solução (HANDRECK & BLACK, 1999; FONTENO, 1996).

Segundo KÄMPF, (2000), na utilização de substratos compostos por materiais alternativos e em misturas não industrializadas, é importante conhecer o nível de salinidade do substratos, a fim de evitar perdas na produção. A condutividade elétrica (CE) é um indicativo da concentração de sais ionizados na solução (WILSON, 1984) e fornece um parâmetro para a estimativa da salinidade do substrato. As plantas variam em sua tolerância a níveis de salinidade e estresse hídrico. A salinidade pode ser derivada da adubação de base ou do conteúdo natural de sais dos componentes utilizados na mistura (KÄMPF, 2000)

GONÇALVES & POGGIANI (1996) indicam em seu trabalho valores adequados para algumas características físicas de substratos para o desenvolvimento de mudas de *Pinus e Eucalyptus*. A densidade global deve estar em torno de 0,45 a 0,55 g/cm³, a porosidade total entre 75 e 85%, a macroporosidade entre 35 e 45%, a microporosidade entre 45 e 55% e a capacidade máxima de retenção de água deve estar entre 20 e 30 ml/50 cm³. Como características químicas de substratos mais adequadas para o desenvolvimento destas duas espécies, esses autores citam a relação C_{total}/N_{total} de 8 a 12/1 , o pH em CaCl₂ 0,01M entre 5,5 e 6,5 o P_{resina} entre 40 e 80mg dm³, o K trocável entre 3,0 e 10 mmol_c dm³, Mg entre 5 e 10 mmol_c dm³ e a CTC efetiva deve ser maior que 20 mmol_c dm³.

Atualmente os recipientes mais utilizados para a produção de mudas de espécies nativas das matas brasileiras são os sacos plásticos e os tubetes de polipropileno. O primeiro, mais antigo, normalmente utiliza a terra de subsolo como substrato de cultivo. O segundo, que se difundiu muito pelo Brasil nos últimos 10 anos, utiliza predominantemente substratos orgânicos simples ou misturados.

De acordo com GONÇALVES *et al.*, (2000), o substrato ideal para produção de mudas em sacos plásticos deve ter de 20 a 35% de argila e o restante predominantemente de areia média ou grossa, o que lhe assegura uma boa permeabilidade e coesão no interior do saco plástico, contribuindo para uma boa formação do torrão, essencial para o manuseio das mudas no viveiro, transporte e plantio no campo.

O substrato básico usado para produção de mudas em tubetes é do tipo orgânico, como os compostos orgânicos de esterco de curral curtido, de cascas de eucaliptos e pinus, de bagacilho de cana – de - açúcar , húmus de minhoca, entre outros, em composição com componentes secundários como a vermiculita e casca de arroz carbonizada.

Estes substratos são geralmente utilizados em mistura com outros substratos de menor densidade como a palha de arroz carbonizada e vermiculita. A adição destes substratos reduz a densidade média da mistura, melhorando suas condições de drenagem. Substratos adequados para a propagação de mudas via semente e estaca em tubete, podem ser obtidos a partir da mistura de 70 a 80% de um composto orgânico com 20 a 30% de um componente secundário para elevar a macroporosidade (casca de arroz carbonizada).

Substratos com alto teor de silte (mais de 5%) não são recomendados, pois o silte, devido ao seu tamanho, bloqueia os macroporos do substrato, impedindo a aeração e drenagem. Geralmente, a macroporosidade da terra de subsolo é baixa e a microposidade elevada relativamente aos substratos orgânicos.

MORAES NETO *et al.* (2000) estudaram o efeito de diferentes substratos no crescimento de mudas de espécies nativas pioneiras, Cróton urucurana (Sangra da água) e Guazuma ulmifolia (Mutambo) , de espécies secundárias, Peltophorum dubium (Canafístula) e Lonchocarpus muehlbergianus (Feijão cru) e de espécies clímax, Tabebuia impetiginosa (Ipê roxo) e Genipa americana (Jenipapo). Verificaram que os substratos contendo 60 a 80% de húmus de minhoca, ou composto orgânico de gado mais 20 a 40% de casca de arroz carbonizada, apresentaram excelentes características físicas, o que resultou na produção de mudas de excelente qualidade, com bom sistema radicular, formando” torrões” firmes, onde o substrato estava bem aderido às raízes. Eles também observaram para algumas espécies, sobretudo as de rápido crescimento,que, com a ausência de casca de arroz carbonizada misturada ao componente orgânico, o crescimento das mudas foi negativamente afetado, fato atribuído à menor capacidade de drenagem e aeração do substrato.

Diferentes proporções de composto de lixo urbano e palha de arroz carbonizada foram adicionadas como condicionadores da mistura de solo mais areia, na proporção volumétrica 2:1:4 (solo-areia-condicionador). STRINGHETA *et al.* (1999) concluíram que a produção de matéria seca e fresca das folhas de crisântemo aumentou com a elevação do teor de lixo urbano no substrato, e as concentrações máximas de N e P (nas folhas) foram atingidas com aproximadamente 33% de composto de lixo urbano e 66% de palha de arroz carbonizada.

Resultados do trabalho de TEDESCO *et al.* (1999) , em resposta à utilização de vermicomposto na composição de substratos, revelaram que houve um incremento nos valores das variáveis altura de planta e biomassa de parte aérea, de raízes e total, à medida que se aumentaram as doses do material orgânico. Estes resultados corroboram os obtidos por ALVES & PASSONI (1997), em trabalho desenvolvido com composto orgânico ou vermicomposto oriundos de lixo domiciliar, no qual constataram que , mesmo em doses elevadas ou até na substituição total do solo por estes produtos ,não ocorreram problemas na germinação ou no desenvolvimento das mudas.

MAIA (1999) , em experimento utilizando solo, lodo biológico (proveniente da ETE de uma fábrica de papel e celulose) e casca de pinus como substrato, comprovou que a presença de solo no substrato é dispensável, e o lodo por sua vez não deve ser usado puro, apesar de sua relativa fertilidade, devido provavelmente a sua baixa porosidade. Em função disso, a mistura desses componentes com casca de pinus melhorou a porosidade e a aeração do substrato.

Diversos materiais têm sido testados como componentes de substrato para mudas de espécies florestais. Trabalhos realizados com lodo de esgoto como componente orgânico de substratos mostraram resultados satisfatórios .

Dentre os compostos de vários resíduos sólidos, ROE *et al.* (1997) observaram que mudas de tomate e pimentão desenvolveram melhor tamanho e resistência em lodo de esgoto. Além disso, nas condições de vasos, o crescimento das plantas foi maior em biossólido, seguido pelos outros compostos.

Algumas características físicas e químicas de diversos substratos utilizados por MORAES NETO *et al.* (1997) são apresentadas no Tabela 1.

Tabela 1- Características físicas e químicas de alguns substratos usados para produção de mudas florestais.

Características	Composto orgânico t	Húmus de minhoca	Casca de eucalipto decomposta	Turfa	Vermiculita (fina)	Terra de Subsolo	Casca de Arroz Carbonizada	Cinza da caldeira de Biomassa
Densidade de partículas (g cm ³)	1,9	1,8	1,3	-	1,2	2,5	1,4	1,1
Porosidade total (%)	74	75	69	-	90	52	82	77
- Macroporosidade (%)	13	7	39	-	44	10	44	35
- Microporosidade (%)	61	68	30	-	46	42	38	42
Retenção de água (ml 50 cm ³)	30,5	34	15	-	23	21	19	21
Retenção de água (ml g ⁻¹)	1,3	1,6	0,8	-	3,9	0,4	1,6	3,6
Mat. org. total (g kg ⁻¹)	205	194	552	773	-	5	510	796
Mat. org. compostável (g kg ⁻¹)	164	136	480	770	-	-	248	296
Mat. org. resistente (g Kg ⁻¹)	41	58	11	3	-	-	262	500
Resíduo mineral total (g kg ⁻¹)	795	806	433	-	-	-	490	241
Resíduo insolúvel (g kg ⁻¹)	734	725	299	-	-	-	453	44
Resíduo solúvel (g kg ⁻¹)	61	81	133	-	-	-	37	196
Carbono orgânico total (g kg ⁻¹)	114	108	270	428	-	2,9	284	426
Nitrogênio total (g kg ⁻¹)	11	8,4	10	31	-	0,24	6,5	3
Relação C total/N total	10	13	27	14	-	12	44	128
PH em CaCL ₂ 0,01 M	6	6,4	6,1	4	5,9	4,2	6,5	8,8
P total (g kg ⁻¹)	4	4	0,2	0,7	-	-	1	5
K trocável (g kg ⁻¹)	3	2	1	3	-	-	3	12
Ca trocável (g kg ⁻¹)	8	10	26	-	-	-	1	49
P resina (mg dm ³)	780	1216	120	-	23	2	135	59
Mg trocável (g kg ⁻¹)	4	4	1	-	-	-	1	7
Al trocável (mmol _c dm ³)	6	14	3	-	1	3	3	0
C.T.C. efetiva (mmol _c dm ³)	321	423	362	-	109	15	69	33

Fonte: Gonçalves & Pogliani,1996

3.2 PRODUÇÃO DE MUDAS

O processo de ocupação do território brasileiro, principalmente o Estado de São Paulo, teve no passado um caráter extremamente predatório. A derrubada de florestas para implantação de culturas e pastagens foi executada indiscriminadamente, inclusive em áreas que, por suas características físicas, seriam mais apropriadas para a manutenção de florestas, como as escarpas de serra, as áreas de baixa fertilidade ou com problemas de profundidade e pedregosidade, e as margens dos cursos d'água (KAGEYAMA *et al.*, 1992).

A drástica redução das matas ciliares e a fragmentação das florestas em geral, têm causado aumento significativo dos processos de erosão dos solos com prejuízos à hidrologia regional, evidente redução da biodiversidade. A degradação de imensas áreas. A severa pressão exercida para o desmatamento nestas áreas estão ligadas à expansão agrícola, às pastagens, à implantação de agroindústrias ou à construção de grandes empreendimentos, usinas hidrelétricas, entre outros (BARBOSA, 1989; DECAMPS & NAIMAN, 1990; JOLY, 1994; BARBOSA *et al.*, 1997).

Tendo em vista este quadro caótico, vários pesquisadores e autoridades públicas vêm propondo trabalhos de recuperação florestal nos últimos ano com o objetivo de plantar florestas nativas, elevando o índice de cobertura florestal do Estado, mas com a manutenção da biodiversidade e o desenvolvimento auto-sustentado, recomendados e apontados na Agenda 21, estabelecida durante a Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente (Rio 92). Reconhecer, inventariar e manter as diferenças entre ecossistemas, espécies e entre seres vivos da mesma espécie significa conservar a biodiversidade.

A preocupação com a fauna deve existir e sabe-se que a própria diversidade vegetal promove a diversidade de habitat, e de fonte alimentar compatíveis. A maior parte das espécies arbóreas tropicais é polinizada por insetos, pássaros ou morcegos, as sementes, no caso da mata ciliar, na maioria das vezes são dispersas por animais terrestres, peixes e pela própria água dos rios e riachos. Em função disto, a preocupação com a conservação e recuperação da cobertura florestal, apesar de relativamente recente, tem sido objeto de discussões amplas e de abordagens técnicas, científicas, conservacionistas e de legislação correlata (DURIGAN *et al.*, 2001). Uma das alternativas de recuperação florestal mais comum apontada é o reflorestamento heterogêneo, baseado na sucessão secundária, que consiste no plantio de diferentes espécies nativas, integrantes do conjunto de espécies que ocorrem numa mesma área, recriando condições mais próximas possíveis, das florestas naturais.

Observando como ocorre a regeneração natural em terras de culturas e pastagens abandonadas, que em poucos anos se transformam em pastos sujos ocupados pelas pioneiras, depois pelas espécies secundárias iniciais e secundárias tardias e mais tarde, dependendo de fontes abastecedoras e de agentes dispersores existentes na região, deverão aparecer as espécies clímaxes, BUDOWSKI (1965) lançou sua teoria sobre os processos de sucessão secundária. Um reflorestamento com espécies nativas, obedecendo à seqüência de pioneiras-secundárias-clímaxes, possibilita a formação de uma floresta com características fisionômicas próximas da vegetação original, seguindo o processo natural.

Com base numa série de características das espécies florestais como tamanho e germinação das sementes, tipo de dispersão, velocidade de crescimento, susceptibilidade à luz direta, entre outras, estas podem ser classificadas em grupos que se sucedem numa área de regeneração natural. Alguns técnicos preferem classificar as espécies nativas tropicais na sucessão secundária em três grupos ecológicos: pionerias (totalmente heliófitas que não toleram sombreamento); secundárias iniciais e tardias (oportunistas de clareiras e tolerantes à sombra) e clímaxes (umbrófilas quando jovens).

Algumas características de espécies florestais nativas do Brasil, que compõem os estádios seriais que devem ser considerados modelos de recuperação vegetal baseados na sucessão secundária (BUDOSWKY, 1965, adaptado por BARBOSA et al., 2000) são apresentadas no Tabela 2 .

Tabela 2 : Características de espécies florestais nativas do Brasil

Característica	Espécie Pioneira	Espécie Secundária Inicial	Espécie Secundária Tardia	Espécie Climática
Ciclo de vida (anos)*	Curto (1 a 3 podendo chegar a 5)	Curto (5 a 15)	Médio a longo (20 a 50)	Longo (mais que 100)
Tamanho e Quantidade de sementes e frutos	Pequenas e em grande quantidade	Pequenas e em grande quantidade	Indefinida, depende da espécie	Grandes e em pouca quantidade
Viabilidade de sementes	Longa, latentes no solo	Longa, latentes no solo	Curta e média	Curta
Disseminação das sementes*	Pássaros, morcegos, vento	Pássaros, morcegos, vento	Principalmente pelo vento	Gravidade, mamíferos e coletores
Altura dos indivíduos* (m)	4 a 8 (alguns até 12)	10 a 20	20 a 30 (alguns até 50)	30 a 45 (alguns até 60)
Tempo para atingir altura máxima	Muito rápido (meses)	Rápido (meses/anos)	Variável com a espécie (> 1 ano) (alguns anos)	Lento (muitos anos – mais de 10)
Densidade da madeira	Muito leve	Leve	Intermediária, variando com a espécie	Pesada e rígida
Espessura dos ramos espécies dominantes	Muito finos (perímetro < 40cm)	Finos (perímetro até 40-60cm)	Espessos (perímetro < 80cm)	Muito espessos (perímetro > 80cm)
Folhagem das espécies dominantes	Sempre verde	Sempre verde	Muitas são decíduas	Sempre verde
Forma de regeneração	Colonizam qualquer área, agressiva sob luz	Colonizam grandes clareiras	Colonizam pequenas e médias clareiras	Colonizam áreas sombreadas
Necessidade de luz	Muita luz (heliófilas)	Variável com a espécie	Variável com a espécie	Umbrófilas quando jovens, necessitam de luz quando adultas

Fonte: BARBOSA et al., 2000

O potencial de crescimento é bastante variável entre as espécies . As espécies pioneiras e secundárias iniciais apresentam taxas de crescimento muito superior às secundárias tardias e clímaxes, com exceção de algumas espécies, que embora classificadas como pioneiras apresentam crescimento lento no viveiro, e algumas secundárias tardias e clímaxes apresentam crescimento inicial rápido.

Contando da fase de germinação até o ponto de expedição das mudas para o plantio em local definitivo, as pioneiras precisam de um período médio de crescimento de 100 a 110 dias ; as secundárias iniciais, de 110 a 120 dias; as secundárias tardias, de 130 a 140 dias e as clímaxes, de 150 a 160 dias.

GONÇALVES *et al.* (1992) verificaram ampla variação entre espécies pioneiras, secundárias e clímaxes na concentração e taxa de acumulação de nutrientes, tanto no viveiro como no campo.

A produção de mudas florestais, em quantidade e qualidade, é uma das fases mais importantes para o estabelecimento de bons povoamentos florestais com espécies nativas.

As características da muda de boa qualidade estão intrinsecamente relacionadas com o seu potencial de sobrevivência e crescimento no campo após o plantio, o que determinará a necessidade de replantio e demanda de tratos culturais de manutenção do povoamento recém-implantado (CARNEIRO, 1995) e os parâmetros morfológicos das mudas, como altura, diâmetro de colo, maturação da parte aérea e o desenvolvimento do sistema radical são características de fácil avaliação e podem dar boas prescrições de qualificação.

A muda de boa qualidade aparenta vigor e bom estado nutricional, com folhas de tamanho e coloração típicas da espécie. Para mudas produzidas em tubete a altura ideal varia entre 20 a 35 cm e o diâmetro do colo deve ter no mínimo 2 mm. O caule , para a grande maioria das espécies, deve ser único, não ramificado, aparentando dominância

apical. Em sua maior ou em toda a sua extensão, deve estar preenchido com folhas, evidenciando ampla área foliar.

A estrutura radicular deve ser típica da espécie, sem enovelamentos, e com grande quantidade de raízes finas, que assegurarão pronto crescimento radicular no campo, agilizando a adaptação da muda ao ambiente.

3.3 LODO DE ESGOTO

A disposição de esgotos brutos no solo ou em corpos receptores naturais, como lagoas, rios, oceanos, é uma alternativa que foi e ainda é empregada de forma muito intensa em países em desenvolvimento como o Brasil.

Segundo dados do IBGE, por meio da Pesquisa Nacional de saneamento Básico (PNSB, 2004), no ano de 2000, o volume de esgoto coletado por dia era de 14.570.079 m³, desse montante, mais de 65% não passava por nenhum tipo de tratamento.

Os sistemas de tratamento de esgotos resultam, sem dúvida, em aspectos relevantes para o aumento da qualidade de vida da população, mas é fundamental a inclusão da gestão adequada dos resíduos gerados na estação.

O lodo de esgoto é o resíduo sólido gerado nas estações de tratamento de esgoto (ETEs), e sua composição depende do tipo de tratamento empregado e das características das fontes geradoras (SANEPAR, 1997).

O índice de cobertura de coleta de esgotos do país é da ordem de 50%, e apenas 25% é destinado a algum tipo de tratamento, gerando 270 mil toneladas de lodo por ano (expresso em matéria seca) nas estações de tratamento, das quais apenas 5% são reutilizadas de forma adequada (CASSINI, 2003).

O lodo de esgoto pode ser caracterizado como um material rico em matéria orgânica, com alto teor de umidade que possui concentrações elevadas de nitrogênio, possui fósforo e micronutrientes, e por esse motivo passa a ter grande importância como insumo agrícola (AISSE *et al.*, 1999).

A quantidade e qualidade do lodo produzido por uma ETE dependem da vazão de esgoto tratado, das características do esgoto, do tipo de tratamento e da operação da estação.

O lodo bruto (primário) é proveniente do processo de tratamento primário da Estação de Tratamento de Esgoto (separação do material grosseiro, areia e argila) e obtido por sedimentação e flotação, possui coloração acinzentada, é pegajoso, de odor ofensivo e facilmente fermentável.

O lodo digerido (secundário) sofreu degradação biológica por digestão anaeróbia ou aeróbia, apresentando coloração escura e ausência do odor.

A Tabela 3 apresenta alguns tipos de composição química dos lodos crus e digeridos.

Tabela 3 : Composição química do lodo cru e digerido.

Características	Lodo primário cru	Lodo digerido
Sólidos totais (ST) %	5,0	10,0
Sólidos Voláteis (% de ST)	65	40
Proteínas (% de ST)	25	18
Nitrogênio(% de ST)	4,0	4,0
Fósforo (% de ST)	2,0	2,5
Potássio(% de ST)	0,4	1,0
pH	6,0	7,0
Alcalinidade (mg CaCO ₃ l ⁻¹)	600	3000
Ácidos orgânicos (mg l ⁻¹)	500	200

Fonte : Adaptado de METCALF e EDDY, 1991

Para disposição ou uso seguro do lodo de esgoto, devem ser considerados três aspectos básicos : o nível de estabilização da matéria orgânica, a quantidade de metais pesados e o grau de patogenicidade (CASSINI, 2003).

3.3.1 Estabilização do lodo

A estabilização está relacionada à biodegradação de parte da matéria orgânica , redução de odores e do nível de microrganismos patogênicos.

Os processos de estabilização do lodo geram um material com elevado teor de umidade, tornando obrigatória sua desidratação, tendo em vista o transporte para destinação final.

Se o destino do lodo for o uso agrícola, o nível de patógenos e seu potencial de geração de odores são de extrema importância. Caso o destino final seja a incineração, as exigências serão menores (FERNANDES, 2000).

Vários processos podem ser empregados na estabilização dos lodos, entre os quais destacam-se : digestão anaeróbia e aeróbia, compostagem, estabilização química, oxidação úmida, pasteurização e secagem térmica.

A reciclagem agrícola é uma das alternativas para a disposição final do lodo de esgoto, que alia baixo custo e impacto ambiental positivo quando é realizada dentro de critérios seguros. Do ponto de vista ambiental, é a solução mais correta, pois promove o retorno dos nutrientes ao solo, colaborando para o fechamento do ciclo dos elementos. A regulamentação de uso agrícola do lodo deve estar condicionada a regras que definam a qualidade do material, cuidados na sua estabilização, desinfecção e normas de utilização, que incluam as restrições de uso.

A legislação da Agência de Controle Ambiental dos Estados Unidos (United States Environmental Protection Agency – USEPA), denominada de 40CFR 503 de 1996, contempla exigências específicas para lodos tratados, obtidos de sistemas públicos de tratamento de esgotos. A lei prevê restrições , baseadas na composição do lodo de esgoto e no seu tratamento referentes respectivamente à limitação na concentração de metais comumente encontrados nos lodos de esgotos e à necessidade de tratamento para redução de patógenos e de atratividade de vetores (STRAUS, 2000).

No Brasil os lodos são regulamentados pela Resolução CONAMA n° 375 de 29 de agosto de 2006, baseada na norma americana USEPA 40CFR 503 (1997).

Os principais riscos associados à utilização agrícola do lodo referem-se à questão dos metais pesados, agentes patogênicos e micropoluentes orgânicos.

A aplicação de lodo de esgoto em solos agrícolas é uma prática que requer uma fiscalização rigorosa dos órgãos ambientais.

3.3.2 Metais Pesados

Metais pesados são elementos químicos metálicos cujas densidades são maiores que $5,0 \text{ g cm}^{-3}$.

A presença de metais pesados não apenas exerce efeito negativo sobre o crescimento das plantas, mas também afeta os processos bioquímicos que ocorrem no solo (HATTARI & BROADVENT, 1991). Os metais pesados predominantes no lodo são: Cu, Ni, Cd, Zn, Pb e Cr. A maior ou menor concentração desses metais é função da maior ou menor participação de esgotos industriais (ANDRÉ , 1996).

TSUTIYA (2001) relata que os metais pesados exercem efeitos negativos no crescimento das plantas e afetam os processos bioquímicos que ocorrem no solo, inibindo a decomposição do material orgânico adicionado ao solo, a mineralização do nitrogênio e a nitrificação. Para aplicação do lodo de esgoto no solo, devem ser levadas em consideração as concentrações máximas de metais em solos agrícolas e as cargas cumulativas máximas de metais em solos pela aplicação de lodos de esgoto. Os limites máximos de metais para aplicação do lodo de esgoto no solo são apresentados pela Resolução CONAMA n° 375 de 2006 , baseada na Norma Norte Americana USEPA 40 CFR Part 503 (1997).

PETRUZZELLI *et al.*(1985) concluíram, através de experimentos com mistura de composto e solo, que a quantidade de metal pesado biodisponível para absorção pelas raízes das plantas é somente uma pequena porcentagem do conteúdo total aplicado.

Alguns fertilizantes utilizados na agricultura, tanto orgânicos como inorgânicos, também possuem metais pesados em sua composição. Estercos de animais monogástricos também apresentam quantidades elevadas de Cu e de Zn, devido as rações fornecidas a esses animais conterem esses elementos em grande quantidade (ADRIANO, 1986)

Na tabela 4 estão apresentados os limites de metais pesados recomendados pela Norma USEPA 40 CFR (1997) para o uso agrícola e os limites máximos recomendados pela Resolução CONAMA nº 375/06.

Tabela 4 : Concentração de metais pesados poluentes em lodo de esgoto.

ETE	Conc. em mg Kg ⁻¹ base seca – Limites máximos									
	As	Cd	P	Cu	Hg	Mo	Ni	Se	Zn	
Norma USEPA 40 CFR Part 503	75	85	840	4300	57	75	420	100	7500	
Resolução CONAMA Nº 375/06	41	39	300	1500	17	50	420	100	2800	

Fonte: USEPA 40 CFR Part 503 (1997) e Resolução CONAMA nº 375/06

3.3.3 Patógenos

Estão geralmente presentes no lodo de esgoto quatro grupos de organismos patogênicos: fungos, vírus, bactérias e helmintos. A porcentagem de patógenos encontrada no lodo é variável, pois está relacionada com as características da população e do tipo de tratamento do lodo. As concentrações de patógenos no lodo em diversas ETEs do Brasil estão apresentadas na Tabela 5.

TABELA 5 – Concentração de patógenos em lodo produzido em diversas ETEs do Brasil

Concentração de patógenos				
ETE	Coliformes fecais NMP/g	<i>Salmonella sp</i> NMP/4g	Helmintos Ovos viáveis/4g	Cistos de protozoários NMP/g
ETE Barueri ⁽¹⁾ (São Paulo/SP)	5,4	Ausente	1,25	Ausente
ETE Barueri ⁽²⁾ (São Paulo)	475.000	36,5	Ausente	Ausente
ETE Suzano ⁽³⁾ (São Paulo)	<3,0	Ausente	presente em 25% das amostras	Ausente
ETE ABC ⁽⁴⁾ (São Paulo/SP)	1.250	N.D.	N.D.	N.D.
ETE Lavapés ⁽⁵⁾ (São José dos Campos/SP)	138	Ausente	N.D.	N.D.
ETE Franca ⁽⁶⁾ (Franca/SP)	760.000	3,1	1,4	0,2
ETE Belém (Curitiba/PR)	864.000	Presente em 17% das amostras	17,2	0,1
ETE Brasília (Brasília/DF)	1.000.000	N.D.	16	N.D.

Fonte: TSUTIYA (2001)

N.D. – Não Disponível

Condicionamento do lodo com cal e cloreto Férrico(1), (3) e (4)

Condicionamento do lodo com polímetro: (2) e (6)

Condicionamento do biossólido com cal a 20%: (5)

Para utilização do lodo de esgoto como fertilizante orgânico, o mesmo deverá passar por um processo de desinfecção, dentre eles destacam-se o tratamento com cal, o uso de radiações ionizantes, a compostagem e a vermicompostagem.

O CONAMA (2006), classifica o lodo em classes, de acordo com seu conteúdo em coliformes fecais e *Salmonella*. Somente podem ser aplicados em áreas agrícolas os lodos de classes A e B. A Tabela 6 mostra as classes do lodo de esgoto em função da concentração de patógenos e os processos recomendados para redução dos microrganismos.

Tabela 6 – Processos de redução de patógenos em função da classificação do lodo

Tipo de biossólido	Critério de classificação	Processo de redução de patógenos
Classe A	Coliformes Termotolerantes < 10 ³ NMP/g de ST Ovos viáveis de helmintos < 0,25 ovo / g de ST <i>Salmonella</i> ausência em 10 g de ST Vírus < 0,25 UFP ou UFF / de ST	Compostagem Secagem térmica Tratamento térmico Digestão aeróbica termofílica Irradiação Pasteurização
Classe B	Coliformes Termotolerantes < 10 ⁶ NMP/g ST Ovos viáveis de helmintos < 10 ovos/g de ST	Digestão aeróbica Secagem Digestão anaeróbica Compostagem Estabilização com cal

Fonte: CETESB (1999)

Para o lodo de esgoto Classe A, não há restrição de uso, podendo ser comercializado ou distribuído normalmente. Entretanto para o lodo Classe B, devem ser respeitadas as exigências (CONAMA, 2006) como evitar contato manual com o produto e cultivo de hortaliças que mantenham contato direto com o resíduo.

3.3.4 Compostos Orgânicos Persistentes

O lodo de esgoto, quando oriundo de regiões industrializadas, pode apresentar compostos orgânicos complexos, entre os quais mais se destacam os do grupo das bifenilas policlorados (PCBs) e dos hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (PAHs).As bifenilas são substâncias organocloradas apolares, facilmente absorvidas pelas plantas e , por essa via, acabam por entrar na cadeia alimentar. No solo são muito estáveis, permanecendo inalteradas por muito tempo. Os hidrocarbonetos aromáticos policíclicos são resultantes da queima incompleta de substâncias orgânicas e constituem fator de risco por serem carcinogênicas. Também são bastante persistentes no solo (GROSSI, 1993).

Dentre as substâncias orgânicas que merecem atenção, estão os seguintes grupos:

- Agrotóxicos clorados: produtos usados como inseticidas e herbicidas, alguns dos quais têm seu uso proibido em muitos países;
- Derivados de benzeno: subproduto da combustão de óleo combustível e de madeira;
- Bifenil policlorados: são os PCBs oriundos da manufatura de produtos elétricos e químicos. são produtos que estão com seu uso proibido.
- Dioxinas e furanos: são subprodutos da síntese de pesticidas derivados do fenol. Um dos constituintes mais conhecidos é o 2,4 D, utilizado na agricultura como herbicida.
- Fenol : usado como desinfetantes.
- Pentaclorofenol : substância usada no tratamento químico da madeira, bastante persistente no ambiente.
- Benzeno, clorometileno, metiletilcetona, tetracloroetileno, triclorometileno, hexaclorobutadieno : são substâncias muito voláteis e que participam da composição de tintas.
- Cloreto de vinila, bis (2-etilhexi)ftalato: substâncias que entram na composição de plásticos.

Lodos de esgoto contendo PCBs, furanos, dioxinas, para serem aplicados em solo agrícola, precisam ser submetidos a uma avaliação caso a caso pelo órgão ambiental (CONAMA, 2006).

3.3.5 Nutrientes

O interesse agrícola pelo lodo de esgoto está associado principalmente ao seu teor de nutrientes (N, P e micronutrientes) e ao conteúdo de matéria orgânica.

Resultados de pesquisa e experiências práticas têm demonstrado os benefícios do uso controlado de lodo na agricultura, como melhora das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo e conseqüentemente o aumento da produtividade, a melhoria na qualidade das colheitas e a redução dos custos.

Os lodos contêm matéria orgânica, macro e micronutrientes que exercem um papel fundamental na produção agrícola e na manutenção da fertilidade do solo. Os macro nutrientes encontrados são nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre. Os micro nutrientes são cobre, zinco, manganês, boro, molibdênio e cloro. Esses nutrientes têm impacto direto no desenvolvimento e rendimento das plantas.

Segundo ANDREOLI *et al.*, (1997), dos três macronutrientes secundários cálcio, magnésio e enxofre, o primeiro é o que apresenta maiores concentrações em lodos que utilizam a cal como condicionamento, estando presente nos lodos essencialmente na forma mineral, mesmo em pequenas aplicações de lodos, pode suprir as necessidades de magnésio e enxofre da maioria das culturas agrícolas.

O lodo de esgoto é um resíduo rico em nitrogênio, porém grande parte deste se encontra em forma orgânica, necessitando, portanto, da atuação dos microrganismos do solo para se transformar em forma disponível para as plantas, e segundo CUNNINGHAM *et al.*, 1975 e CRIPPS *et al.*, 1992; DIAS, 1994 relatam, a aplicação de lodo de esgoto aumenta a disponibilidade do nitrogênio do solo.

O fósforo pode se encontrar em diferentes formas no solo, contudo apenas uma fração muito pequena é disponível para absorção das plantas. O teor de fósforo total nos tecidos varia de 0,1 a 1,5 % na matéria seca. Os valores mais comumente encontrados situam-se entre 0,1 e 0,5% (SARRUGE & HAAG,1974). A maioria dos trabalhos publicados aponta para expressiva contribuição do lodo de esgoto em relação ao fósforo disponível no solo.

Segundo SARRUGE & HAAG (1974), o potássio é um dos macronutrientes exigidos pelas plantas e sua concentração varia de 2 a 110 g Kg⁻¹

O lodo de esgoto não é uma boa fonte de potássio devido ao baixo teor encontrado , devendo-se realizar uma complementação com outra fonte do elemento para o sucesso de sua utilização na agricultura (CRIPPS & MATOCHA, 1991; ROSE *et al.*, 1993).

O teor de cálcio nos tecidos vegetais varia de 0,02 a 5% na matéria seca e o teor de magnésio nos tecidos vegetais varia de 0,002 a 2,5% na matéria (SARRUGE & HAAG, 1974). Foram observados aumentos graduais na disponibilidade de Ca e Mg pela aplicação de lodo de esgoto ao solo (SEKI,1995; MARUQUES, 1997; SILVA *et al.* , 1998).

O lodo de esgoto, quando aplicado em taxas suficientes para suprir as necessidades de nitrogênio, normalmente atende às necessidades de micronutrientes exigidas pelas plantas. A Tabela 7 mostra os principais nutrientes encontrados nos lodos de diversas ETEs do Brasil e de um modo geral pode-se observar que as quantidades de nitrogênio contido nos lodos de esgoto variam de 2,2 a 5,5 %, as concentrações de fósforo de 1,0 a 3,7 %, decorrentes do processo de tratamento da fase líquida e da fase sólida dos esgotos. As concentrações de potássio são pequenas porque esse elemento é altamente solúvel em água , durante o processo de tratamento de esgoto, fica contido no efluente líquido.

3.3.6 Matéria Orgânica

A matéria orgânica dos lodos favorece a formação de agregados, facilitando a penetração das raízes e a vida microbiana, promovendo as condições físicas e estruturais ideais num solo.

A matéria orgânica humificada apresenta propriedades importantes como a Capacidade de Troca Catiônica (CTC) que promove a adsorção de cátions para depois cedê-lo às raízes das plantas ou solução do solo (KIEHL, 2002), a formação de quelados na adsorção e no transporte de elementos metálicos, reduzindo a mobilidade dos metais pesados e conseqüentemente a sua absorção pelas plantas (ZUNINO & MARTIN, 1977), e a capacidade de retenção de nutrientes e água , devido a sua maior superfície específica.

O lodo de esgoto estabilizado , comprovadamente um excelente fornecedor de matéria orgânica, capaz de melhorar as propriedades físicas do solo (JORGE *et al.* 1991), rico em fósforo e nitrogênio, além de outros nutrientes presentes em menores quantidades (SILVA *et al.* 1998), pode ser beneficemente reciclado dentro de ambientes florestais (HENRY *et al.* 1994).

CARVALHO & BARRAL (1981) consideram o lodo de esgoto um fertilizante orgânico promissor dada a importância da reciclagem de nutrientes embutida nessa prática. A decomposição do lodo no solo produz agentes complexantes que facilitam a movimentação de fosfato combinados com ferro e alumínio, permitindo um melhor aproveitamento dos nutrientes pelas plantas em decorrência da lenta liberação dos mesmos através do processo de mineralização da matéria orgânica. Dessa forma, a aplicação do lodo no solo causa um aumento de teor da matéria orgânica , melhora o nível de fertilidade, promovendo a diminuição da acidez potencial e o aumento gradual na disponibilidade de nutrientes como Ca, Mg e S.

Na tabela 7 observa-se que, nos lodos, a concentração de matéria orgânica varia de 40 a 70% dependendo do processo de tratamento dos esgotos.

Tabela 7 – Principais parâmetros de valor agrônômico dos lodos produzidos em diversas ETEs do Brasil

Parâmetro	Estação de Tratamento de Esgoto								
	Barueri São Paulo	Franca Franca	Suzano São Paulo	Lavapés São José dos Campos	Bertioga Bertioga	Humaitá São Vicente	Bichoró Mongaguá	Brasília Brasília	Belém Curitiba
Nitrogênio total (%)	2,25	5,53	2,31	4,50	3,93	4,10	4,84	5,5	4,91
Fósforo (%)	1,48	0,93	2,65	2,59	2,60	0,6	2,89	3,0	3,70
Potássio (%)	0,01	0,26	0,10	0,39	0,35	0,15	0,10	0,35	0,36
Matéria orgânica (%)	44	65,2	41	52,6	68,3	63,43	71,35	52,5	69,4
Cálcio (%)	7,29	2	14,6	13,3	1,30	1,95	0,63	4,5	1,59
Magnésio (%)	N.D.	0,22	0,22	0,27	0,37	0,27	0,24	0,35	0,60
Zinco (mg/Kg)	990	1.560	2.705	682	437,8	549,3	555,7	N.D.	N.D.
Cobre (mg/Kg)	348	160	543	120	136,0	136,4	231,3	N.D.	N.D.
Ferro (mg/Kg)	15.117	11.995	40.454	10.461	66.622	8.064	69.348	N.D.	N.D.
ph	11	6,3	11,5	12,6	6,7	5,6	3,9	7,9	5,9

N.D. – Não Disponível

Valores em porcentagem (base seca).

Fonte: TSUTIYA (2001)

3.4 COMPOSTAGEM

Os resíduos orgânicos são utilizados na agricultura e confundidos com fertilizantes orgânicos, os quais se diferem dos primeiros pela transformação ou degradação da matéria orgânica em sais minerais assimiláveis pelas plantas (KIEHL, 2002).

O composto ou fertilizante orgânico pode ser obtido a partir de diversos resíduos, tais como: esterco de animais, capins, bagaço de cana, cascas de árvores, serragens, resíduos de agroindústrias e outros. Os resíduos urbanos como lixo e lodo de esgoto possuem características físicas e químicas adequadas para o desenvolvimento de plantas e recuperação de solos, mas necessitam ser tratados antes de sua utilização.

Segundo KIEHL (1985), a compostagem é um processo biológico de transformação da matéria orgânica crua em substâncias húmicas, estabilizadas, com propriedades e características completamente diferentes do material que lhes deu origem. Como resultado da compostagem são gerados dois importantes componentes: sais minerais, contendo nutrientes para as raízes das plantas, e húmus, como condicionador, melhorando as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo.

Na natureza a estabilização dos restos orgânicos se dá em prazo indeterminado, ocorrendo de acordo com as condições em que eles se encontram. A técnica de compostagem foi desenvolvida com a finalidade de se obter mais rapidamente e em melhores condições a mineralização da matéria orgânica, além de promover a higienização de resíduos orgânicos contaminados por patógenos, eliminando-os através da elevação da temperatura durante o processo de fermentação.

A compostagem é uma alternativa natural e viável de tratamento do lodo de esgoto que, pelo efeito da elevação da temperatura, promove a desinfecção do resíduo, tendo como produto final um insumo de alto valor agrônômico (KIEHL, 1998).

O processo de transformação da matéria orgânica é realizado por microrganismos e alguns fatores como relação C/N, umidade, temperatura e aeração, os quais interagem entre si e favorecem o desenvolvimento da população microbiana que atua na humificação da matéria orgânica, reduzindo o tempo de compostagem.

Antes da montagem da leira do composto, é necessário conhecer as características químicas e físicas dos resíduos a serem compostados e realizar as correções necessárias da relação C/N, da granulometria e da umidade, recomendadas na compostagem de resíduos orgânicos agroindustriais ou agrícolas (KIEHL, 1985).

3.4.1 Granulometria

A granulometria ou dimensão das partículas é uma característica importante a ser considerada pois afeta o bom andamento da compostagem. A decomposição da matéria orgânica é um fenômeno microbiológico cuja intensidade está ligada à área de exposição ou superfície apresentada pelo material; isto quer dizer que, teoricamente, quanto menor a partícula da matéria orgânica, maior a superfície de exposição e mais rápida será sua decomposição; a redução mecânica das dimensões das partículas poupa o desempenho dos microrganismos, os quais ao decomporem a matéria orgânica realizam duas alterações: a primeira é a demolição física, reduzindo-a a dimensões minúsculas ditas coloidais; a segunda alteração é a decomposição química, alterando a composição da matéria orgânica (KIEHL, 1998).

Verifica-se que a matéria-prima pode apresentar dois problemas: ser muito fina ou muito grosseira. A de granulometria muito fina, como é o caso do lodo de esgoto, é composta juntando-se, a título de preparação, de dois a quatro volumes de cavacos de madeira para cada volume de lodo, o que torna a mistura um material pouco denso, bem poroso e de fácil manejo no pátio de compostagem. A de granulometria muito grosseira pode ser preparada para compostagem por peneiragem seguida de moagem do rejeito, com retorno do moído à peneira, para se obter melhor rendimento.

De acordo com KIEHL (1998) , quanto mais finas forem as partículas dos resíduos orgânicos a serem compostados, maior será a capacidade de retenção de água. Assim, por exemplo, a turfa, rica em matéria orgânica coloidal, chega a absorver mais de 90% de água; o lixo cru, os esterco e os restos de cultura retêm de 70 a 80% de água; as cascas, palhas e outros materiais fibrosos e grosseiros retêm de 60 a 70% de água. A moagem de materiais rijos se faz, preferencialmente, em moinhos de martelos, porém restos vegetais serão melhor preparados passando-os por picadores ou desintegradores com malhas não muito finas.

A peneiragem de materiais orgânicos de baixa densidade deve ser realizada em peneiras rotativas, não sendo aconselháveis as peneiras vibratórias, as quais dão baixo rendimento quando trabalham com substâncias leves. Preparando-se a matéria-prima de maneira que sua granulometria fique distribuída dentro das dimensões recomendáveis (1 a 5 cm) pode-se, em certos casos, dobrar a velocidade de decomposição.

3.4.2 Relação Carbono/Nitrogênio

Os resíduos orgânicos possuem composição química diferente e podem ser muito ricos em nitrogênio e pobres em carbono como os esterco de animais, lodo de esgoto, ou ricos em carbono e pobres em nitrogênio como os materiais essencialmente palhosos, como casca de arroz carbonizada, cascas de pinus, restos de capim cortados entre outros.

A relação Carbono/Nitrogênio tem influência direta no tempo de compostagem, pois durante o processo de decomposição da matéria orgânica os microorganismos absorvem carbono e nitrogênio, eliminam o carbono na atmosfera na forma de dióxido de carbono, assimilam o restante do carbono, imobilizando e incorporando-o no protoplasma das células. O nitrogênio é reciclado entre as células microbianas até a eliminação total do carbono na forma de gás carbônico.

Em resumo , observa-se que relações muito altas (acima de 50/1) indicam deficiência de nitrogênio e tempo de maturação do composto mais prolongado e relações

muito baixas (abaixo de 10/1) podem promover perda de nitrogênio por volatilização na forma de amônia. Na prática, a relação carbono/nitrogênio inicial mais favorável, de um resíduo orgânico ou da mistura destes, deverá apresentar os valores de 26/1 a 35/1. Quando vamos preparar a mistura de resíduos para o início da compostagem, é possível misturá-los de maneira a melhorar a relação C/N, conhecendo-se as relações dos materiais a serem empregados no processo e realizando o balanceamento da relação C/N da mistura.

O lodo de esgoto não possui características que o tornam um resíduo capaz de ser compostado sozinho. É necessário misturá-lo com outro resíduo, de características complementares, para que a mistura, racionalmente determinada, apresente as condições ótimas para a compostagem..

Os agentes estruturantes, ou resíduos estruturantes, têm a função de conferir integridade estrutural à mistura a ser compostada, absorver o excesso de umidade e equilibrar a relação C/N da mistura (FERNANDES,1996).

Efetuada o controle de qualidade dos resíduos a serem compostados, o passo seguinte é a determinação das proporções de combinação entre os resíduos. Os dois principais parâmetros a serem ajustados são a umidade e a relação C/N. O cálculo pode ser feito de maneira simples tomando por base que a relação C/N da mistura final é a razão entre o total de carbono presente na mistura e o total de nitrogênio.

$$\text{Relação C/N} = \text{Total Carbono da mistura} / \text{Total nitrogênio da mistura}$$

A Tabela 1 mostra as fases de decomposição inicial, de bioestabilização e de humificação em função da relação carbono/ nitrogênio da matéria orgânica.

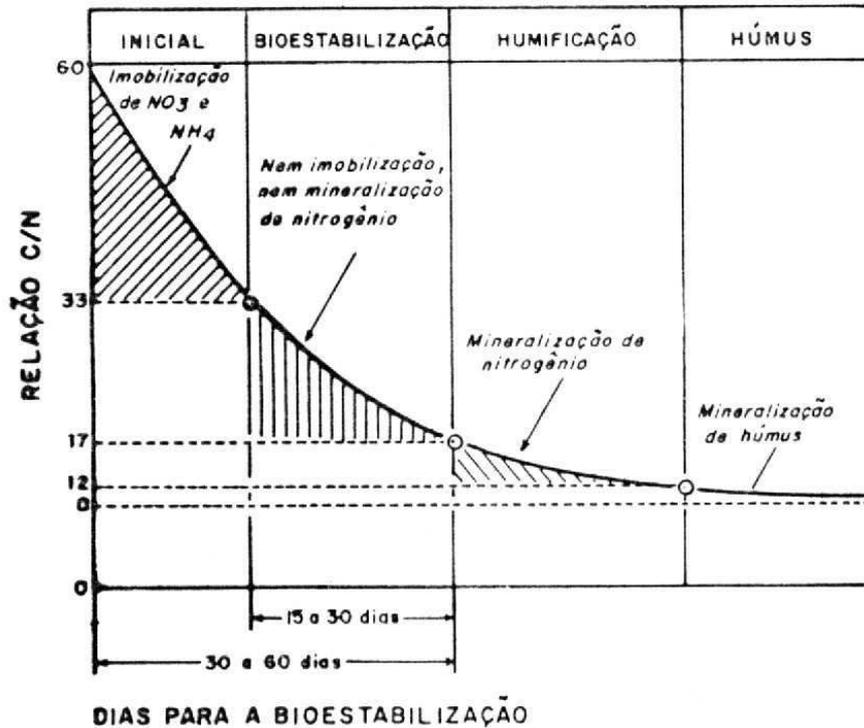


Tabela 1 : Fases de decomposição da matéria orgânica conforme a relação C/N e os dias necessários para a bioestabilização e humificação.
 Fonte : KIEHL (1985)

3.4.3 Umidade

Sendo a compostagem um processo biológico de decomposição da matéria orgânica, a presença de água é imprescindível para as necessidades fisiológicas dos organismos.

Pesquisas já demonstraram que a matéria orgânica a ser compostada deve ter uma umidade ótima em torno de 50%, sendo 60 e 40 %os limites máximo e mínimo desejáveis, respectivamente. O lodo de esgoto, a borra de café oriunda da fabricação do café solúvel, assim como outras substâncias de fina granulometria apresentam tendência a se compactar, necessitando que a umidade inicial para a compostagem seja inferior a 60%.

Caso não se possa remover prontamente a água no processo de compostagem, será necessário efetuar mais revolvimentos para perder água; outra opção é juntar cavaco de madeira ou outro agente para tornar a massa menos densa

O teor de água da matéria-prima no processo de compostagem é influenciado pelo tamanho e composição das partículas e pela sua capacidade de resistir à compactação, características que também vão governar a porosidade total da pilha. No composto encontram-se dois tipos de porosidade: a microporosidade, que retém água por capilaridade, e a macroporosidade, cujos vazios são ocupados pelo ar ou pela água quando há encharcamento, mas que a perdem por efeito da força da gravidade tão logo cesse o efeito de saturação. Saindo a água da macroporosidade, o ar passa a ocupar esse espaço.

O excesso de umidade do composto pode ser reduzido pelos revolvimentos. Umidade abaixo de 40% reduz a atividade dos microrganismos, principalmente das bactérias, sendo que de 30% para menos a água torna-se um fator limitante para a decomposição; abaixo de 12% cessa, praticamente, toda a atividade biológica, tornando-se o processo extremamente lento muito antes de atingir esse limite. A irrigação do composto para reposição de água perdida só deve ser feita por ocasião dos revolvimentos, aplicando-se água através de chuveiro de crivos finos. À medida que a matéria orgânica vai se humificando, vai também aumentando sua capacidade de retenção de água. Para controle da umidade deve-se coletar amostras em diferentes pontos da pilha, misturando-as e enviando-as ao laboratório.

3.4.4 Dimensões e formas das pilhas

Dos sistemas de compostagem existentes, o de leiras revolvidas é o mais simples. A mistura do resíduo orgânico e resíduo estruturante é disposta em longas leiras que são periodicamente revolvidas.

A altura e seção das leiras dependem do resíduo estruturante e do método de construção da leira, sendo as pilhas com 2,0 a 2,5 metros de largura por 1,5 a 1,8 metros de altura as mais comuns e que apresentam resultados comprovados.

As pilhas altas aquecem-se mais, podendo alcançar temperaturas indesejáveis; as pilhas baixas, ao contrário, perdem calor mais facilmente ou nem se aquecem o suficiente para destruir patogênicos. Se as pilhas forem estreitas e baixas, haverá maior perda de umidade, sendo um recurso para se eliminar excesso de água na fase inicial da compostagem.

Quanto à forma, as pilhas podem ter a seção triangular ou trapezoidal. A forma triangular, com ápice ligeiramente arredondado, é recomendada para as estações chuvosas, pois favorece o escoamento da água da chuva; a trapezoidal, ao contrário, facilita a infiltração de água.

Após a montagem da leira, outros fatores como a temperatura, a umidade (já mencionada anteriormente, antes da montagem da leira), aeração e microrganismos, influenciarão no processo da compostagem, que leva em média 90 dias, dependendo esse prazo dos fatores citados acima que poderão tornar a decomposição mais rápida.

Esses fatores estão intrinsicamente ligados entre si e podem ser controlados e acompanhados com testes de campo ou por métodos de laboratório.

3.4.5 Aeração

A decomposição da matéria orgânica pode ser realizada em ambiente aeróbio ou anaeróbio. A compostagem de resíduos orgânicos deve ser feita em ambiente aeróbio, pois com abundância de ar a decomposição, além de mais rápida e melhor conduzida, não produz mau cheiro nem proliferação de moscas, o que constitui um fator estético para o local e recomendável para a saúde pública.

Os microrganismos aeróbios necessitam de oxigênio para efetuar seu metabolismo, o consumo de oxigênio depende, principalmente, da temperatura, da umidade, da granulometria e da composição química da matéria-prima, bem como da intensidade dos revolvimentos.

Se o teor de oxigênio baixar demasiadamente, os microrganismos aeróbios morrerão e serão substituídos pelos anaeróbios, os quais decompõem a matéria orgânica com mais lentidão produzindo maus odores e atraindo moscas.

As pilhas de composto podem ser arejadas por meio de revolvimentos manuais, fazendo-se com que as camadas externas passem a ocupar a parte interna por meios mecânicos. Assim, o composto é remexido e as camadas são misturadas, havendo melhor homogeneização. O fornecimento de oxigênio à matéria em decomposição também pode ser por insuflação de ar.

Os revolvimentos devem ser feitos de acordo com a concentração de oxigênio encontrada no seio da massa em fermentação. No entanto, dada a dificuldade de se determinar o conteúdo de oxigênio no interior da pilha de composto, o momento adequado para se fazer o revolvimento é decidido em função de outros fatores, como a temperatura (evitar a temperatura acima de 70 ° C), a umidade (quando acima de 55 ou 60%, conforme o caso), o intervalo em dias (segundo um esquema rígido pré-fixado, muito usado em certas usinas de tratamento de lixo) ou a presença de moscas e maus odores, indicando estar havendo putrefação do meio em fermentação.

Há uma relação ideal entre a porosidade e o conteúdo de água do composto, de maneira geral, considera-se que o bom parâmetro para resíduos a serem compostados está entre 30 e 36% da porosidade total (cerca de um terço do volume total) e 55 e 65%, em peso, de água.

Materiais de consistência firme e de granulometria grosseira, considerados estruturalmente resistentes, garantem melhor aeração pelo fato de não se compactarem pela pressão exercida pelas camadas superiores; materiais tenros, amorfos e de granulometria fina, geram poucos espaços porosos, sendo difícil manter boa aeração na pilha.

A fonte de oxigênio para os microrganismos é o ar aprisionado nos poros do material. Assim sendo, quanto maior a porosidade (principalmente a macroporosidade), maior será o fornecimento de oxigênio para os organismos que nele habitam.

3.4.6 Microrganismos

A conversão da matéria orgânica crua, biodegradável, ao estado de matéria orgânica humificada, realizada pela compostagem, é um processo microbiológico operado na natureza por microrganismos, classificados como bactérias, fungos e actinomicetes, principalmente. Durante a compostagem há uma sucessão de microrganismos que variam conforme a influência de determinados fatores, como a substância química da matéria-prima, a quantidade de água, a disponibilidade de oxigênio (governada pela aeração que dá à massa), a temperatura (selecionando os microrganismos mesófilos e termófilos), a relação carbono/nitrogênio e o pH. Certos organismos multiplicam-se mais rapidamente na fase de fermentação. Digerida a substância química responsável pelo aumento de determinada população de microrganismos e alterando-se também alguns dos fatores citados, tais organismos vão morrendo e cedendo lugar para uma nova e diferente população, a qual passará a dominar a massa.

No início da decomposição de restos orgânicos, na fase mesófila, predominam bactérias e fungos mesófilos produtores de ácidos; a seguir, com a elevação da temperatura caminhando para a fase termófila, a população dominante será de actinomicetes, bactérias e fungos termófilos ou termotolerantes. Esta elevação de temperatura e conseqüente alteração da flora microbiana é influenciada, em grande parte, pelo aumento da disponibilidade de oxigênio; as pilhas de composto mais intensamente revolvidas no início do processo devem alcançar temperaturas mais elevadas, até 75°C, enquanto os menos arejados não chegam a ultrapassar 55 a 60°C. Bactérias formadoras de esporos se desenvolverão em temperaturas acima de 70°C. Passada a fase termófila, o composto vai perdendo calor e retornando à fase mesófila, porém agora com outra composição química, pois os açúcares e o amido já devem ter sido consumidos pelos microrganismos; fungos e bactérias caracteristicamente mesófilos reaparecem. Esta segunda fase mesófila é geralmente mais longa em relação à termófila. O processo termina com a fase criófila,

quando a temperatura do composto se torna próxima ou igual à do ambiente. Nessa fase final, em que a temperatura diminui, podem ser encontrados protozoários, nematóides, formigas, vermes e insetos os mais variados. Os microrganismos encontrados em um composto, quer vivos ou mortos, podem constituir até 25% do seu peso.

Havendo bom arejamento da pilha de composto verifica-se que os principais organismos responsáveis pela decomposição da matéria orgânica, as bactérias, os fungos e os actinomicetes, multiplicam-se espantosamente por toda a massa. No início da decomposição as bactérias classificadas como mesófilas predominam no meio, passando mais tarde a ceder lugar para as bactérias termófilas, quando a temperatura ultrapassar 45 a 55°C. Os fungos termófilos ou termotolerantes geralmente desenvolvem-se a partir do 10º ou 15º dia, enquanto os actinomicetes são organismos que predominarão nas últimas fases da compostagem. Sendo os fungos e os actinomicetes menos exigentes em umidade do meio de cultura, localizam-se na capa mais ressecada que envolve a pilha de composto, a uma espessura de 5 a 15 centímetros. A presença desses organismos é visível a olho nu graças aos micélios esbranquiçados em forma de finos fios como os de teias de aranha ou então parecendo pó de giz. Os fungos e actinomicetes termófilos ou termotolerantes são encontrados desenvolvendo-se em temperaturas que variam entre 45 e 60°C. As pesquisas demonstraram que esses organismos predominam nas pilhas de composto em temperaturas que variam de 48°C, encontradas nas camadas mais externas, até 58°C, na região interna. Está provado que as bactérias termófilas realizam seu principal papel decompondo açúcares, amidos, proteínas e outros compostos orgânicos de fácil digestão; são intensamente ativas na primeira fase de fermentação, quando a temperatura atinge 60 a 70°C e ocorrem as maiores alterações na natureza da matéria orgânica em processo de compostagem; nas fases seguintes as bactérias continuam ativas.

Apesar de situarem-se nas camadas mais externas e predominarem, na massa, na fase mais avançada da compostagem, os fungos e actinomicetes desempenham importante papel na decomposição da celulose e de outros materiais mais resistentes, os quais são atacados depois da digestão daqueles mais facilmente decomponíveis.

Muitas são as bactérias que atacam a celulose, entretanto nas camadas em que predominam os fungos e actinomicetes e no período final da compostagem, quando a temperatura começa a declinar, são estes os organismos responsáveis por essa decomposição. Para preservar a sua boa atividade não se deve, na fase final, efetuar revolvimentos freqüentes que levariam para o interior da pilha as camadas mais externas, ricas em fungos e actinomicetes.

3.4.7 Temperatura

O desenvolvimento da temperatura na leira de composto está relacionado com vários fatores responsáveis pela geração de calor, como microrganismos, umidade, aeração, granulometria da matéria – prima, etc. Na decomposição aeróbia o metabolismo dos microrganismos é exotérmico, com rápido aquecimento da massa e multiplicação da massa microbiana, com liberação de calor (KIHTEL, 1985).

De maneira geral, certos grupos de organismos têm uma faixa de temperatura ótima de desenvolvimento. É tão importante a manutenção da temperatura ótima para os microrganismos, que uma variação para mais ou para menos provoca uma redução da população e da atividade metabólica.

Quando a matéria orgânica é decomposta em pequeno volume, o calor criado pelo metabolismo dos microrganismos é dissipado e o material não se aquece. No entanto, quando se processa a compostagem de resíduos orgânicos em montes, trabalhando-se com grandes massas, por serem tais materiais bons isolantes térmicos, estes fazem com que o calor desenvolvido se acumule e a temperatura alcance valores elevados, podendo chegar a cerca de 80°C. As altas temperaturas são consideradas desejáveis pelo fato de destruírem sementes de ervas más e organismos patogênicos, os quais são pouco resistentes a temperaturas em torno de 50 a 60°C por certo período de tempo.

As faixas de temperatura que definem a predominância de determinados grupos de organismos podem ser classificadas em criófilas, mesófilas e termófilas. A compostagem deve-se dar nas faixas mesófilas e termófilas, pois quanto maior o calor, mais rápida se

torna a decomposição. Considera-se uma ótima faixa para a compostagem a que vai de 50 a 70°C, sendo 60°C a mais indicada . A Tabela 8 mostra as temperaturas consideradas mínimas, ótimas e máximas para as bactérias em graus Celsius.

Tabela 8: Faixas de temperatura nas diferentes fases do processo de compostagem

Bactéria	Mínima	Ótima	Máxima
Termófila	25 a 45°C	50 a 55°C	85°C
Mesófila	15 a 25°C	25 a 40°C	43°C

Fonte: ISWAPWA (1970)

Segundo KIEHL (1985), há autores que consideram como melhor faixa a que vai de 50 a 60°C; temperaturas acima de 70°C são consideradas desnecessárias ou mesmo desaconselháveis por longos períodos pois restringem o número de microrganismos que conseguem viver nelas , podendo insolubilizar as proteínas hidrossolúveis, provocar alterações químicas indesejáveis e desprendimento de amônia, principalmente quando o material possui baixa relação C/N.

Montada a pilha de composto, geralmente ele alcança a temperatura de 40 a 50°C dentro de dois a três dias, podendo atingir de 60 a 70°C antes de 15 dias, se condições favoráveis predominarem.

As pilhas de composto apresentam diferentes temperaturas entre as regiões situadas na parte mais interna e externa e entre as da parte alta e junto à base. A temperatura ambiente não tem grande influência sobre a temperatura da pilha. Assim, mesmo nos dias frios de inverno, a massa permanece aquecida, desprendendo calor e vapor d'água, o qual se percebe facilmente pela “fumaça” que se desprende do composto ao ser revolvido. A perda de calor é proporcional às dimensões da pilha: as mais largas e altas, tendo superfície de exposição proporcionalmente menor que os pequenos montes e um volume gerador de calor proporcionalmente maior, perdem menos calor aquecendo-se mais rapidamente e mais intensamente.

O desenvolvimento da temperatura está relacionado com vários fatores. Materiais ricos em proteínas, com relação C/N baixa, aquecem-se mais rapidamente e alcançam maior temperatura que os celulósicos, com elevada relação C/N; materiais moídos e peneirados, com granulometria fina e maior homogeneidade, formam montes com melhor distribuição e menor perda de calor; montes com material grosseiro, proporcionando boa aeração, alcançam altas temperaturas, mas são mais sujeitos a perdas de calor que os anteriores.

A prática demonstrou que se pode estabelecer uma relação aproximada entre a temperatura do processo de compostagem e o grau de decomposição quando tudo correr normalmente, isto é, a temperatura não baixar por falta de água ou por encharcamento. Considera-se que após a fase termófila o composto deve estar semicurado ou bioestabilizado e, após a nova fase mesófila, quando se esfriar, estará completamente curado ou humificado. A bioestabilização e a humificação devem ser confirmadas por testes rápidos de controle da decomposição.

Para uma boa condução do processo de compostagem é fundamental o controle de alguns parâmetros do processo, como a umidade, a temperatura e o pH, além de análises químicas para determinação das concentrações de metais pesados e nutrientes e análises microbiológicas.

Os principais testes rápidos para acompanhar o grau de decomposição do composto e que podem ser realizados no campo são: alteração das características (Redução do volume, coloração e aspecto, odor e umidade reduzida); teste de vara de madeira (avaliação do grau de maturidade do composto); teste de temperatura (acompanhamento da temperatura, medida a 40 a 60 cm de profundidade); teste dos colóides (Através de amoníaco ou teste da mão); teste do pH e teste do sulfeto. A compostagem corretamente conduzida destrói os ovos, larvas e microrganismos patogênicos existentes no lodo de esgoto, como mostra a Tabela 9 .

Tabela 9 : Temperatura e tempo para destruição dos patógenos e parasitas mais comuns.

ORGANISMOS	Temperatura e tempo para destruição
<i>Salmonella typhosa</i>	Não se desenvolve acima de 46°C; morre dentro de 30 minutos entre 55 e 60°C.
<i>Salmonella spp</i>	Morre dentro de uma hora a 55° C e dentro de 15 a 20 minutos a 60° C.
<i>Shigella spp</i>	Morre dentro de uma hora a 55° C
<i>Escherichia coli</i>	Morre dentro de uma hora a 55° C ou dentro de 15 a 20 minutos a 60° C.
<i>Entamoeba histolytica (cistos)</i>	São destruídos a 68° C
<i>Taenia saginata</i>	Morre dentro de 5 minutos a 71° C
<i>Trichinella spiralis (larvas)</i>	A infestação é reduzida em uma hora de exposição a 50°C, morrendo a 62° - 72°C.
<i>Necator americanus</i>	Morre dentro de 50 minutos a 45°C.
<i>Brucella abortus ou B. suis</i>	Morrem dentro de 50 minutos a 45°C.
<i>Micrococcus pyogenes</i>	Morrem dentro de 10 minutos a 54°C.
<i>Mycobacterium tuberculosis</i>	Morrem dentro de 15 a 20 minutos a 66°C.
Ovos de <i>Ascaris lubricoides</i>	Tornam-se inviáveis dentro de 50 minutos a 50° C

Fonte: UNIVERSITY OF CALIFORNIA (1953)

4.MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Localização e Descrição do Experimento

O experimento foi conduzido e desenvolvido no Viveiro de mudas de árvores da Faculdade Municipal Franco Montoro (FMFM), no município de Mogi Guaçu, São Paulo.

O município de Mogi Guaçu se apresenta nas coordenadas geográficas 22° 56' Longitude WGR, com altitude em torno de 586 metros.

Segundo Köeppen, o clima é Cwa (verão chuvoso e inverno seco) com temperatura média anual de 22° C.

O experimento foi realizado em três fases. Na primeira fase foram estudadas as características físico-químicas do lodo de esgoto , do resíduo estruturante (restos de grama e capim cortados) e da casca de arroz carbonizada , que compuseram os substratos e também das testemunhas que são o substrato comercial Plantmax (Eucatex) e o esterco de curral curtido utilizado no viveiro . Na segunda fase foi realizada a compostagem do lodo de esgoto, seguindo a metodologia de KIEHL (1998) e foram estudadas as características físico-químicas dos componentes e misturas que compuseram os substratos. Na terceira fase , foram testadas as misturas de lodo de esgoto/ casca de arroz carbonizada para os tubetes , e selecionadas através do teste preliminar as que apresentaram melhores características físico - químicas como substrato para a produção de mudas de árvores .

4.2 Primeira Fase - Caracterização dos componentes dos substratos estudados

Este ensaio teve como objetivo a caracterização química do lodo de esgoto, do resíduo estruturante escolhido (restos de grama e capim cortados) ,da casca de arroz carbonizada e do substrato comercial Plantmax da Eucatex e Esterco de curral curtido, utilizado no viveiro como testemunha.

O lodo de esgoto utilizado no experimento foi obtido junto à pela ETE-Distrito de Martinho Jr. – Mogi Guaçu – SP. Este material é produto da digestão aeróbia do lodo de esgoto residencial do Distrito. No processo de desidratação é utilizado cloreto férrico e um polímero adicionada à massa do lodo, a qual passa por um filtro prensa para retirada da água.

4.2.1 Caracterização do Lodo de Esgoto

4.2.1.1 Análises Químicas

A amostra do lodo de esgoto foi submetida à análise química para determinação dos teores de metais pesados, macro e micronutrientes, sólidos voláteis, pH e umidade, realizada no laboratório de Análise de Solo . Instituto Agrônômico (IAC) – Centro de Solos e Recursos Ambientais , o qual utilizou os métodos de ensaio descritos abaixo.

Para metais : US-EPA, SW – 846, método 3051, com determinação por fotômetro de chama para Na e K, para os demais metais determinações por ICP-AES.

Para nitrogênio total : método Kjeldahl.

Para nitrogênio amoniacal, nitrato e nitrito : destilação por arraste a vapor.

Para carbono orgânico ; digestão com dicromato e determinação volumétrica, segundo métodos descritos em RAIJ *et al* (editores), “ Análise química para avaliação da Fertilidade em Solos Tropicais “ , 2001.

Para umidade e sólidos voláteis : perda de massa a 60 e 500° C, respectivamente.

Para pH, determinação em extrato aquoso na proporção 1: 5 (resíduo: água).

4.2.1.2 Análises Microbiológica e Parasitológica

A análise microbiológica do lodo foi realizada pelo CEPPA – Centro de Pesquisa e Processamento de alimentos – Curitiba – Paraná o qual avaliou a concentração de coliformes fecais ¹, o número de *Enterococos* ² e a presença de *Salmonella* ³, utilizando as seguintes metodologias:

1 HIGASKINO/ C. E. K. *et al.* Determinação de coliformes fecais em amostras de lodo de esgoto por fermentação em tubos múltiplos. In: SANEPAR. Manual de métodos para análises microbiológicas e parasitológicas em reciclagem agrícola de lodo de esgoto. Curitiba.1998.p.43-50 (adaptado).

2 HIGASKINO/ C. E. K. *et al.* Determinação de *Streptococos* fecais em amostras de lodo de esgoto. In: SANEPAR. Manual de métodos para análises microbiológicas e parasitológicas em reciclagem agrícola de lodo de esgoto.

3 ANDRAUS/ SUMAIA *et al.* Pesquisa de *Salmonella spp* em amostras de lodo de esgoto e solo: isolamento e identificação. In: SANEPAR. Manual de métodos para análises microbiológicas e parasitológicas em reciclagem agrícola de lodo de esgoto. Curitiba. 1998. p. 59-61.

A análise parasitológica foi realizada pelo Laboratório de Parasitologia Molecular da Universidade Federal do Paraná, para pesquisa e estudo de viabilidade de ovos de Helmintos e utilizou a metodologia descrita em TOMAZ SOCCOL V., CASTRO EA., PAULINO R. In: SANEPAR, Manual de Métodos para Análises Parasitológicas em Reciclagem de lodo, Curitiba, 2000, p.27-41.

4.2.2 Caracterização do resíduo estruturante

O resíduo estruturante escolhido é um resíduo vegetal obtido da roçagem de gramíneas das áreas verdes e jardins da Faculdade Municipal Franco Montoro, constituído principalmente de capim brachiaria e grama batatais, o qual foi submetido a análise para caracterização química realizada pelo Laboratório de Análise de Solo – Centro de Solos e Recursos Ambientais do Instituto Agrônomo (IAC), através do método de digestão nítrico – perclórico.

A análise quantitativa do teor de umidade do resíduo estruturante foi realizada no Laboratório de Análises de solos da FMPFM pelo método de Peso constante, seco em estufa a 65°.

4.2.3 Caracterização do substrato comercial Plantmax da Eucatex (Testemunha)

O substrato comercial Plantmax é composto por casca de pinus, turfa, vermiculita e carvão vegetal. A porcentagem dos componentes do substrato não é divulgada pela empresa, e a amostra do mesmo foi enviada para o laboratório de Análise de Solo – Centro de Solos e Recursos Ambientais do Instituto Agrônomo (IAC), onde foram determinados os teores de macro e micronutrientes, matéria orgânica, pH, umidade e CTC, utilizando os métodos de ensaio descritos abaixo.

Para umidade : perda de massa a 65°. Metodologia descrita em LANARV – Laboratório Nacional de Referência Vegetal – Análise de corretivos, fertilizantes e inoculantes. Métodos Oficiais. Brasília, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 104 p. s/data.

Para Matéria orgânica total: determinação da perda de massa após incineração em mufla a 550° C por 1 hora, do material previamente seco a 65°. Metodologia descrita em LANARV - Laboratório Nacional de Referência Vegetal – Análise de corretivos, fertilizantes e inoculantes. Métodos Oficiais. Brasília, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 104 p. s/data.

Para Carbono orgânico : digestão com dicromato em meio ácido e titulação com sulfato ferroso amoniacal, volumétrica, segundo métodos descritos em RAIJ *et al* (editores), “ Análise química para avaliação da Fertilidade em Solos Tropicais “ , 2001.

Para metais : US-EPA, SW – 846, método 3051, com determinação por fotômetro de chama para Na e K, para os demais metais determinação por ICP-AES.

Para Nitrogênio total : método Kjeldahl, segundo métodos descritos em RAIJ *et al* . (editores), “ Análise química para avaliação da Fertilidade em Solos Tropicais “ , 2001.

Para pH, determinação em extrato aquoso na proporção 1:5 (resíduo : água)

4.2.4 Caracterização do Esterco de curral curtido (Testemunha)

A amostra do esterco de curral curtido também foi enviada para o laboratório para a caracterização química e determinação dos teores de macro e micronutrientes, matéria orgânica, pH, umidade e CTC, utilizando os métodos de ensaio descritos abaixo.

Para umidade : perda de massa a 65° . Metodologia descrita em LANARV – Laboratório Nacional de Referência Vegetal – Análise de corretivos, fertilizantes e inoculantes. Métodos Oficiais. Brasília, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 104 p. s/data.

Para Matéria orgânica total: determinação da perda de massa após incineração em mufla a 550° C por 1 hora, do material previamente seco a 65 °. Metodologia descrita em LANARV - Laboratório Nacional de Referência Vegetal – Análise de corretivos, fertilizantes e inoculantes. Métodos Oficiais. Brasília, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 104 p. s/data.

Para Carbono orgânico : digestão com dicromato em meio ácido e titulação com sulfato ferroso amoniacal, volumétrica, segundo métodos descritos em RAIJ *et al* (editores), “ Análise química para avaliação da Fertilidade em Solos Tropicais “ , 2001.

Para metais : US-EPA, SW – 846, método 3051, com determinação por fotômetro de chama para Na e K, para os demais metais determinação por ICP-AES.

Para Nitrogênio total : método Kjeldahl, segundo métodos descritos em RAIJ *et al* . (editores), “ Análise química para avaliação da Fertilidade em Solos Tropicais “ , 2001.

Para pH, determinação em extrato aquoso na proporção 1:5 (resíduo : água)

4.3 Segunda Fase - Compostagem do Lodo de Esgoto

A compostagem do lodo foi realizada, segundo metodologia de KIEHL (1998), pelo sistema de leiras revolvidas. O lodo teve sua umidade inicial (87,7%) reduzida para 30% pela disposição do mesmo em leira em pátio aberto, por um período de tempo em torno de 15 dias e posteriormente misturado ao resíduo estruturante. O resíduo escolhido para a mistura foram os restos de grama e capim cortados dos jardins da Faculdade onde se encontra instalado o viveiro.

Os funcionários do viveiro que participaram do experimento foram imunizados contra Tifo, Hepatite e Tétano.

As figuras 2 e 3 mostram o lodo de esgoto e o resíduo estruturante antes da mistura para a compostagem.



Figura 2 : Lodo de esgoto “ in natura “ antes da mistura com o resíduo estruturante



Figura 3 : Resíduo estruturante formado por restos de capim roçados.

4.3.1 Preparação da mistura dos resíduos para a compostagem

Para a elaboração da mistura foi observada a relação carbono/nitrogênio do lodo de esgoto e do resíduo estruturante, levando-se em conta as análises físico-químicas dos materiais, conforme mostra a Tabela 10.

Tabela 10 : Resultados das análises físico-químicas dos materiais compostados.

	LODO	RESÍDUO ESTRUTURANTE
CARBONO	356,8 g/Kg	435,0 g/Kg
NITROGÊNIO	50,4 g/Kg	11,3 g/Kg
UMIDADE	29,91 %	12%

RELAÇÃO C/N	7,08	38,50
-------------	------	-------

Para obtenção de uma relação C/N de 25 da mistura, foi misturado uma parte de lodo para 3,75 partes de resíduo (base úmida).

A compostagem do lodo de esgoto foi realizada, utilizando-se o sistema de leiras revolvidas a céu aberto. Após a mistura do lodo de esgoto com o resíduo estruturante (restos de gramíneas picados), montou-se uma pilha com 1,5 metros de altura por 1,8 metros de largura, a qual recebeu irrigação, dando início ao processo de compostagem.

A pilha foi revolvida duas vezes por semana no primeiro mês, reduzindo-se os revolvimentos para uma vez por semana, no mês seguinte, e quinzenalmente nos meses subsequentes. A temperatura foi medida diariamente e a umidade semanalmente, tendo sido a pilha irrigada sempre que o composto apresentou umidade abaixo de 50%.

Detalhes da mistura do lodo de esgoto com o resíduo estruturante estão ilustradas nas figuras 4, 5 e 6.



Figura 4 : Momento da mistura do lodo de esgoto com resíduo estruturante.



Figura 5 : Lodo de esgoto e capim roçado.

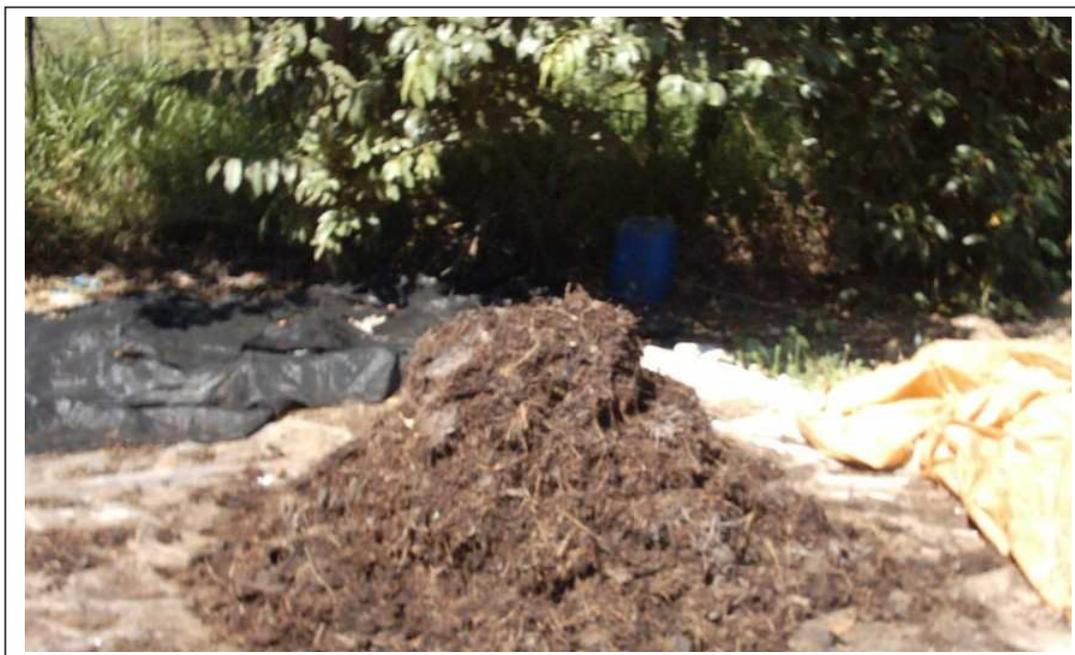


Figura 6 : Lodo de esgoto misturado com resíduo pronto para início da compostagem.

4.3.2 Parâmetros observados e avaliados no ensaio de compostagem.

O processo de compostagem foi conduzido segundo as recomendações obtidas junto à literatura, observando-se alguns parâmetros como umidade, aeração, temperatura e pH.

Os principais testes rápidos para acompanhar o grau de decomposição do composto foram : Alteração das características (redução do volume, coloração e aspecto, odor e umidade reduzida); Teste de temperatura (acompanhamento da temperatura, medida a 40 –60 cm de profundidade); Teste do pH e Teste do Sulfeto.

Após a compostagem, o produto obtido recebeu a denominação de composto orgânico de lodo de esgoto (COLE). A caracterização química do COLE foi realizada no laboratório de Análise de Solos do Centro de Solos e Recursos Ambientais do Instituto Agrônomo (IAC) , antes de se efetuar as misturas composto com casca de arroz carbonizada (CAC). Foram realizadas análises de metais pesados , concentração de macro e micronutrientes, pH e sólidos voláteis.

Devido às características físicas do lodo de esgoto, tratado com polieletrólitos, fez-se necessário a análise da condutividade elétrica do COLE.

4.4 Recipientes e Composição dos substratos (tratamentos)

Os recipientes mais utilizados para produção de mudas de espécies nativas ou exóticas são os sacos plásticos e os tubetes de polipropileno.

Segundo GONÇALVES *et al.* (2000) , a produção de mudas utilizando tubetes tem conseguido elevar o grau de mecanização dos viveiros florestais, reduzir custos e tempo de produção , ao mesmo tempo em que se observa uma crescente melhoria do padrão de qualidade das mudas.

Os tubetes recomendados para a produção de espécies nativas e exóticas são de polipropileno, de formato cônico com boca redonda e dimensão de 145 X 47 mm com capacidade de 110 cm³. Como suporte para os tubetes utiliza-se bandejas com capacidade para 163 tubetes, colocadas em mesas a 1,0 m de altura do chão.

Segundo GONÇALVES & POGGIANI (1996) , substratos adequados para produção de mudas em tubetes podem ser obtidos a partir da mistura de um componente principal orgânico (70 a 80 % da mistura) com um componente secundário usado para elevar a macroporosidade (20 a 30 % da mistura).

No experimento foi utilizado o tubete como recipiente para produção das mudas. Após o término da compostagem e maturação do composto foram estipuladas as misturas nas proporções de 0 a 100 % de COLE em composição com CAC.

Cada mistura compôs um tratamento. Os tratamentos foram comparados aos tratamentos testemunhas, que consistiram do substrato comercial Plantmax Florestais da Eucatex e do esterco de curral curtido utilizado pelo referido viveiro, conforme mostrado a seguir:

- Tratamento 01 – 100% COLE e 0% CAC
- Tratamento 02 – 90% COLE e 10% CAC
- Tratamento 03 – 80% COLE e 20% CAC
- Tratamento 04 – 70% COLE e 30% CAC
- Tratamento 05 – 60% COLE e 40% CAC
- Tratamento 06 – 50% COLE e 50% CAC
- Tratamento 07 – 40% COLE e 60% CAC
- Tratamento 08 – 30% COLE e 70% CAC
- Tratamento 09 – 20% COLE e 90% CAC
- Tratamento 11 – 0% COLE e 100% CAC
- Tratamento 12 - Testemunha – Substrato comercial Plantmax (Casca de pinus, turfa, vermiculita e carvão vegetal)
- Tratamento 13 - Esterco de curral

Das misturas obtidas, bem como das testemunhas, foram tomadas amostras dos tratamentos para serem submetidas às análises para determinação das características físicas dos componentes e misturas.

4.4.1 Caracterização física dos substratos

Para caracterização das propriedades físicas das testemunhas (substrato comercial e esterco de curral) e dos substratos dos tratamentos propostos, foram realizadas análises de densidade, porosidade total, macroporosidade, microporosidade, capacidade máxima de retenção de água, peso hectolitro e granulometria.

A caracterização do substrato e foi feita no Laboratório de Solos da Faculdade Municipal Professor Franco Montoro, pelo método do Laboratório do Departamento de Ciências Florestais da Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná. Esta análise envolve os seguintes passos:

- a) Preparação dos tubetes: A abertura do tubete foi fechada com um botão de 4 furos para evitar perda do material durante a determinação das propriedades físicas do substrato. Os orifícios do botão permitiram a entrada de água sem perda de material. Os tubetes foram identificados, tarados e tiveram suas capacidades volumétricas determinadas;
- b) Enchimento dos tubetes: Estes foram preenchidos manualmente e o substrato foi compactado usando um equipamento que simula as batidas para o adensamento das partículas, semelhante ao que é utilizado para a produção de mudas em escala comercial;
- c) Absorção de água: Encheu-se com água uma caixa plástica, a qual possui uma bandeja de polietileno encaixada, para suporte dos tubetes. Os tubetes cheios foram colocados na bandeja sem serem forçados para baixo, pois a própria absorção de água fez com que descessem à posição normal. O nível de água na caixa foi o correspondente à borda superior do tubete. O período inicial de encharcamento foi de 1 hora; em seguida os tubetes foram colocados no suporte de drenagem por 30 minutos e, depois, quando necessário, completou-se o volume dos tubetes com mais substrato, para compensar a acomodação inicial do mesmo e retornaram-se os tubetes para a caixa de água por mais 1 hora para encharcar novamente;
- d) Primeira pesagem (encharcado): levantou-se o tubete tampando o orifício do botão, para não drenar a água nele existente. Em seguida, acrescentou-se água com bureta até o limite da borda do tubete. Enxugou-se a água aderida na superfície externa do tubete com papel absorvente e pesou-se o tubete;

- e) Drenagem : Esta foi dividida em 2 etapas, sendo a primeira com o tubete suspenso, com a superfície de drenagem livre durante 1 hora. Depois, os tubetes foram mantidos em drenagem com o fundo em contato com folhas de papel jornal e uma lâmina de espuma plástica por mais 12 horas;
- f) Segunda pesagem (drenado): Retirou-se os tubetes do suporte e imediatamente foram pesados;
- g) Secagem: Transferiu-se o substrato drenado para cápsulas de alumínio sem tampa (já identificadas e taradas) e , em seguida, estas foram levadas para estufa regulada a 105° C, onde permaneceram por 24 horas;
- h) Terceira pesagem (seco): as cápsulas foram retiradas da estufa, as quais foram tampadas rapidamente e transferidas para o dessecador, sendo pesados após o resfriamento.

Para determinação dos parâmetros físicos utilizou-se as seguintes fórmulas :

$$\text{Macroporosidade (\%)} = [(A-B) / C] \times 100$$

$$\text{Microporosidade (\%)} = [(B-D-E)/C] \times 100$$

$$\text{Porosidade Total (\%)} = \text{Macroporosidade} + \text{Microporosidade}$$

$$\text{Capacidade de Retenção (ml 50 cm}^{-3}\text{)} = B-D-E$$

$$\text{Densidade} = (D-E)/C$$

Onde,

A= peso do substrato encharcado;

B= peso do substrato drenado

C= volume do contêiner*

D= peso do substrato seco;

E= peso do contêiner*

*** tubetes de polipropileno com capacidade de 110 cm³**

As análises de peso hectolitro e granulometria foram realizadas no Laboratório de Geotecnia da Faculdade Municipal Professor Franco Montoro – Moji Guaçu . Para determinação do Peso Hectolitro e Teste de Granulometria, seguiu-se a metodologia descrita por SILVA (1998), descritas resumidamente a seguir:

- a) Peso hectolitro e umidade natural de fabricação do substrato : para determinação do peso hectolitro, foram utilizadas provetas de 1 litro que foram preenchidas de substrato, o qual foi compactado da mesma forma que o substrato nos tubetes. Feito o enchimento, pesou-se na umidade natural, e em seguida, colocou-se o substrato em bandeja de alumínio, o qual foi encaminhado para secar a 105° C por 24 horas. Após esse período, fez-se a pesagem do material seco;

- b) Granulometria : o mesmo substrato seco, utilizado para determinação do peso hectolitro, foi usado neste teste. O material foi colocado para tamisamento através das peneiras de 4,75;2,0;1,18;0,59;0,29 mm por 10 minutos no aparelho MARCONI-MA 750. Pesou-se o material retido em cada peneira e, depois, mediu-se com proveta o volume retido de substrato em cada peneira.

4.5 Terceira Fase - Produção de Mudanças

4.5.1 Teste Preliminar

Com o objetivo de selecionar os melhores tratamentos para produção das mudas de árvores nativas e exóticas, foi instalado um teste preliminar constituído por 11 tratamentos (composto orgânico de lodo de esgoto /casca de arroz carbonizada) nas proporções de 100/0, 90/10, 80/20, 70/30, 60/40, 50/50, 40/60, 30/70, 20/80, 10/90 e 0/100%). Assim, os tubetes foram preenchidos com os 11 substratos, que constituíram os tratamentos, com quatro repetições por tratamento. Em cada tubete foram semeadas 2 sementes de tomate (*Lycopersicon esculentum*), sendo esta espécie escolhida por ser bastante exigente quanto ao substrato para a germinação.

4.5.2 Parâmetros avaliados

Foram avaliados, nos tratamentos, o efeito do composto orgânico de lodo de esgoto na germinação e no desenvolvimento das plantas através de medidas de crescimento como altura, matéria seca da parte aérea e raiz, observando-se a qualidade e sobrevivência das mudas.

4.5.3 Produção de mudas nativas e exóticas

Com base nos resultados do teste preliminar e na recomendação de GONÇALVES & POGGIANI (1996), foram selecionados os cinco tratamentos (substratos) que estiveram dentro de uma faixa considerada mais adequada ao desenvolvimento das mudas e, em seguida, foi instalado o teste para produção das mudas de espécies nativas e exóticas.

Foram selecionadas três espécies diferentes de árvores nativas, pertencentes às três categorias de plantas denominadas de pioneiras, secundárias e climaxes e uma espécie exótica. A escolha das espécies foi em função da disponibilidade de sementes na época do plantio.

4.5.4 Espécies

Foram selecionadas três espécies de árvores nativas (a, b e c) utilizadas para reflorestamentos e uma de árvore exótica (a) para arborização de calçadas. As sementes foram coletadas de matrizes selecionadas pelo viveiro da Faculdade Municipal Professor Franco Montoro e estão localizadas no município de Mogi Guaçu. As principais características das espécies selecionadas são apresentadas a seguir:

a) Grupo das pioneiras:

Espécie: *Ingá uruguensis* (Ingá)

Família: Leguminosae - Mimosoideae

Planta semidecídua, heliófita, seletiva higrófila, característica de planícies aluviais e beira de rios. Ocorre de São Paulo até o Rio Grande do Sul.

Floresce durante os meses de agosto-setembro, e a maturação dos frutos verifica-se nos meses de dezembro-fevereiro.

b) Grupo das secundárias :

Espécie: *Lafoensia glyptocarpa* (Mirindiba rosa)

Família: Lythraceae

Planta semidecídua, heliófita, aparentemente indiferente às características físicas do solo , característica da floresta pluvial atlântica, com ocorrência tanto na floresta primária densa como em formações secundárias. Ocorre da Bahia até São Paulo.

Floresce a partir do mês de Junho, prolongando-se até meados de agosto. A maturação dos frutos verifica-se nos meses de setembro-novembro.

c) Grupo das clímaxes :

Espécie: *Poecilanthe parviflora* (Coração de negro)

Família: Leguminosae-Papilionoideae

Planta perenifólia, esciófita ou heliófita, característica da floresta latifoliada semidecídua da bacia do Paraná . Ocorre desde Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, São Paulo e Paraná até o rio Grande do Sul. Floresce durante os meses de outubro-novembro e a maturação de seus frutos verifica-se nos meses de junho-julho.

d)Exótica:

Espécie: *Tecoma stans* (Ipê de jardim)

Família: Bignoniaceae

Espécie florífera e ornamental, é adequada para o plantio em parques e jardins e arborização urbana. Floresce durante os meses de abril a setembro , produzindo frutos do tipo vagens (cápsulas) deiscentes .

4.5.5 Delineamento Experimental e Análise Estatística do experimento

Foi utilizado um delineamento experimental inteiramente casualizado, com 7 tratamentos e 4 repetições, sendo cada repetição constituída de 10 plantas.

Para a análise estatística dos dados foi utilizado o Teste de Tukey , que tem como base a diferença média significativa (d.m.s) a 5% de probabilidade, além do teste F para análise da variância.

De acordo com o resultados do teste preliminar e recomendações da literatura, optou-se por trabalhar com as seguintes proporções do composto orgânico de lodo de esgoto (COLE) e casca de arroz carbonizada (CAC):

- ✓ Tratamento 01 – 100% COLE
- ✓ Tratamento 02 – 90% COLE e 10% CAC
- ✓ Tratamento 03 – 80% COLE e 20% CAC
- ✓ Tratamento 04 - 70% COLE e 30% CAC
- ✓ Tratamento 05 – 60% COLE e 40% CAC
- ✓ Tratamento 06 – Testemunha - Substrato comercial Plantmax da Eucatex, composto de casca de pinus, turfa, vermiculita e carvão vegetal
- ✓ Tratamento 07 – Testemunha - Esterco de curral curtido.

4.5.6 Manejo do Experimento

Seguindo as proporções pré-estabelecidas, foram realizadas as misturas utilizando-se proveta graduada para medir os volumes dos componentes a serem misturados. Os substratos formados foram homogeneizados e , em seguida, umedecidos de maneira a facilitar o manuseio deste no enchimento dos tubetes. Este procedimento também foi realizado para o substrato comercial e para o esterco de curral.

Os tubetes foram preenchidos com técnica empregada pelo viveiro da Faculdade Municipal Professor Franco Montoro , que consistiu em encher os tubetes com substrato umedecido, realizando leve compactação manualmente, de forma que o substrato se acomodasse dentro do tubete, em seguida, completando-se o volume dos tubetes. Feito isto, o substrato foi umedecido novamente, estando apto à realização da semeadura. A semeadura foi feita diretamente em tubetes, colocados na estufa de germinação, e foram

colocadas por volta de três sementes/ tubete , de cada espécie. Os tubetes em que as sementes não germinaram foram descartados, pois as mesmas não apresentaram 100 % de germinação.

A irrigação na estufa de germinação é realizada por sistema de microaspersão, realizando-se três irrigações diárias (período manhã, tarde e noite), com aspersores modelo DAN Sprinkler's Modular-Mister, com vazão de 200 l h⁻¹, sendo aplicado uma lâmina de água de 7 mm dia⁻¹.

Os desbastes foram realizados no momento em que as mudas atingiram cerca de 3 cm de altura, deixando-se apenas uma planta por tubete, dando-se preferência à mais central e robusta, e quando as mesmas atingiram o tamanho de 8 cm, foram transferidas para a estufa de crescimento, onde também se aplica o mesmo esquema de irrigação da estufa de germinação.

Quando as mudas atingiram o tamanho aproximado de 20 cm de altura foram transferidas para a área de rustificação, onde as mesmas tiveram a irrigação reduzida e foram expostas à maior incidência da luz solar.

Não foram feitas adubações de base e de cobertura para não haver interferência nos resultados dos tratamentos, pois as testemunhas não possuíam adubação química em sua composição.

4.5.7 Parâmetros avaliados

O tempo necessário para a produção de mudas depende da espécie , dos recipientes utilizados e das condições de clima. É possível afirmar que o tempo médio de produção das mudas , que vai desde a germinação até o final da fase de viveiro, quando as mudas atingem de 20 a 30 cm de altura, é de :

- ✓ 120 dias para as espécies pioneiras
- ✓ 150 dias para as espécies secundárias
- ✓ 180 dias para as clímaxes

Ao final da fase de viveiro quando as mudas atingiram o tamanho médio recomendado, foram realizadas as análises quantitativas de crescimento das plantas, matéria seca da parte aérea, determinação de área foliar, matéria seca da raiz, relação parte aérea/raiz e análise química do tecido vegetal.

4.5.7.1 Análise quantitativa de crescimento

Foram medidas mensalmente a altura linear das mudas, distância entre o colo e o ápice das plantas, com auxílio de régua graduada, e também o diâmetro do colo utilizando-se paquímetro digital STRRET (0-150 mm).

4.5.7.2 Avaliação da qualidade do torrão

Para a avaliação da qualidade do torrão formado, foram observados dois aspectos de suma importância para a produção de mudas, visto que a qualidade do torrão afeta a sobrevivência da muda no campo e, principalmente, o desenvolvimento do sistema radicular das plantas. O primeiro aspecto, a extração do tubete, refere-se à retirada da muda de seu respectivo tubete, analisando-se a facilidade de livrar a muda do recipiente sem causar danos à planta ou ao torrão. Para esse parâmetro atribui-se notas ruim igual a 1,0, médio igual a 3,0 e bom igual a 5,0. O segundo parâmetro avaliado está relacionado com a firmeza do torrão, capacidade deste de permanecer intacto ao manuseio, do momento da extração do tubete até o plantio. Esta característica está intimamente ligada à qualidade do enraizamento da muda no substrato. Para esse aspecto do torrão atribui-se a mesma escala de notas do parâmetro anterior, sendo que a atribuição de notas foi realizada por duas pessoas.

4.5.7.3 Peso da matéria da parte aérea e do sistema radicular

As mudas retiradas dos recipientes foram separadas de seu sistema radicular, lavadas, acondicionadas em sacos de papel e colocadas para secar em estufa com circulação forçada de ar, com temperatura de 60° até a obtenção de peso seco constante. O mesmo procedimento foi realizado para as raízes.

4.5.7.4 Área foliar

A leitura da área foliar foi realizada com material ainda fresco, pelo aparelho medidor de área foliar Portable Area Meter – Model LI 3000 A- LI-COR.

4.5.7.5 Relação raiz/parte aérea

Determinado pelo quociente entre os valores obtidos de matéria seca das raízes e da parte aérea.

4.5.7.6 Análise química do tecido vegetal

Foi realizada na espécie Ingá, ao final do ciclo das mudas no viveiro, para todos os tratamentos (T1 a T7) análise química das folhas para determinação da concentração dos macronutrientes e micronutrientes, Laboratório de Análise de Solo – Centro de Solos e Recursos Ambientais do Instituto Agrônômico através do método de digestão nítrico - perclórico .

Utilizou-se uma amostra composta, ou seja, as 40 plantas amostradas de cada tratamento foram divididas em raiz, haste e folhas e da mistura de cada de cada parte retirou-se uma amostra para proceder uma análise. Em função disso, não foi possível comparar os tratamentos estatisticamente, pois não há repetições. Portanto, os dados serão apresentados sem nível de significância.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo são apresentados e discutidos os principais resultados obtidos durante as três fases do experimento.

5.1 Primeira Fase – Caracterização dos componentes dos substratos utilizados

Foram realizadas análises química, microbiológica e parasitológica do lodo de esgoto, bem como análises químicas do capim roçado (resíduo estruturante utilizado na compostagem do lodo), da casca de arroz carbonizada (utilizada nas misturas dos substratos) e das testemunhas Plantmax (substrato comercial) e esterco de curral curtido (utilizado no viveiro)

5.1.1 Caracterização do lodo de esgoto

5.1.1.1 Análises Químicas

Devido ao fato do esgoto industrial da cidade ser tratado em outras estações, a ETE de Martinho Prado Jr. Praticamente só recebe esgotos domésticos . Estão apresentadas na Tabela 11 os resultados da análise de caracterização do lodo de esgoto antes da compostagem.

Na Tabela 11 observa-se que as quantidades de metais pesados poluentes presentes no lodo são muito baixas em comparação com os limites de metais pesados adotados pela Resolução CONAMA nº 375 de 29 de Agosto de 2006, que regulamenta a disposição de lodo de esgoto e seus derivados.

Tabela 11 - Concentração de metais pesados

Metal pesado poluente	Lodo ETE – Mogi Guaçu	Limites Metais Pesados Resolução Conama 375/06
	Concentração em mg/kg, base seca *	
Arsênio	< 0,01	41
Cádmio	1,5	39
Cobre	219,0	1500
Chumbo	45,6	300
Mercúrio	<0,01	17
Molibdênio	<0,01	50
Níquel	13,4	420
Selênio	<0,01	100
Zinco	550,0	2800

A mesma amostra foi submetida a nova análise, para determinação da concentração de macro, micronutrientes, pH, umidade e sólidos voláteis, cujos valores são apresentados na Tabela 12.

Tabela 12 – Concentração de macro e micronutrientes, pH e Sólidos Voláteis.

Parâmetro	Unidade	Amostra lodo de esgoto ETE- Mogi Guaçu
Fósforo	g/Kg	11,1
Potássio	g/Kg	1,5
Enxofre	g/Kg	7,0
Carbono Orgânico	g/Kg	356,3
Ferro	g/Kg	24,9
Magnésio	g/Kg	1,5
Alumínio	g/Kg	12,1
Cálcio	g/Kg	10,6
Manganês	mg/Kg	108,2
Boro	mg/Kg	2,3
Nitrogênio Kjeldahl	g/Kg	50,4
Nitrogênio amoniacal	mg/Kg	365,3
Nitrogênio –Nitrato- Nitrito	mg/Kg	12,0
PH		7,1
Umidade	%	87,8
Sólidos Voláteis	%	60,6

5.1.1.2 Análise Microbiológica

A análise microbiológica do lodo de esgoto de acordo com Norma Norte Americana EPA 40 CFR Part 503 e Resolução CONAMA – 275/06 , classifica –o como Classe B, visto que a concentração média de coliformes fecais é de 460.000 NMP/gST₍₁₎ (número mais provável por grama de sólidos totais), inferior ao limite máximo para lodo de esgoto Classe B, que é de 1.000.000 NMP/gST. Os resultados estão apresentados na Tabela 13 .

Tabela 13– Parâmetros Microbiológicos avaliados na amostra de lodo de esgoto da ETE-Distrito de Martinho Prado - Mogi Guaçu.

Contagem de Enterococos	NMP/g ST ⁽²⁾	1,1 x 10 ⁶
Pesquisa de Salmonella	Sp/25 g ⁽³⁾	Presença

5.1.1.3 Análise Parasitológica

A amostra de lodo de esgoto da ETE – Mogi Guaçu, também foi submetida a Análise Parasitológica e os resultados estão descritos na Tabela 14.

Tabela 14 – Parâmetros Parasitológicos avaliados na amostra de lodo de esgoto da ETE-Distrito de Martinho Prado - Mogi Guaçu.

HELMINTO	MÉDIA		TOTAL
	viáveis	Inviáveis	
Ascaris sp	0	0	0
Toxocara sp	0	0,10	0,10
Trichuris trichiura	0	0	0
Trichuris vulpis	0	0	0
Trichuroidea	0	0,10	0,10
Hymenolepis diminuta	0,10	0,30	0,40
Hymenolopis nana	0,10	0	0,10
TOTAL GERAL	0,20	0,50	0,70
PROTOZOÁRIOS		0,60	

Número total Ovos Helmintos = 0,70 ovos de helmintos por grama de matéria seca.

Número de ovos viáveis = 0,20 ovos por grama de matéria seca.

Percentual de viabilidade = 28,6 %

Os resultados representam a média das análises feitas em triplicatas

5.1.2 Caracterização do resíduo estruturante

O resíduo estruturante escolhido foi um resíduo vegetal obtido da roçagem de gramíneas das áreas verdes e jardins da Faculdade Municipal Franco Montoro, constituído principalmente de capim brachiaria e grama batatais. Os resultados obtidos estão descritos no Tabela 15 :

Tabela 15: Parâmetros químicos avaliados na amostra de resíduo estruturante

Elementos	Unidades	Valores
Nitrogênio	g/kg	11,3
Carbono	g/kg	435
Carbono/Nitrogênio		38,5
Potássio	g/kg	11,5
Fósforo	g/kg	0,6
Cálcio	g/kg	3,3
Magnésio	g/kg	1,8
Boro	mg/kg	8,0
Cobre	mg/kg	35,6
Ferro	mg/kg	1955
Manganês	mg/kg	128
Zinco	mg/kg	16,2
Umidade	%	12,0

5.1.3 Caracterização do substrato comercial Plantmax da Eucatex (Testemunha)

O substrato comercial Plantmax – Essências florestais é composto por casca de pinus, turfa, vermiculita e carvão vegetal. A porcentagem dos componentes do substrato não é divulgada pela empresa. A Tabela 16 representa as características químicas do substrato.

A Tabela 16 representa as características químicas do substrato testemunha Plantmax® , os quais foram avaliados e comparados como os limites considerados adequados , segundo estudos realizados pelos autores GONÇALVES & POGGIANI (1996) . Os valores dos macronutrientes foram convertidos da unidade g/kg para $\text{mmol}\cdot\text{dm}^{-3}$ para efeito de comparação com os valores considerados adequados apresentados na Tabela 20.

A relação C/N da amostra de Plantmax encontra-se bastante alta, revelando que o substrato é composto por materiais estruturantes , ricos em carbono. O pH encontra-se dentro da faixa considerada adequada. A CTC apresenta valor considerado médio.

Os elementos fósforo e potássio estão classificados como adequados, enquanto o cálcio é considerado médio. O magnésio segundo os autores citados acima está bastante alto .

Tabela 16 : Parâmetros químicos avaliados em amostra de substrato comercial Plantmax

Parâmetro	Unidade ⁽¹⁾	Valor	Unidade ⁽¹⁾	Valor
PH em água		5,6	-	-
Umidade , a 60 – 65°	% (m/m)	4,1	-	-
Matéria orgânica	% (m/m)	482	-	-
Carbono orgânico	g de C/Kg	325	-	-
Nitrogênio Kjeldahl	g de N/Kg	6,0	-	-
Relação C/N	-----	44,3	-	-
Alumínio	mg de Al/Kg	18166	-	-
Boro	mg de B/Kg	13,6	-	-
Cálcio	g de Ca/Kg	8,7	mmol.c.dm ⁻³	113,28
Cobre	mg de Cu/Kg	14,7	-	-
Enxofre	g de S/Kg	2,0	mmol.c.dm ⁻³	3,25
Ferro	mg de Fe/Kg	26900	-	-
Fósforo	g de P/Kg	2,3	mg. dm ⁻³	598,95
Magnésio	mg de Mg/Kg	26,9	mmol.c.dm ⁻³	576,56
Manganês	mg de Mn/kg	295	-	-
Zinco	mg de Zn/Kg	59,2	-	-
Sódio	mg de Na/Kg	147	-	-
Potássio	g de K/Kg	4,4	mmol.c.dm ⁻³	29,38
CTC	mmol/Kg	692	-	-

(1) Resultados expressos na amostra em base seca

5.1.4 Caracterização do esterco de curral curtido (Testemunha)

O esterco de curral curtido foi utilizado no experimento como testemunha, e obtido no viveiro de mudas da Faculdade Municipal Professor Franco Montoro, onde é utilizado como substrato para produção de mudas . Suas características químicas estão representadas no Tabela 17.

As características químicas da testemunha esterco de curral curtido estão representadas na Tabela 17 e os valores dos macronutrientes foram convertidos da unidade g/kg para $\text{mmol}_c\text{dm}^{-3}$ para efeito de comparação com valores de uma escala que apresenta características químicas de substratos usados na produção de mudas (Tabela 20) .O resultados revelaram um pH alto e uma relação C/N média. Os valores dos elementos fósforo e potássio são considerados médios, enquanto o magnésio está baixo.

Tabela 17 : Parâmetros químicos avaliados em amostra de esterco de curral curtido

Parâmetro	Unidade ⁽¹⁾	Valor	Unidade ⁽¹⁾	Valor
PH em água		6,9	-	-
Umidade , a 60 – 65°	% (m/m)	14,6	-	-
Matéria orgânica	% (m/m)	316	-	-
Carbono orgânico	g de C/Kg	281	-	-
Nitrogênio Kjeldahl	g de N/Kg	12,1	-	-
Relação C/N	-----	14,6	-	-
Alumínio	mg de Al/Kg	31008	-	-
Boro	mg de B/Kg	16,5	-	-
Cálcio	g de Ca/Kg	11,1	$\text{mmol}_c\text{dm}^{-3}$	133,41
Cobre	mg de Cu/Kg	21,0	-	-
Enxofre	g de S/Kg	0,85	$\text{mmol}_c\text{dm}^{-3}$	12,77
Ferro	mg de Fe/Kg	9033	-	-
Fósforo	g de P/Kg	1,5	$\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$	360,57
Magnésio	mg de Mg/Kg	1,7	$\text{mmol}_c\text{dm}^{-3}$	33,63
Manganês	mg de Mn/kg	393,6	-	-
Zinco	mg de Zn/Kg	41,4	-	-
Sódio	mg de Na/Kg	241	-	-
Potássio	g de K/Kg	4,4	$\text{mmol}_c\text{dm}^{-3}$	27,12
CTC	mmol/Kg	576	-	-

(1) Resultados expressos na amostra em base seca

5.2 Segunda Fase - Compostagem

A temperatura atingiu 50° C nos primeiros dez dias, elevando-se até 60° C e permanecendo na média de 55° C durante um mês e meio.

Após esse período, a temperatura média se manteve em torno 45 ° C por mais quinze dias, decrescendo e se mantendo até 35° C por mais um mês e meio. A partir daí, a temperatura se estabilizou em 30° C (temperatura ambiente), conforme observa-se na Figura 2.

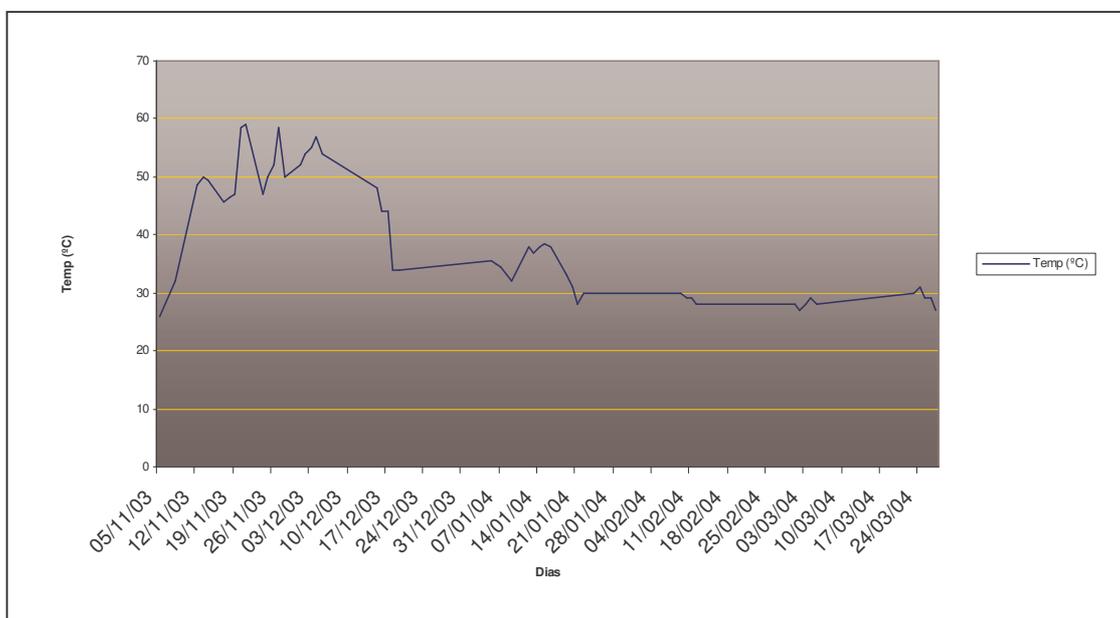


FIGURA 7 : Evolução da compostagem em função da temperatura

5.2.1 Caracterização do composto orgânico de lodo de esgoto (mistura de lodo de esgoto e de restos de gramíneas)

5.2.1.1 Análises químicas

a) Metais pesados

Após a compostagem do lodo de esgoto com restos de gramíneas roçadas realizou-se, nova análise química do composto, para obtenção de valores de metais pesados, cujos resultados obtidos estão representados na Tabela 18.

Observa-se que os metais pesados como Cádmio, Cobre, Cromo, Níquel, Zinco e Sódio, tiveram seus valores reduzidos após a compostagem do lodo de esgoto., enquanto o restante dos elementos mantiveram seus valores observados antes da compostagem.

Tabela 18 : Concentração de metais pesado em composto de lodo de esgoto

Metal pesado	Concentração em mg/kg, base seca *
Arsênio	ND ³
Cadmo	ND ³
Cobre	94,6
Chumbo	42,4
Cromo total	12,1
Merúrio	ND ³
Molibdênio	ND ³
Níquel	6,2
Selênio	<0,01
Sódio	137
Zinco	261,0

(3) Não detectado, concentrações menores do que 0,1 mg/Kg

b) Valores de Matéria orgânica, pH, Relação C/N, Macro e Micronutrientes

Na Tabela 19 são apresentadas algumas características químicas do composto de lodo de esgoto (COLE), que foi utilizado isoladamente e como componente das misturas.

Tabela 19 : Caracterização química do composto de lodo de esgoto

Parâmetro	Composto orgânico de lodo de esgoto (COLE)	
	mmol /dm ³	g/kg
Fósforo	769,30 *	5,7
Potássio	26,89	1,8
Enxofre	-	1,9
Carbono Orgânico	-	335,2
Ferro	-	17,9
Magnésio	86,33	1,9
Alumínio	-	19,6
Cálcio	370,62	6,0
Manganês	-	256
Boro	-	ND
Nitrogênio Kjeldahl	-	21,3
Nitrogênio amoniacal	-	0,1289
Nitrogênio Nitrato- Nitrito	-	0,6247
PH	-	5,2
Umidade	-	50,2 %
Sólidos Voláteis	-	40,5 %

A matéria orgânica total de um composto orgânico é constituída de matéria orgânica compostável (formada por restos vegetais e animais) e de matéria orgânica de difícil decomposição (composta pela lignina, ceras, resinas, graxas, óleos vegetais, quitina dos artrópodes e outras substâncias). Comparando-se o teor de sólidos voláteis antes (Tabela 12) e após a compostagem (Tabela 19), pode-se observar que houve redução do mesmo após o processo, demonstrando que houve decomposição da matéria orgânica resistente à compostagem.

O pH do composto encontra-se dentro da faixa considerada adequada para o desenvolvimento das mudas, ou seja, de 5,5 a 6,5, segundo GONÇALVES & POGGIANI (1996) e VALERI & CORRADINI (2000). A relação Carbono/Nitrogênio está em torno de 16/1, valor considerado médio segundo literatura, e revela que o composto está humificado.

Para fins de interpretação das características químicas dos substratos, foi proposta por GONÇALVES & POGGIANI (1996), uma escala de valores das características químicas dos substratos, apresentada na Tabela 20. A partir das informações apresentadas neste quadro, que é uma compilação de resultados de vários trabalhos de pesquisa, pode-se avaliar e comparar as características químicas do COLE com os limites considerados adequados.

Alguns resultados de teores de macronutrientes apresentados na Tabela 19, foram transformados da unidade g/kg ou mg/Kg para $\text{mmol}\cdot\text{dm}^{-3}$, para efeito de comparação com os parâmetros propostos na escala de valores para interpretação de características químicas dos substratos, apresentados na Tabela 20.

Tabela 20 : Valores de características químicas de substratos usados para produção de mudas florestais.

Características	Nível			
	baixo	médio	alto	adequado
Relação C/N ⁽¹⁾	< 8 a 12/1	12 a 18/1	> 18/1	8 a 12/1
PH em CaCl ₂ 0,01 M ⁽¹⁾	< 5,0	5,0 – 6,0	> 6,0	5,5 – 6,5
P resina (mg dm ⁻³)	< 200	200 - 400	> 400	400 - 800
K trocável (mmol _c dm ⁻³)	< 15	15 -30	> 30	30-100
Ca trocável (mmol _c dm ⁻³)	< 100	100 – 150	>150	100-200
Mg total (mmol _c dm ⁻³)	< 50	50 –100	>100	50-100
C.T.C efetiva (mmol _c dm ⁻³)	< 100	100 – 200	>200	> 200

Adaptado de GONÇALVES & POGGIANI, 1996

A maior parte do nitrogênio encontrado nos resíduos orgânicos, tanto de origem animal como vegetal, está na forma orgânica, e com a decomposição da matéria orgânica, o nitrogênio orgânico, passa à forma amoniacal e depois para a de nitrato (KIEHL, 1985). A análise do COLE mostra que o nitrogênio na forma de nitrato aumentou , enquanto o nitrogênio amoniacal diminuiu , revelando que o composto se encontra em fase final de maturação, ou parcialmente humificado.

O resultado da análise química do COLE , revelou que o composto contém alto teor de fósforo , tendo a compostagem reduzido esse valor em comparação com amostra inicial de lodo de esgoto

O resultado do teor de potássio na amostra inicial de lodo de esgoto se revelou baixo e após a compostagem apresentou pequeno aumento , passando a ser considerado médio . O teor de Cálcio encontrado na análise química do composto é considerado alto , enquanto o teor de Magnésio está classificado como adequado, segundo estudos de CONÇALVES & POGGIANI (1996) .

A adubação de mudas, em geral, tem sido realizada independentemente da qualidade nutricional dos substratos, procurando-se para este fim substratos com baixos teores de nutrientes como é o caso do Plantmax ®. Porém, a carga de nutrientes presente em materiais como o COLE pode promover significativa economia de fertilizantes aos

viveiristas. Para tanto, há necessidade de se conhecer a disponibilização de nutrientes por estes substratos, considerar a real necessidade nutricional da espécie com que se trabalhará, e assim, dominar a técnica de produção de mudas com substratos à base de lodo de esgoto.

c) Condutividade elétrica

Para CAVINS *et al.*(2000), um substrato com condutividade elétrica entre 2,0 e 3,5 dS. m⁻¹ em extrato saturado apresenta salinidade adequada para a maioria dos cultivos.

CRAUL & SWITZENBAUM, 1996, recomendam que a salinidade do composto não deve exceder a 4,0 dSm⁻¹. A condutividade elétrica do composto orgânico de lodo de esgoto (COLE) é de 2,99 dS/m⁻¹ medida pelo método extrato em água 1:2, estimado, portanto, dentro da faixa recomendada como adequada.

5.2.1.2 Análise microbiológica

Após o término da compostagem, foram tomadas amostras do composto para nova análise microbiológica. Comparando-se a primeira análise microbiológica realizada com amostra de lodo de esgoto recém chegada da ETE, com a amostra de lodo de esgoto compostado com restos de capim cortados (COLE), observa-se que houve redução de aproximadamente 99,9 % no número mais provável de gramas por sólidos totais de coliformes fecais e Enterococos.

A pesquisa de *Salmonella* na amostra inicial acusava presença do patógeno, e na amostra coletada após a compostagem do lodo de esgoto com restos de capim cortados, mostra a ausência da bactéria, conforme resultados apresentados na Tabela 21.

Tabela 21 : Parâmetros microbiológicos da amostra de composto orgânico de lodo de esgoto.

Contagem de coliformes fecais	NMP/g ST ⁽¹⁾	3,6
Contagem de Enterococos	NMP/g ST ⁽²⁾	< 3,0
Pesquisa de Salmonella	Sp/25 g ⁽³⁾	Ausência

5.2.1.3 Análise parasitológica

Da mesma amostra coletada para a análise anterior (composto orgânico de lodo de esgoto), foi realizada a análise parasitológica para pesquisa e estudo de viabilidade de ovos de helmintos, a qual está amostrada na tabela 22.

A amostra inicial de lodo de esgoto, apresentava 20 ovos viáveis de helmintos por 100 g de matéria seca e um percentual de viabilidade de 28,6%. Após a compostagem do lodo de esgoto, a amostra apresentou ausência ou inexistência de ovos viáveis e um percentual de viabilidade de 0%.

Os resultados mostram também redução de aproximadamente 80% no número de ovos inviáveis e de ovos totais.

Tabela 22 : Parâmetros parasitológicos em amostra de composto orgânico de lodo de esgoto .

HELMINTO	MÉDIA		TOTAL
	viáveis	inviáveis	
Ascaris sp	0	0,08	0,08
Toxocara sp	0	0,02	0,02
Trichuris trichiura	0	0	0
Trichuris vulpis	0	0	0
Trichuroidea	0	0	0
Hymenolepis diminuta	0	0	0
TOTAL GERAL	0	0,10	0,10

Número total de ovos de helmintos = 0,10 ovos de helmintos por grama de matéria seca.
 Número de ovos viáveis = 0 ovos por grama de matéria seca.
 Percentual de viabilidade = 0%

5.2.1.4 Análises Físicas

A caracterização física foi realizada nas amostras dos 11 tratamentos estabelecidos para o teste preliminar de produção de mudas, utilizando-se misturas de composto orgânico de lodo de esgoto (COLE) e casca de arroz carbonizada (CAC), além das testemunhas Plantmax (substrato comercial) e esterco de curral curtido.

a) Peso Hectolitro

Os valores do Peso Hectolitro são apresentados na Tabela 23.

Tabela 23 - Resultados de peso hectolitro

TRATAMENTO	PESO HECTOLITRO	
	NATURAL (g)	SECO (g)
T1 (100/0) ¹	451,79	366,16
T2 (90/10)	418,99	326,66
T3 (80/20)	370,79	312,44
T4 (70/30)	356,09	307,80
T5 (60/40)	309,99	271,18
T6 (50/50)	296,09	268,15
T7 (40/60)	270,39	247,83
T8 (30/70)	243,39	224,32
T9 (20/80)	179,49	194,42
T10 (10/90)	188,59	176,99
T11 (0/100)	179,49	169,32
Plantmax	543,29	326,04
Esterco	395,59	265,64

¹ COLE /CAC =COMPOSTO ORGÂNICO DE LODO DE ESGOTO/ CASCA DE ARROZ CARBONIZADA

b) Granulometria

Os resultados da análise granulométrica dos tratamentos e testemunhas estão apresentadas na Tabela 24. A distribuição do tamanho das partículas, ou seja, a granulometria, é importante para descrever a qualidade física do material e sua adequação para o cultivo de determinada espécie vegetal, tendo influência determinante sobre o volume de ar e água retida pelo substrato (WALLER e WILSON, 1984). Estudos revelam que a granulometria fina é uma importante característica para os substratos recomendados para produção de mudas em recipientes do tipo tubete, pois evita a formação de grandes espaços abertos dentro dos mesmos e que dificultariam o melhor desenvolvimento das raízes neste tipo de recipiente de menor volume. Os resultados apresentados na Tabela 24, revelam que os tratamentos com doses mais altas de composto orgânico de lodo de esgoto (100% COLE a 50% COLE/50%CAC) apresentaram granulometria maior quando comparados como os tratamentos com alto teor de casca de arroz carbonizada. A testemunha Plantmax , revela através do resultados obtidos maior uniformidade das partículas.

Tabela 24 : Resultados em porcentagem de granulometria dos substratos em peso seco

Tratamento	Distribuição das partículas (%)						
	4,75	2,00	1,18	0,59	0,29	Fundo	Total
	Peneiras de Retenção(mm)						
T1- 100/00 ¹	32,1	21,2	16,8	13,2	10,1	6,5	100
T2 -90/10	19,0	26,8	19,2	14,1	12,5	8,3	100
T3- 80/20	19,1	21,7	18,4	18,5	13,6	8,7	100
T4- 70/30	15,1	19,9	24,9	16,5	16,0	7,6	100
T5- 60/40	13,5	18,6	29,1	17,0	14,7	7,2	100
T6- 50/50	13,8	13,3	27,6	20,4	14,1	10,7	100
T7- 40/60	11,3	15,9	34,0	14,6	15,9	8,4	100
T8- 30/70	9,4	10,3	48,9	9,8	13,2	8,4	100
T9- 20/80	6,3	8,1	42,5	17,5	15,6	9,9	100
T10- 10/90	4,7	5,9	54,9	14,1	13,3	7,1	100
T11- 0/100	0,0	15,9	48,7	12,1	13,8	9,4	100
T12- Plantmax	0,4	12,1	17,6	20,9	23,5	25,6	100
T13- Esterco	27,7	17,2	18,9	13,8	14,7	7,7	100

¹ COLE /CAC = COMPOSTO ORGÂNICO DE LODO DE ESGOTO/ CASCA DE ARROZ CARBONIZADA

c) Macroporosidade, Microporosidade, Porosidade, Densidade e Capacidade de Retenção de Água.

Os parâmetros físicos dos diversos tratamentos estudados são apresentados na Tabela 25 . Observa-se que à medida que se eleva a dose de composto orgânico de lodo de esgoto no substrato ocorre um aumento da sua densidade. A macroporosidade dos tratamentos que contêm de 0 a 60% de casca de arroz carbonizada, mantiveram o nível considerado médio .

O aumento da dosagem da casca de arroz carbonizada nos tratamentos , diminuiu a macroporosidade dos mesmos, apesar da casca de arroz ser um material leve e inerte à hidratação. Tal fato, pode estar relacionado com a compostagem do lodo de esgoto com restos de gramíneas, e a presença da casca de arroz carbonizada que possui partículas c/ diâmetro menor ou igual ao diâmetro médio dos macroporos da mistura, levando ao bloqueio da macroporosidade . O aumento na dose de composto orgânico de lodo de esgoto (COLE) nas misturas promoveu aumento da porosidade total e elevou a microporosidade do substrato, o que proporciona aos substratos maior capacidade em retenção de água, fato observado nos Tratamentos T1(100% COLE), T2 (90% COLE/10%CAC)e T3 (80% COLE/20%CAC).Os Tratamentos T7 (40%COLE/60% CAC), T8 (30%COLE/70%CAC), T9 (20%COLE/80%CAC), T10 (10% COLE/90%CAC) e T11 (100% CAC) revelaram que , aumentos na dose de casca de arroz carbonizada promoveram redução na proporção de microporos do substrato, reduzindo a capacidade de retenção de água dos mesmos.

O valor da densidade dos tratamentos aumentou à medida que se elevou a dose de composto orgânico de lodo de esgoto nas misturas. De maneira geral, pode –se afirmar que , quanto mais elevada for a densidade do solo, maior será sua compactação e menor será a quantidade e vazios .

O substrato testemunha Plantmax (T12) apresentou valores considerados médio para a porosidade , microporosidade e densidade , e para a macroporosidade valor

considerado baixo. A porcentagem de microporos está adequada, conferindo a este substrato uma capacidade de retenção de água satisfatória.

O substrato testemunha esterco de curral (T13) curtido apresentou valores considerados adequados para porosidade total e microporosidade, e baixo para a densidade. A macroporosidade apresentou valor considerado médio.

Tabela 25 : Parâmetros físicos dos substratos nos diversos tratamentos estudados.

Tratamento	Macroporos	Microporos	Porosidade total	Capacidade de retenção	Densidade aparente
	(%)	(%)	(%)	ml 50cm ⁻³	g cm ⁻³
T1- 100/0 ¹	26,19 ab	40,99 bc	67,18 abc	45,09 bc	0,36 a
T2- 90/10	28,19 a	39,86 c	68,05 abc	43,85 c	0,29 ab
T3- 80/20	28,81 a	36,83 cde	65,64 abc	40,51 cde	0,25 bcd
T4- 70/30	24,09 abc	38,89 cd	62,99 bc	42,79 cd	0,25 bcd
T5- 60/40	30,74 a	37,81 cde	68,55 ab	41,59 cde	0,23 cde
T6- 50/50	28,53 a	40,62 bc	69,15 ab	44,68 bc	0,23 cde
T7- 40/60	20,19abc	37,25 cde	57,44 cd	40,97 cde	0,22 de
T8- 30/70	13,77 bc	34,93 cdef	48,69 de	38,42 cdef	0,21 ef
T9- 20/80	14,14 bc	29,91 ef	44,05 e	32,90 ef	0,18 fg
T10- 10/90	12,26 c	30,09 def	42,35 e	33,09 def	0,17 fg
T11- 0/100	18,21 abc	26,95 f	45,16 e	29,65 f	0,16 g
Plantmax	14,64 bc	52,25 a	66,892 abc	57,48 a	0,26 bc
Esterco de curral	25,12 abc	48,87 ab	73,99 a	53,76 ab	0,24 cde
F	**	**	**	**	**
D.M.S.	13,39	8,89	10,97	9,77	0,399
C.V.(%)	24,51	9,36	7,33	9,36	6,92

¹ COLE /CAC = Composto orgânico de Lodo de esgoto/casca de arroz carbonizada

F = ** Significativo ao nível de 1% de probabilidade

F = NS Não significativo

D.M.S = diferença mínima significativa entre as médias

C.V (%) = Coeficiente de variação expresso em porcentagem

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey (P>0,05)

O nível de eficiência dos substratos para germinação de sementes, iniciação radicular e enraizamento de estacas, formação do sistema radicular e enraizamento de estacas, formação do sistema radicular e parte aérea, está estreitamente relacionado à sua capacidade de aeração, drenagem, retenção de água e disponibilidade balanceada de nutrientes. Estas características são altamente correlacionadas entre si. As duas primeiras estão diretamente relacionadas com a macroporosidade, e a retenção de água e nutrientes, com a microporosidade (GOLÇALVES *et al.*, 2000).

De acordo com o conjunto de características físicas apresentadas na Tabela 25 , e comparando-se com valores obtidos para os tratamentos testemunhas e a escala de valores proposta na Tabela 26 , são considerados mais adequados para o desenvolvimento de mudas os substratos cujas doses de composto de lodo de esgoto variam de 100 a 50 % .

Tabela 26 : Escala de valores para interpretação de características físicas de substratos.

Característica	Nível			
	Baixo	Médio	Alto	Adequado
Densidade global (g/cm ⁻³)	< 0,25	0,25 – 0,55	> 0,50	0,45–0,55
Porosidade total (%)	< 55	55 - 75	> 75	75 - 85
Macroporosidade	< 20	20 - 40	> 40	35 - 45
Microporosidade	< 25	25 - 50	> 50	45 - 55
Capac. Max. de ret. de água (ml/50 cm ³)	< 15	15 - 25	> 25	20 - 30

Adaptado de GONÇALVES & POGGIANI, 1996

5.3 Terceira fase – Produção de Mudanças

A última fase do experimento correspondeu à implantação do teste preliminar para seleção das melhores misturas (tratamentos) do composto orgânico de lodo de esgoto (COLE) e casca de arroz carbonizada (CAC) .

Após a seleção , os melhores tratamentos foram utilizados no teste final de produção de mudas de árvores nativas e exóticas .

5.3.1 Teste Preliminar

Neste item são descritos os resultados obtidos com a implantação do teste preliminar, estabelecido a partir da mistura de 11 tratamentos diferentes com composto orgânico de lodo de esgoto e casca de arroz carbonizada e das testemunhas Plantmax e esterco de curral, onde foram plantada sementes de tomate.

A variedade de tomate plantada foi a Santa Cruz Kada Gigante e na emergência , observou-se que o teor de lodo de esgoto não afetou a germinação. O tratamento 11 (100% de casca de arroz carbonizada) apresentou falhas na germinação.

Na avaliação final, ponto em que as mudas estariam prontas para o plantio no campo, observou-se que , à medida que se aumentou a dosagem de casca de arroz carbonizada nos substratos houve diminuição da altura, comprimento de raiz, peso úmido e peso seco das mudas de tomate.

Desta maneira os tratamentos que continham de 100 a 60 % de lodo de esgoto apresentaram os melhores resultados e qualidade das mudas, sendo selecionados para a implantação do teste final de produção de mudas de árvores nativas e exóticas.

As mudas que se desenvolveram nos tratamentos testemunhas esterco de curral e Plantmax apresentaram boa qualidade e ótimas medidas para os parâmetros avaliados e citados acima.

As figuras 8, 9 e 10 revelam o aspecto das mudas de tomate no início da germinação na fase de desenvolvimento vegetativo e na fase final de viveiro, quando as mudas estão prontas para o plantio no local definitivo.



Figura 8: Emergência das plântulas de tomate



Figura 9: Mudas de tomate em fase de desenvolvimento vegetativo



Figura 10 : Mudas prontas para o plantio em local definitivo

Com base nos resultados do teste preliminar e na recomendação de GONÇALVES & POGGIANI (1996) foram determinados os melhores tratamentos (substratos) e, desta maneira instalado o experimento de produção de mudas de árvores nativas e exóticas.

As figuras 8 e 9 mostram o período de pós-germinação das mudas na estufa e após a transferência das mudas para estufa de crescimento.



Figura 11: Visão das mudas de Ingá, Mirindiba rosa , Coração de negro e Ipê de Jardim .



FIG. 12 : Mudanças de árvores nativas e exóticas na área de rusticificação.

5.3.2 Mudanças de Ingá

A seguir são apresentados os resultados das análises realizadas dos parâmetros de crescimento e nutrição das mudas de Ingá que se desenvolveram nos substratos testados.

5.3.2.1 Altura das mudas (H)

Na avaliação do crescimento em altura, as mudas de ingá mostraram diferença significativa da testemunha T6 (Plantmax) e do T5 (60% COLE/40% CAC) em relação aos outros tratamentos considerados, o qual apresentou a menor média para altura das mudas seguido da testemunha T6 (Plantmax), conforme mostra a Tabela 27. Apesar dos tratamentos T1 (100%), T2 (90% COLE /10% CAC), T3 (80% COLE/20% CAC) e T4 (70% COLE/30% CAC) não apresentarem diferença significativa entre si, as mudas do T3 (80% COLE/20% CAC) destacaram-se em relação aos outros tratamentos, porém não superaram a testemunha T7 (esterco de curral curtido).

5.3.2.2 Diâmetro do colo (D)

A Tabela 27 apresenta os resultados das medidas de diâmetro de colo obtidas pelas mudas dos tratamentos e testemunhas. Os Tratamentos T1 (100% COLE), T2 (90% COLE/10% CAC), T3 (80% COLE/20% CAC), T4 (70% COLE/30% CAC) e Testemunha T7 (esterco de curral) não diferem entre si, revelando que à medida que se aumentou o teor de casca de arroz carbonizada nos substratos até a proporção 80/20, houve também aumento do diâmetro do colo das mudas.

O T5 (60% COLE/40% CACA) e a Testemunha T6 (Plantmax) apresentaram as mesmas médias não diferindo estatisticamente entre si, mas apresentam diferença significativa em relação aos Tratamentos T2 (90% COLE/10% CAC) e T3 (80% COLE/20% CAC).

5.3.2.3 Relação altura diâmetro colo (H:D)

Segundo CARNEIRO (1995), a relação H:D, parâmetro que exprime a qualidade em qualquer fase do período de produção de mudas, deve estar situado entre os limites de 5,4 até 8,1.

Os tratamentos e as testemunhas não apresentaram diferença estatística entre si (Tabela 27) mas as mudas com melhores qualidades morfológicas foram as dos tratamentos T1(100% COLE), T2 (90% COLE/10%CAC) e T3 (80% COLE/20%CAC), seguidas pela testemunha T7 (esterco de curral) .

Tabela 27 : Parâmetros de crescimento das mudas de Ingá

Tratamento	Altura das mudas (H) (cm)	Diâmetro do colo (D) (cm)	Relação H:D
T1 - 100 ¹	25,14 a	3,24 ab	7,86 a
T2 - 90/10	25,41 a	3,43 a	7,73 a
T3- 80/20	26,03 a	3,44 a	7,77 a
T4 -70/30	24,50 a	3,0 ab	8,61 a
T5- 60/40	20,02 b	2,60 b	7,04 a
T6 - Plantmax	21,35 b	2,57 b	8,57 a
T7-Esterco de curral	25,79 a	3,21 ab	8,04 a
F	**	**	NS
D.M.S	3,78	3,07	1,88
CV (%)	15,31	24,02	23,04

¹ COLE /CAC = Composto orgânico de Lodo de esgoto/casca de arroz carbonizada

F = ** Significativo ao nível de 1% de probabilidade

F = NS Não significativo

D.M.S = diferença mínima significativa entre as médias

C.V (%) = Coeficiente de variação expresso em porcentagem

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey (P>0,05)

5.3.2.4 Comprimento da raiz

As leguminosas são imprescindíveis em todos os ecossistemas florestais brasileiros, estando entre as famílias de espécies mais frequentes da Mata Atlântica (GONÇALVES *et al.*, 2000).

A espécie Ingá é uma planta da família das leguminosas e apresenta relação simbiótica com bactérias do gênero *Rizobium*, encontradas no solo, e que tem a capacidade de fixar Nitrogênio atmosférico e transformá-lo em sais nitrogenados que são utilizados pelas plantas, que em troca fornece matéria orgânica para as bactérias.

Quando estabelecida a relação, a bactéria passa a viver no sistema radicular das leguminosas e produz nódulos de coloração nas raízes das leguminosas. Esses nódulos são de coloração branca e quando cortados apresentam coloração interna rosada.

Tem sido observado que as mudas que estabelecem a relação simbiótica com a bactéria, apresentam melhor aspecto nutricional, com folhas mais verdes e caules mais firmes, menor tempo de produção e torrão mais firme.

As mudas de Ingá do experimento apresentaram os nódulos bacterianos e apesar de não haver levantamento estatístico do referido dado, observou-se que à medida que se reduziu a porcentagem de composto orgânico de lodo de esgoto (COLE) nos tratamentos, houve redução na quantidade de nódulos bacterianos encontrados nas raízes das mudas.

A testemunha T6 (Plantmax) não apresentou os nódulos bacterianos no sistema radicular e a testemunha T7 (Esterco de curral) apresentou igual à do Tratamento T1 (100% COLE), revelando que quanto maior o teor de componente orgânico no substrato , maior a quantidade de nódulos bacterianos nas plantas.

A Tabela 28 apresenta os valores obtidos nos tratamentos e testemunhas, para o comprimento da raiz, e mostra que o Tratamento T1 (100% COLE) apresentou a menor média de comprimento de raiz, seguido pelos Tratamentos T2 (90%COLE/10%CAC) e T5 (60% COLE/40%CAC) , dos quais não apresenta diferença estatística significativa.

Observou-se que à medida que se aumentou a dose de casca de arroz carbonizada no substrato, produziu-se um efeito positivo no aumento do tamanho da raiz até a proporção 70% COLE/30%CAC (T4). A testemunha T6 (Plantmax) não apresenta diferença significativa em relação aos outros tratamentos, tendo a Testemunha T7 (esterco de curral) superado a média de comprimento de raiz, diferenciando-se dos Tratamentos T1(100% COLE), T2 (90%COLE/10%CAC) e T5 (60%COLE/40%CAC).

5.3.2.5 Massa da matéria seca da raiz

A Tabela 28 mostra que a Testemunha T7 (esterco de curral) apresentou a maior média de peso seco de raiz, apesar de não diferir estatisticamente dos Tratamentos T1 (100% COLE), T2 (90%COLE/10%CAC), T3 (80%COLE/20%CAC) e T4 (70%COLE/30%CAC). O Tratamento T5 (60% COLE/40%CAC) e a Testemunha T6 (Plantmax) apresentaram os mesmos valores para o parâmetro acima, não diferenciando estatisticamente entre si. Observa-se que à medida que se aumentou a dose de casca de arroz carbonizada nos substratos, ao contrário do comprimento da raiz, houve redução da matéria seca radicular, devido à diminuição das raízes laterais e secundárias.

5.3.2.6 Massa da matéria seca da parte aérea

Nota-se que estatisticamente os Tratamentos T1(100% COLE), T2 (90%COLE/10%CAC), T3 (80% COLE/20%CAC) e T4(70%COLE/30%CAC) e a Testemunha T7 (esterco de curral) não diferem entre si, e apresentam valores superiores ao T5 (60% COLE/40%CAC) e à Testemunha T6 (Plantmax), dos quais apresentam diferença estatística. O T5 (60%COLE/40%CAC) e a Testemunha T6 (Plantmax) apresentaram os menores valores, de peso seco da parte aérea, não diferenciando estatisticamente entre si (Tabela 28).

Analisando-se os resultados da análise da matéria seca dos substratos (Tabela 28), pode-se concluir que, à medida que se reduziu a porcentagem de composto orgânico de lodo de esgoto (COLE), nos tratamentos, houve redução no peso da matéria seca.

5.3.2.7 Relação da massa da matéria seca da raiz/ matéria seca da parte aérea

CARNEIRO (1995), recomenda que as raízes devem ser densas e as partes radicular e aérea tem que estar em correta proporção. Segundo os autores citados acima, a adequada relação está em torno de 0,20 a 0,23, bem inferior aos resultados obtidos neste trabalho, conforme observamos na Tabela 28.

MEXAL & DOUGHERTY (1981) observaram maior crescimento e sobrevivência das mudas de Pinus à medida que os valores desta razão aumentaram até 0,6. O Tratamento T5 e a Testemunha T6 apresentaram médias muito altas, revelando a falta de proporção entre as raízes e a parte aérea das mudas, que apresentaram comprimento exagerado em relação à altura das plantas.

Tabela 28 : Parâmetros de crescimento e matéria seca em mudas de Ingá

Tratamento	Comprimento raiz (cm)	Matéria seca raiz (g)	Matéria seca parte aérea (g)	Relação matéria seca raiz/ matéria seca parte aérea
T1-100 ¹	14,38 c	0,82 ab	1,02 a	0,88 abc
T2-90/10	14,82 bc	0,81 ab	1,05 a	0,80 bc
T3-80/20	15,38 ab	0,81 ab	1,19 a	0,63 c
T4-70/30	15,47 ab	0,82 ab	1,04 a	0,76 bc
T5-60/40	14,64 bc	0,65 b	0,60 b	1,23 a
T6-Plantmax	15,11 abc	0,65 b	0,57 b	1,17 ab
T7-Esterco curral	15,85 a	1,11 a	1,30 a	0,99 abc
F	**	**	**	**
D.M.S	0,92	0,81	0,36	0,43
C.V (%)	5,33	40,17	36,69	45,06

¹ COLE/CAC = Composto orgânico de Lodo de esgoto/casca de arroz carbonizada

F = ** Significativo ao nível de 1% de probabilidade

F = NS Não significativo

D.M.S = diferença mínima significativa entre as médias

C.V (%) = Coeficiente de variação expresso em porcentagem

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey (P>0,05)

5.3.2.8 Área foliar

Os valores obtidos para o parâmetro área foliar estão representados na Tabela 29 e pode-se observar que a testemunha T7 (esterco de curral) apresentou a maior média de área foliar, seguido pelo tratamento T2 (90% COLE/10% CAC), os quais não apresentam diferença estatística em relação aos Tratamentos T4 (70%COLE/30%CAC), T5 (60% COLE/40%CAC) e da Testemunha T6 (Plantmax). Os Tratamentos T4 (70%COLE/30%CAC) e T5 (60% COLE/40% CAC) apresentaram as menores médias de área foliar (Tabela 29). Observou-se que à medida que se reduziu o teor de composto orgânico de lodo de esgoto (COLE) nos substratos , houve diminuição da área foliar.

5.3.2.9 Extração de torrão

Apesar dos Tratamentos e Testemunhas não apresentarem diferença estatística entre si, o Tratamento T1(100% COLE) obteve a menor média de nota atribuída à retirada do torrão, demonstrando que a adição da casca de arroz carbonizada (CAC) no substrato colabora para facilitar a retirada da muda do tubete (Tabela 29).

Tabela 29 : Parâmetros de crescimento e extração de torrão das mudas de Ingá

Tratamento	Área foliar (cm ²)	Extração do torrão (1,0 – 3,0 –5,0)
T1-100 ¹	76,67 abc	3,94 a
T2- 90/10	84,47 ab	4,41 a
T3- 80/20	79,20 abc	4,17 a
T4- 70/30	61,75 c	4,17 a
T5- 60/40	61,17 c	4,76 a
T6- Plantmax	63,53 bc	4,47 a
T7- Esterco de curral	86,23 a	5,0 a
F	**	NS
D.M.S	22,34	1,27

¹ COLE /CAC = Composto orgânico de Lodo de esgoto/casca de arroz carbonizada

F = ** Significativo ao nível de 1% de probabilidade

F = NS Não significativo

D.M.S = diferença mínima significativa entre as médias

C.V (%) = Coeficiente de variação expresso em porcentagem

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey (P>0,05)

5.3.2.10 Avaliação do estado nutricional

A Tabela 30 apresenta os resultados da análise foliar para determinação dos teores de macro e micronutrientes, em mudas de Ingá, revelando que a concentração de nutrientes foi maior em mudas que se desenvolveram em substratos com maior porcentagem de composto orgânico de lodo de esgoto (COLE).

Maiores concentrações de N, P, K, foram observadas nos tratamentos com COLE em relação às testemunhas T6 (Plantmax) e T7 (Esterco de curral). A Testemunha T6 (Plantmax), por sua vez, apresentou maiores concentrações de Ca e Mg. Em estudo das relações K, Ca e Mg, em mudas de dendezeiro, Assis (1995) reportou o provável efeito sinérgico do Mg em relação ao P, que atua como ativador de ATPase de membrana, enzima envolvida no processo de absorção iônica. Para esse autor, plantas que apresentam baixos teores de Mg tenderam a apresentar também baixos teores de P. Entretanto, neste estudo ocorreu o contrário, ou seja, os tratamentos com menores teores e quantidades de Mg (tratamentos com composto orgânico de lodo de esgoto) apresentaram maiores teores e quantidades de P.

A testemunha T6 (Plantmax) apresentou a maior concentração de Boro em relação aos outros tratamentos e à testemunha T7 (Esterco de curral).

As concentrações de Cu, Fe, Mn e Zn, nos tratamentos com lodo de esgoto tenderam a ser superiores às testemunhas T6 (Plantmax) e T7 (esterco de curral), devido aos altíssimos teores desses elementos encontrados nos substratos à base de lodo de esgoto.

Em geral, não foi observado nenhum sintoma visual de deficiência ou de toxidez nas mudas de Ingá, dos tratamentos com lodo de esgoto compostado, apesar das mesmas terem desenvolvido em teores de Cu e Zn considerados fitotóxicos para espécies vegetais (Kabata-Pendias & Pendias, 1985). As mudas da Testemunha T6 (Plantmax) apresentaram coloração amarelada, sugerindo deficiência de nitrogênio. A Tabela 30 expressa os teores de nutrientes concentrados nas folhas das mudas de Ingá.

Tabela 30 : Concentração de nutrientes em tecido vegetal de mudas de Ingá

Tratamento	N	P	K	Ca	Mg	B	Cu	Fe	Mn	Zn
T1- 100 ¹	18,5	3,4	9,8	12,6	2,6	25,1	10,2	500	119	39,9
T2- 90/10	19,8	3,5	9,8	12,4	2,8	24,6	11,0	394	126	35,5
T3- 80/20	18,9	3,5	9,3	13,4	2,9	24,4	11,0	434	127	37,2
T4- 70/30	18,4	3,7	9,0	9,0	2,6	20,1	10,8	398	76	29,7
T5- 60/40	18,0	3,6	10,2	10,8	2,7	24,2	9,2	345	86	32,9
T6- Plantmax	14,0	3,3	9,5	12,9	3,6	34,3	2,2	377	121	27,6
T7- Esterco de curral	16,4	2,6	10,0	9,2	3,0	17,1	3,2	378	120	20,1

¹COLE/CAC = composto orgânico de Lodo de Esgoto/Casca de arroz carbonizada

Os aspectos das mudas de Ingá formadas nesse experimento, podem ser observadas nas Figuras de 13 a 19.

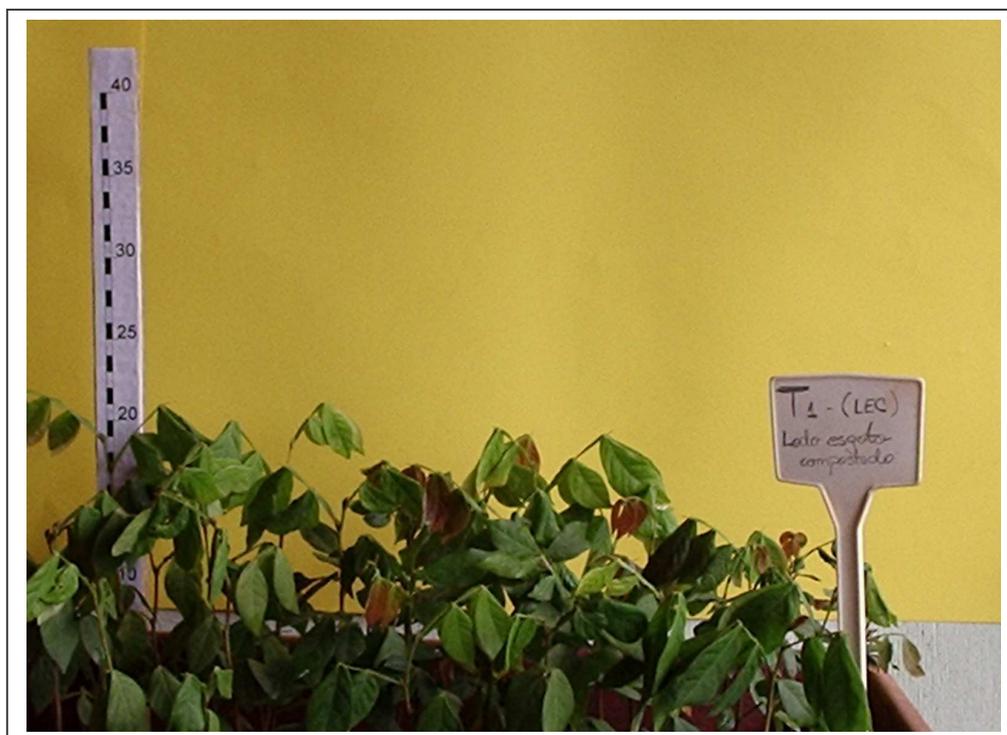


Figura 13: Parcela de Ingá, Tratamento 1 (100% de COLE)

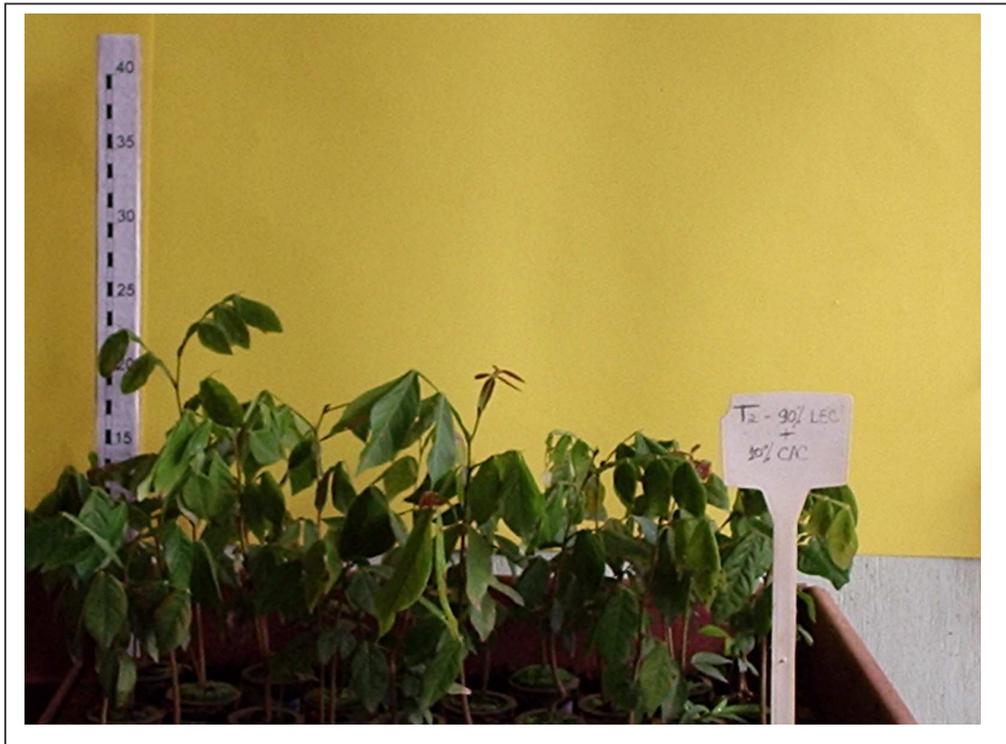


Figura 14: Parcela de Ingá , Tratamento 2 (90% de COLE/10% CAC)



Figura 15: Parcela de Ingá, Tratamento 3 (80%COLE/20%CAC)

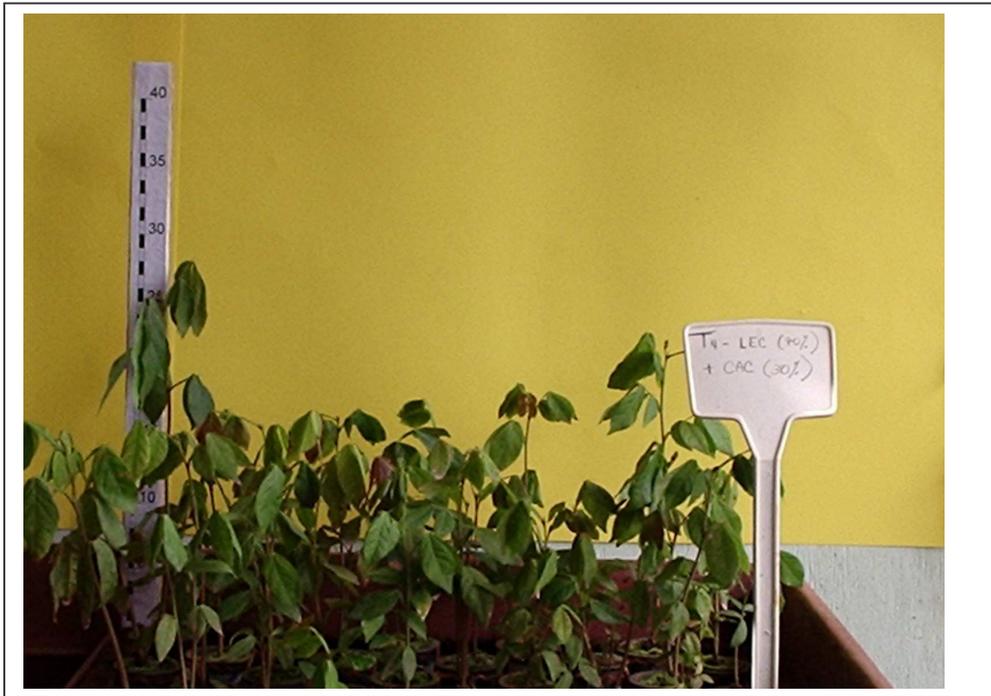


Figura 16: Parcela de Ingá , Tratamento 4 (70% COLE/30 %CAC)

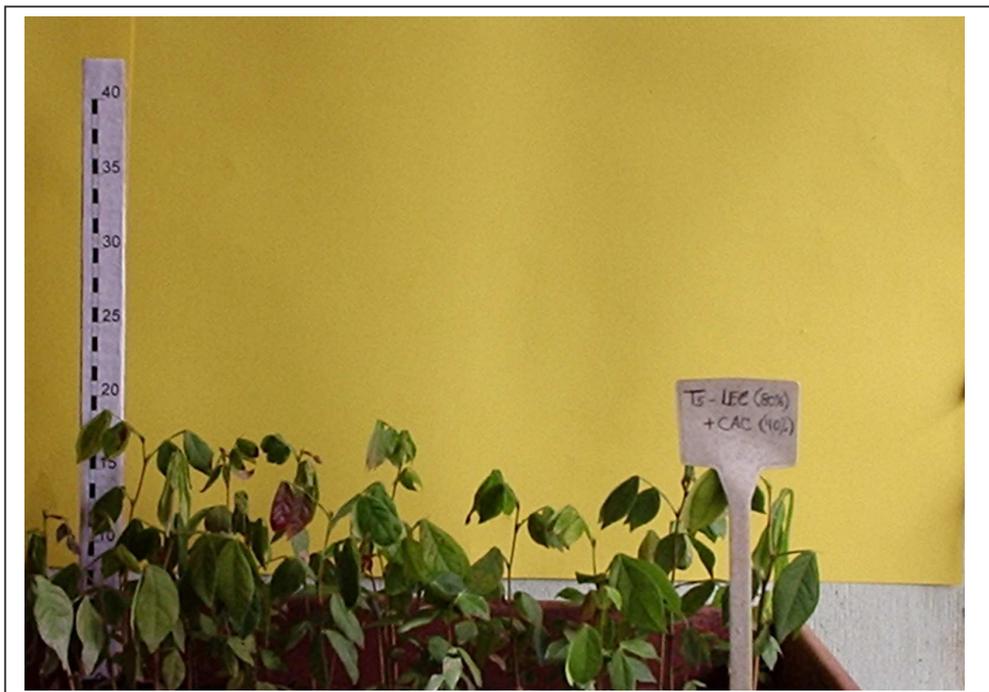


Figura 17: Parcela de Ingá, Tratamento 5 (60% COLE / 40% CAC)

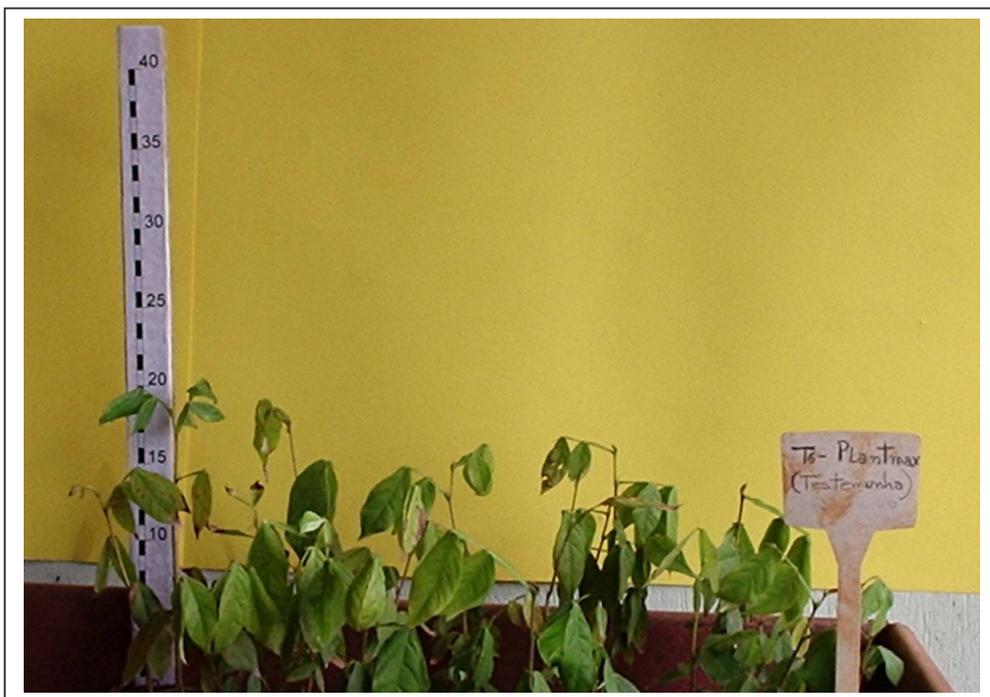


Figura 18: Parcela de Ingá, Tratamento 6 (Testemunha – Plantimax ®)

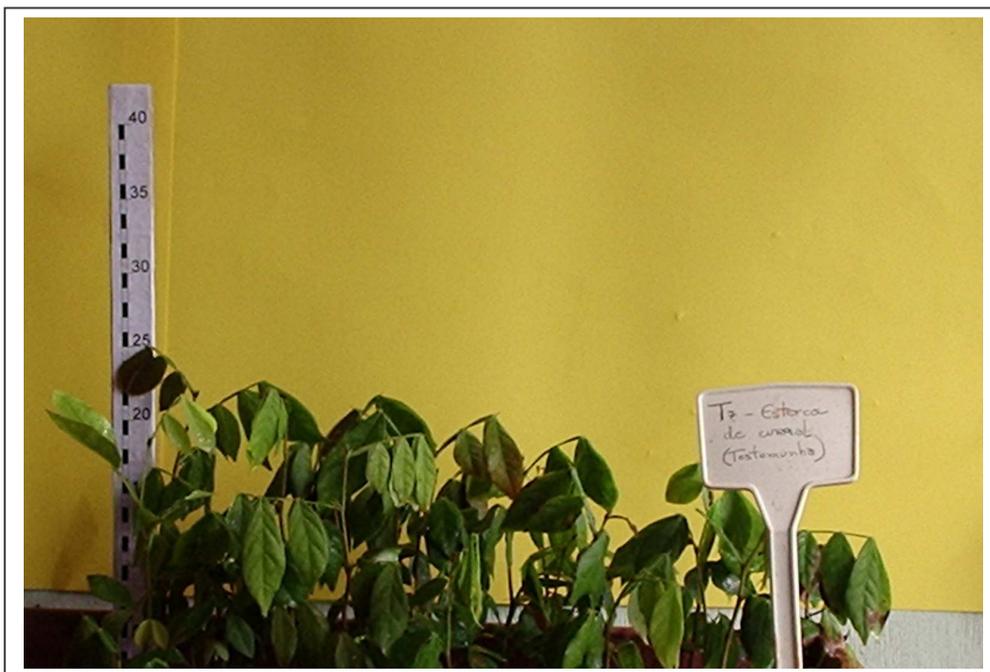


Figura 19 : Parcela de Ingá, Tratamento 7(esterco de curral)

Observa-se pelas figuras, que as mudas de Ingá dos Tratamentos T1 (100% COLE), T2 (90%COLE/10% CAC) , T3 (80%COLE/20%CAC) , T4 (70%COLE/30%CAC) e da testemunha T7 (esterco de curral), apresentaram ótimo aspecto vegetativo, demonstrando superioridade em altura e número de folhas em relação ao tratamento T5 (60%COLE/40%CAC) e a testemunha T6 (Plantmax), que apresentou mudas baixas, fracas e com coloração amarelada , aparentando deficiência de Nitrogênio.

5.3.3 Mudanças de Mirindiba rosa

As misturas (tratamentos) de composto orgânico de lodo de esgoto (COLE) e casca de arroz carbonizada (CAC) foram utilizadas para o plantio das mudas de Mirindiba rosa, e os principais parâmetros de crescimento são apresentados, a seguir nas Tabelas 31, 32 e 33.

5.3.3.1 Altura das mudas (H)

Considerou-se como altura da parte aérea o comprimento entre o colo e a extremidade da folha mais jovem. Aos 120 dias após a semeadura (fase final de viveiro), foi realizada a medição de altura das mudas de Mirindiba rosa (Tabela 31).

O T2 (90%COLE/10%CAC) foi o que apresentou a média mais alta de altura das mudas em comparação com os outros tratamentos e testemunhas.

Os tratamentos T1(100%COLE) ,T3 (80%COLE/20%CAC) e T4 (70%COLE/30%CAC) apresentaram médias superiores às médias das plantas do tratamento T5 (60%COLE/40%CAC) e da testemunha T7 (esterco de curral), mas não diferem estatisticamente entre si. As plantas do tratamento T5 (60%COLE/40%CAC) equipararam-se às da testemunha T7 (esterco de curral), mostrando que os dois tratamentos são estatisticamente iguais.

A testemunha T6 (Plantmax) apresentou a menor média para a altura das mudas, diferindo-se estatisticamente dos outros tratamentos e da testemunha T7(esterco de curral).

5.3.3.2 Diâmetro do colo (D)

Como mostra a Tabela 31 , o tratamento T3 (80%COLE/20%CAC) foi o que apresentou a maior média em diâmetro de colo. Os tratamentos T1 (100% COLE) e T2 (90%COLE/10% CAC) vieram em seguida , não se diferenciando estatisticamente entre si e da testemunha T7 (esterco de curral) . Os tratamentos T4 (70%COLE/30%CAC) e T5(60% COLE/40%CAC) apresentaram médias menores não se diferenciando estatisticamente . A testemunha T6 (Plantmax) apresentou a menor média em diâmetro do colo. Segundo DANIEL *et al.* (1997) e CARNEIRO (1995), o parâmetro diâmetro de colo, em geral, é o mais observado para indicar a capacidade de sobrevivência da muda no campo.

5.3.3.3 Relação Altura da muda :diâmetro do colo (H: D)

Em geral as mudas de mirindiba rosa apresentaram valores adequados para a relação H/D em todos os tratamentos, inclusive para as testemunhas. CARNEIRO (1995), considera ideal para mudas florestais a relação H/D, entre os limites de 5,4 até 8,1.

Tabela 31 : Parâmetros de crescimento em mudas de Mirindiba rosa.

Tratamento	Altura das mudas (H) (cm)	Diâmetro do colo (D) (cm)	Relação altura/diâmetro
T1- 100 ¹	24,914 a	3,528 abc	7,128 a
T2-90/10	29,857 b	3,771 ab	8,222 a
T3- 80/20	24,142 b	4,114 a	6,125 a
T4- 70/30	24,571 b	3,057 bcd	8,380 a
T5-60/40	22,571 bc	2,714 d	8,567 a
T6- Plantmax ®	19,357 c	2,271 d	8,547 a
T7- Esterco curral	22,571 bc	3,171 abcd	7,445 a
F	**	**	NS
D.M.S.	3,66	1,02	2,805
C.V (%)	9,22	19,15	21,81

¹ COLE /CAC = Composto orgânico de Lodo de esgoto/casca de arroz carbonizada

F = ** Significativo ao nível de 1% de probabilidade

F = NS Não significativo

D.M.S = diferença mínima significativa entre as médias

C.V (%) = Coeficiente de variação expresso em porcentagem

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey (P>0,05)

5.3.3.4 Comprimento da raiz

O sistema radicular das árvores pode ser caracterizado quanto ao hábito de enraizamento (direção, distribuição e estrutura das raízes de sustentação) e à intensidade de raízes (forma, distribuição e número de raízes finas, que cumprem funções de absorção), GONÇALVES & MELLO, 2000.

Pesquisando o sistema radicular de plantas em nível de viveiro e campo, GONÇALVES *et al.* (1992) e MORAES NETO (1998) verificaram que as espécies com maiores taxas de crescimento, pioneiras e secundárias iniciais, apresentavam maiores

quantidades de raízes finas do que as espécies com menores taxas de crescimento, secundárias tardias e clímax.

O tratamento T4 (70%COLE/30% CAC) apresentou a maior média e o tratamento T3 (80% COLE/20%CAC) a menor média para o parâmetro comprimento da raiz, diferindo estatisticamente dos outros tratamentos e testemunhas. Os tratamentos T1 (100% COLE),T2 (90% COLE/10%CAC) ,T5 (60%COLE/40% CAC) e as testemunhas T6 (Plantmax) e T7 (esterco de curral) não diferem estatisticamente entre si, conforme mostra a Tabela 32.

5.3.3.5 Matéria seca da raiz

Através da Tabela 32 nota-se que estatisticamente , T1(100% COLE) e T2 (90%COLE/10%CAC) tiveram valores superiores de peso da matéria seca radicial com relação aos demais tratamentos e testemunhas.

Observa-se , também, que à medida que se diminuiu a dose de lodo de esgoto no substrato, produziu-se um efeito negativo no acúmulo de matéria seca de raiz até a proporção 60/40 (T5), o que pode colaborar para a menor sobrevivência da muda no campo. O tratamento T5 (60%COLE/40%CAC) não difere estatisticamente das testemunhas T6 (Plantmax) e T7 (esterco de curral) .

A testemunha T6 (Plantmax) apresentou a menor média de peso seco da raiz e a testemunha T7 (esterco de curral) ,devido ao seu alto teor de compostos orgânicos, baixa macroporosidade e alta microporosidade, apresentou pouca drenagem do substrato, o que pode ter interferido no crescimento e desenvolvimento das mudas.

Tabela 32 : Parâmetros de crescimento e matéria seca em mudas de Mirindiba rosa

Tratamento	Comprimento raiz (cm)	Matéria seca da raiz (g)
T1- 100 ¹	14,50 ab	1,02 a
T2- 90/10	14,92 ab	1,06 a
T3- 80/20	13,57 b	0,96 ab
T4-70/30	15,35 a	0,64 bc
T5- 60/40	14,71 ab	0,59 c
T6- Plantmax	14,57 ab	0,39 c
T7- Esterco de curral	14,14 ab	0,53 c
F	*	**
D.M.S.	1,416	0,354
C.V (%)	5,89	28,70

¹ COLE /CAC = Composto orgânico de Lodo de esgoto/casca de arroz carbonizada

F = ** Significativo ao nível de 1% de probabilidade

F = * Significativo ao nível de 5% de probabilidade

F = NS Não significativo

D.M.S = diferença mínima significativa entre as médias

C.V (%) = Coeficiente de variação expresso em porcentagem

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey (P>0,05)

5.3.3.6 Matéria seca da parte aérea

A Tabela 33 apresenta os resultados da matéria seca da parte aérea das mudas de Mirindiba rosa, e mostra que os Tratamentos T1 (100% COLE) ,T2 (90%COLE/10%CAC) e T3 (80% COLE/ 20% CAC) não diferem estatisticamente entre si, apesar do T3 (70% COLE/30% CAC) ter apresentado a maior média em peso seco da parte aérea em comparação com os outros tratamentos e testemunhas.

A testemunha T6 (Plantmax) apresentou a menor média para o parâmetro citado acima, mas apesar disso não difere estatisticamente dos tratamentos T4 (70% COLE/30% CAC) , T5 (60% COLE/40% CAC) e T7 (esterco de curral).

5.3.3.7 Relação matéria seca da raiz – matéria seca parte aérea

Os Tratamentos T1 (100% COLE) ,T2 (90%COLE/10%CAC) e T3 (80%COLE/20%CAC) e a Testemunha T7 (esterco de curral) não diferem estatisticamente entre si, conforme Tabela 33 e apresentam os valores de relação peso seco raiz/peso seco parte aérea próximos da razão 0,6 (MEXAL & DOUGHERTY, 1981).

5.3.3.8 Área foliar

O tratamento T2 (90%COLE/10%CAC) apresentou a maior média em área foliar e não difere estatisticamente dos tratamentos T1 (100% COLE) e T3 (80%COLE/20%CAC).

Os Tratamentos T4 (70%COLE/30% CAC) e T5 (60%COLE/40% CAC) mostram que à medida que diminuiu o teor de lodo de esgoto no substrato, houve redução na área foliar das plantas. As testemunhas T6 (Plantmax) e T7 (esterco de curral) apresentaram as menores médias em área foliar e não diferem estatisticamente entre si (Tabela 33).

5.3.3.9 Extração do torrão

A Tabela 33 mostra que os tratamentos e testemunhas não diferem estatisticamente entre si, e ao contrário das mudas de Ingá , a facilidade para extração das mudas não foi afetada nos tratamentos com doses mais altas de composto orgânico de lodo de esgoto .

Tabela 33 : Matéria seca , área foliar e extração de torrão em mudas de Mirindiba rosa.

Tratamento	Matéria seca parte aérea (cm)	Relação matéria seca raiz / matéria seca parte aérea	Área foliar (cm ²)	Extração do torrão (1,0 – 3,0 –5,0)
T1- 100 ¹	1,61 a	0,61 bc	40,50 abc	5,00 a
T2- 90/10	1,80 a	0,61 bc	55,69 a	4,71 a
T3- 80/20	1,89 a	0,50 c	54,82 ab	5,00 a
T4- 70/30	0,80 b	0,79 ab	35,28 bc	5,00 a
T5- 60/40	0,84 b	0,73 ab	32,07 c	5,00 a
T6- Plantmax ®	0,45 b	0,84 a	24,17 c	4,71 a
T7- Esterco de curral	0,91 b	0,57 bc	29,72 c	5,00 a
F	**	**	**	NS
D.M.S	0,49	19,54	0,22	0,66
C.V. (%)	24,95	30,37	20,15	8,22

¹ COLE /CAC = Composto orgânico de Lodo de esgoto/casca de arroz carbonizada

F = ** Significativo ao nível de 1% de probabilidade

F = NS Não significativo

D.M.S = diferença mínima significativa entre as médias

C.V (%) = Coeficiente de variação expresso em porcentagem

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey (P>0,05)

As figuras 20 a 26 revelam o aspecto das mudas de Mirindiba rosa cultivadas nos tratamentos e testemunhas.



Figura 20: Parcela de Mirindiba rosa, Tratamento 1 (100 % COLE)



Figura 21: Parcela de Mirindiba rosa, Tratamento 2(90%COLE/10% CAC)



Fig. 22: Visão da parcela de Mirindiba rosa, Tratamento 3 (800%COLE/20%CAC)



Fig. 22: Visão da parcela de Mirindiba rosa, Tratamento 4 (70% COLDE/30% CAC)



Figura 24: Parcela de Mirindiba rosa, Tratamento 5 (60% COLDE/40% CAC)



Figura 25: Parcela de Mirindiba rosa, Tratamento 6 (Testemunha - Plantmax®)



Figura 26: Parcela de Mirindiba rosa, Tratamento 7 (Esterco de curral)

Analisando as figuras apresentadas anteriormente, pode-se perceber pelo aspecto visual das mudas de Mirindiba rosa, que os tratamentos T1 (100% COLE), T2 (90%COLE/10% CAC), T3 (80%COLE/20%CAC) e a testemunha T7 (esterco de curral), apresentaram mudas mais altas e com maior quantidade de folhas, em comparação com os tratamentos T4 (70%COLE/30%CAC), T5 (60%COLE/40%CAC) e a testemunha T6 (Plantmax), que apresentou mudas baixas e com poucas folhas.

5.3.4 Mudanças de Coração de negro

As sementes de Coração de Negro foram plantadas nos diferentes tratamentos (substratos) e ao final da fase de viveiro, as mudas foram submetidas à avaliação dos principais parâmetros de crescimento, apresentados a seguir.

5.3.4.1 Altura das mudas

A Tabela 34 apresenta as médias obtidas para os parâmetros altura das mudas de Coração de Negro, nos tratamentos contendo composto orgânico de lodo de esgoto/casca de arroz carbonizada em diferentes proporções.

Na avaliação de crescimento em altura, as mudas de Coração de Negro apresentaram diferença significativa das Testemunhas T6 (Plantmax) e T7 (Esterco de curral) em relação aos tratamentos considerados (Tabela 34). O T3 (80% COLE/20% CAC) apresentou a maior média em altura das mudas, demonstrando que o aumento do teor de casca de arroz carbonizada nos substratos, reduz o crescimento das plantas. A menor média em altura das plantas foi observada no tratamento T5 (60% COLE/40% CAC), seguido pela Testemunha T7 (esterco de curral curtido), a qual apresentou problemas de drenagem (alto teor de matéria orgânica), o que pode ter afetado o crescimento das mudas.

5.3.4.2 Diâmetro de colo (D)

Em geral as mudas de Coração de Negro, apresentaram maiores incrementos no desenvolvimento em altura do que em diâmetro de colo. As testemunhas T6 (Plantmax) e T7 (Esterco de curral curtido) apresentaram as menores médias em diâmetro de colo, diferenciando-se dos tratamentos T1 (COLE) e T4 (70%COLE/30% CAC), tendo o último, apresentado mudas com diâmetros maiores, conforme observa-se na Tabela 34.

5.3.4.3 Relação Altura/ Diâmetro do colo (H:D)

As testemunhas T6 (Plantmax) e T7 (Esterco de curral curtido) apresentaram as menores médias em diâmetro de colo, diferenciando-se dos tratamentos T1 (COLE) e T4 (70%COLE/30% CAC), tendo o último, apresentado mudas com diâmetros maiores, conforme observa-se na Tabela 34.

Tabela 34 : Parâmetros de crescimento em mudas de Coração de Negro

Tratamento	Altura das mudas (cm)	Diâmetro de colo (cm)	Relação H:D
T1 - 100 ¹	23,11 ab	3,96 a	5,77 a
T2- 90/10	23,05 ab	3,34 abc	6,63 a
T3 -80/20	23,38 a	3,88 ab	6,28 a
T4 - 70/30	21,22 abc	4,24 a	5,11 a
T5- 60/40	18,33 c	3,16 abc	5,77 a
Plantmax	19,55 abc	2,80 bc	6,49 a
Esterco de curral	18,88 bc	2,65 c	7,14 a
F	**	**	NS
D.M.S	4,27	1,14	2,61
CV (%)	14,09	23,12	29,57

¹ COLE /CAC = Composto orgânico de Lodo de esgoto/casca de arroz carbonizada

F = ** Significativo ao nível de 1% de probabilidade

F = NS Não significativo

D.M.S = diferença mínima significativa entre as médias

C.V (%) = Coeficiente de variação expresso em porcentagem

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey (P>0,05)

5.3.4.4 Comprimento da raiz

Os resultados de comprimento de raiz obtidos nos tratamentos e testemunhas do experimento são apresentados na Tabela 35.

O lodo de esgoto compostado com restos vegetais, confere ao substrato uma textura granular grosseira, que pode levar erroneamente a conclusão que este material conferirá ao substrato maior aeração, pois esta condição é alterada com o umedecimento do substrato, o qual expande-se ao absorver água, aumenta seu volume e ocupa espaços livres dentro do recipiente, tornando-se bastante coeso.

O tratamento T1 (100% COLE) obteve a menor média de comprimento de raiz, diferenciando-se significativamente dos tratamentos T2 (90%COLE/10%CAC) e T3 (80%COLE/20%CAÇA) e das testemunhas T6 (Plantmax) e T7 (esterco de curral). O tratamento T3 (80% COLE/20% CAÇA) apresentou a maior média para o comprimento de raiz, demonstrando que a adição de casca de arroz carbonizada nos substratos, promoveu um maior crescimento das raízes até a proporção de 70% COLE/ 30% CAC, conforme mostra o Tabela 35 .

5.3.4.5 Matéria seca da raiz

A Tabela 35 mostra que T3 (80% COLE/20%CAC) também como na análise anterior, obteve a maior média de peso seco de raiz, diferenciando-se dos tratamentos T1 (100% COLE), T5 (60% COLE/40% CAC) e das testemunhas T6(Plantmax) e T7 (Esterco de curral), e confirmando através dos resultados o efeito benéfico da adição da casca de arroz carbonizada na mistura com o composto orgânico de lodo de esgoto .

Apesar da testemunha T6 (Plantmax) ser uma mistura de componentes com alto teor de carbono (resíduos estruturantes), a mesma apresentou o menor valor para matéria seca radicular, demonstrando com a pouco acúmulo de matéria seca de raiz, o desequilíbrio da mistura em relação à quantidade de matéria orgânica.

5.3.4.6 Matéria seca parte aérea

Como se observa na Tabela 35, os tratamentos T1 (100% COLE), T2(90%COLE/10%CAC) e T3 (80%COLE/20%CAC) foram semelhantes estatisticamente e tiveram médias superiores aos demais tratamentos e testemunhas, revelando que a adição da casca de arroz carbonizada nos substratos T4 (70%COLE/30%CAC) e T5 (60%COLE/40%CAC), apresentaram valores inferiores para o parâmetro citado, possivelmente pela redução da matéria orgânica nas misturas.

As testemunhas T6 (Plantmax) e T7 (Esterco de curral) também apresentaram valores menores em peso seco da parte aérea, demonstrando que, tanto a falta de matéria orgânica como o excesso podem atrapalhar o crescimento das mudas. A testemunha T7 (esterco de curral) apresentou deficiência na drenagem do substrato, evidenciando alta capacidade desse material em reter a água disponível, o que pode ter comprometido o desenvolvimento das mudas.

5.3.4.7 Relação matéria seca raiz/matéria seca parte aérea

A relação entre o matéria seca da raiz e da parte aérea deve estar adequada para que a muda apresente um equilíbrio no desenvolvimento da raiz, em relação à parte aérea da mesma. Estudos realizados com mudas de Pinus, revelaram que as mudas tiveram aumento de crescimento e sobrevivência no campo, à medida que os valores da razão aumentaram até 0,6.

Apenas o tratamento T1(100%COLE) apresentou valores de relação matéria seca raiz/matéria seca parte aérea adequados, enquanto que os tratamentos T4 (70%COLE/30%CAC) e T5(60%COLE/40%CAC) e as testemunhas T6 (Plantmax) e T7 (Esterco de curral), apresentaram valores acima do recomendado, revelando um maior desenvolvimento da raiz em relação à parte aérea (Tabela 35)

5.3.4.8 Área foliar

A área foliar das mudas de coração de negro do tratamento T3 (80%COLE/20%CAC) superou todos os tratamentos e as testemunhas, apesar de não apresentar diferença significativa dos tratamentos T1(100% COLE) e T2 (90% COLE/10%CAC) . O tratamento T5 (60%LEC/40%CAC) e as testemunhas T6 (Plantmax) e T7 (Esterco curral) não diferem estatisticamente entre si, e apresentaram os menores valores de área foliar (Tabela 35). Observa-se que a adição da casca de arroz carbonizada nos substratos, promoveu aumento da área foliar das mudas até a proporção 80% COLE/20%CAC.

Tabela 35 : Parâmetros de comprimento de raiz , matéria seca e área foliar em mudas de Coração de Negro.

Tratamento	Comprimento raiz (cm)	Matéria seca da raiz (g)	Matéria seca parte aérea (g)	Relação Matéria seca raiz / matéria seca parte aérea	Área Foliar (cm ²)
T1 - 100 ¹	13,27 b	0,64 bc	1,28 ab	0,52 b	58,97 a
T2 - 90/10	14,50 a	0,98 ab	1,17 abc	0,82 ab	63,83 a
T3- 80/20	14,66 a	1,12 a	1,38 a	0,82 ab	65,66 a
T4- 70/30	14,44 ab	1,00 ab	0,79 bcd	1,62 a	49,53 ab
T5- 60/40	13,88 ab	0,63 bc	0,61 d	0,99 ab	35,80 b
T6- Plantmax	14,50 a	0,48 c	0,97 abcd	1,08 ab	34,64 b
T7- Esterco curral	14,61 a	0,62 bc	0,73 cd	0,87 ab	33,25 b
F	**	**	**	**	**
D.M.S	1,18	0,42	0,51	0,81	21,11
CV%	5,78	27,87	35,78	58,37	30,02

¹ COLE /CAC = Composto orgânico de Lodo de esgoto/casca de arroz carbonizada

F = ** Significativo ao nível de 1% de probabilidade

F = NS Não significativo

D.M.S = diferença mínima significativa entre as médias

C.V (%) = Coeficiente de variação expresso em porcentagem

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey (P>0,05)

5.3.4.9 Extração do torrão

A Tabela 36 representa as notas obtidas na avaliação da retirada das mudas de Coração de Negro dos tubetes, nos tratamentos e testemunhas do experimento.

A qualidade do torrão foi afetada pela quantidade de lodo de esgoto presente no substrato. A extração do tubete foi altamente prejudicada no tratamento T1 (100% COLE), devido ao baixo enraizamento e ao poder de coesão do lodo de esgoto observado nesse tratamento. O tratamento T4 (70%COLE/30%CAC) não apresentou dificuldade no momento da retirada da muda do tubete, apresentando a maior nota.

De forma geral, o aumento na dose de lodo de esgoto, influenciou negativamente na extração do tubete, principalmente nas mudas de coração de negro que apresentaram sistema radicular do tipo pivotante, com poucas e delicadas raízes laterais e secundárias, que acabaram sendo danificadas no momento da extração da muda. Apesar dos tratamentos não diferenciarem estatisticamente entre si, o tratamento T1(100% COLE) apresentou a menor média de nota para extração da muda do tubete (Tabela 36)

Tabela 36: Extração do torrão

Tratamento	Extração do torrão (1,0 – 3,0 - 5,0)
T1 - 100 ¹	1,66 b
T2- 90/10	3,66 ab
T3- 80/20	3,88 ab
T4- 70/30	5,00 a
T5- 60/40	3,88 ab
T6- Plantmax	3,88 ab
T7-Esterco de curral	3,66 ab
F	**
D.M.S	2,33
C.V (%)	44,14

¹ COLE /CAC = Composto orgânico de Lodo de esgoto/casca de arroz carbonizada

F = ** Significativo ao nível de 1% de probabilidade

F = NS Não significativo

D.M.S = diferença mínima significativa entre as médias

C.V (%) = Coeficiente de variação expresso em porcentagem

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey (P>0,05)

A seguir são apresentadas as figuras 27 a 33 que ilustram o aspecto das mudas de Coração de Negro nos tratamentos testados



Fig. 27: Parcela de Coração de Negro, Tratamento 1 (100% COLE)



Fig. 28: Parcela de Coração de Negro, Tratamento 2 (90%COLE/10%CAC)



Fig. 29 : Parcela de Coração de Negro, Tratamento 3 (80%COLE/20%CAC)



Fig. 30 : Parcela de Coração de Negro, Tratamento 4 (70% COLE /30% CAC)



Fig. 31: Parcela de Coração de Negro, Tratamento 5 (60%COLE /40% CAC)



Fig. 32: Parcela de Coração de Negro, Tratamento 6 (Testemunha -Plantmax)



Fig. 33: Parcela de Coração de negro, Tratamento7 (Testemunha-Esterco de curral)

As figuras apresentadas acima , revelam que os tratamentos T1 (100% COLE), T2 (90% COLE/10%CAC), T3 (80%COLE/20% CAC) e a testemunha T7 (Esterco de curral), apresentaram mudas mais altas e com maior quantidade de folhas, em comparação como os tratamentos T4 (70%COLE/30%CAC), T5 (60%COLE/40%CAC) e a testemunha T6 (Plantmax), que apresentou as menores medidas de crescimento e mudas aparentemente deficientes.

5.3.5 Mudanças de Ipê de Jardim

A espécie exótica conhecida vulgarmente como Ipê de jardim , foi plantada nos tratamentos contendo composto orgânico de lodo de esgoto (COLE) e casca de arroz carbonizada (CAC), e após o término da fase de viveiro, foram avaliados os parâmetros de crescimento , apresentados a seguir.

5.3.5.1 Altura das mudas (H)

Na Tabela 37 são apresentados os resultados de altura das mudas de Ipê de Jardim, e pode-se observar que o T3 (80%COLE/20%CAC) foi superior aos tratamentos T1 (100%COLE), T2 (90%COLE/10%CAC) e testemunha T7 (esterco de curral), apesar de não apresentarem diferença estatística entre si.

O T3 (80%COLE/20%CAC) difere estatisticamente dos tratamentos T4 (70%COLE/30%CAC), T5 (60%COLE/40%CAC) e da testemunha T6 (Plantmax), os quais apresentaram as menores médias em altura das mudas .Observa-se que a adição da casca de arroz carbonizada causou efeito positivo no crescimento das mudas até a proporção 80%COLE/20%CAC. A Testemunha T6 (Plantmax) apresentou os menores valores para a altura das mudas.

5.3.5.2 Diâmetro do colo (D)

A Tabela 37 , apresenta os valores médios de diâmetro do colo das mudas de Ipê de Jardim, revelando que o T3 (80%COLE/20%CAC) é superior em diâmetro do colo das mudas, mesmo não diferindo estatisticamente dos tratamento T1 (100%COLE), T2 (90%COLE/10%CAC) e das testemunhas T6 (Plantmax) e T7 (esterco de curral), e apresenta diferença significativa dos tratamentos T4 (70%COLE/30%CAC) e T5 (60%COLE/40%CAC), que apresentaram médias baixas para o parâmetro avaliado, demonstrando que a adição da casca de arroz carbonizada nos substratos promoveu efeito positivo até a proporção 80% COLE/20%CAC.

5.3.5.3 Relação Altura / Diâmetro do Colo (H:D)

A Tabela 37 apresenta os valores para a relação altura da muda e diâmetro de colo , revelando que os tratamentos T1(100%COLE), T2 (90%COLE/10%CAC), T3 ((80%COLE/20%CAC), T4 (70%COLE/30%CAC) e T5 (60%COLE/40%CAC) e as testemunhas T7 (esterco de curral) não diferem estatisticamente entre si. A literatura recomenda que os valores adequados para a relação, devem ser maiores que 5,4 e menores que 8,1.

A testemunha T6 (Plantmax) apresentou o menor valor para a relação, demonstrando pouco crescimento em altura em relação ao diâmetro das mudas (Tabela 3).

Tabela 37 : Parâmetros de crescimento em mudas de Ipê de Jardim

Tratamento	Altura das mudas (cm)	Diâmetro de colo (cm)	Relação Altura/Diâmetro colo
T1- 100 ¹	20,23 a	3,72 abc	5,22 a
T2- 90/10	19,10 ab	3,83 ab	4,94 ab
T3- 80/20	20,93 a	4,19 a	4,86 ab
T4- 70/30	16,30 c	3,00 c	5,57 a
T5- 60/40	16,93 bc	3,20 bc	5,67 a
T6- Plantmax	13,46 d	3,59 abc	3,78 b
T7-Esterco de curral	19,46 a	3,41 abc	5,96 a
F	**	**	**
D.M.S	2,47	0,80	1,33
CV (%)	12,45	20,65	23,54

¹ COLE /CAC = Composto orgânico de Lodo de esgoto/casca de arroz carbonizada

F = ** Significativo ao nível de 1% de probabilidade

F = NS Não significativo

D.M.S = diferença mínima significativa entre as médias

C.V (%) = Coeficiente de variação expresso em porcentagem

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey (P>0,05)

5.3.5.4 Comprimento da raiz

A Tabela 38 , apresenta os resultados do comprimento de raiz das mudas de Ipê de Jardim , revelando que o tratamento T2 (90%COLE/10%CAC) se diferencia estatisticamente dos demais tratamentos e das testemunhas, apresentando a maior média de comprimento de raiz. O restante dos tratamentos e a testemunha T7 (esterco de curral) apresentaram diferença significativa entre si, revelando uma diminuição no tamanho das raízes com má formação das mesmas. O testemunha T6 (Plantmax) apresentou a menor média para o comprimento de raiz.

5.3.5.5 Matéria seca da raiz

O tratamento T2 (90%COLE/10%CAC), obteve a maior média em peso seco de raiz e apresentou diferença significativa dos tratamentos T3 (80%COLE/20%CAC) e T4 (70%COLE/30%CAC) e da testemunha T6 (Plantmax).

O pouco acúmulo de matéria seca de raiz, é consequência da má formação do sistema radicular nos substratos (Tabela 38).

5.3.5.6 Matéria seca da parte aérea

Os resultados apresentados na Tabela 38 , revelam que o desenvolvimento da parte aérea das mudas foi superior no tratamento T3 (80%COLE/20%CAC) e na testemunha T7 (esterco de curral) , os quais não apresentaram diferença estatística dos tratamentos T1 (100% COLE) e T2 (90%COÇLE/10%CAÇA).

Os tratamentos T5 (60%COLE/40%CAC), T4(70%COLE/30% CAC) e a testemunha T6 (Plantmax) obtiveram as menores médias em peso seco da parte aérea, revelando que o aumento da porcentagem de casca de arroz carbonizada nos substratos reduz o crescimento da parte aérea das mudas. A testemunha T6 (Plantmax) apresentou a menor média de peso seco da parte aérea.

5.3.5.7 Relação matéria seca da raiz / matéria seca da parte aérea

A Tabela 38 apresenta os resultados da relação matéria seca da raiz e matéria seca da parte aérea. A espécie conhecida vulgarmente pelo nome de Ipê de Jardim apresenta um sistema radicular formado por uma raiz pivotante pouco desenvolvido e com poucas raízes laterais, finas e quebradiças. A recomendação de valor adequado para a relação R:A está em entre 0,20 a 0,60, segundo a literatura.

Todos os tratamentos apresentaram valores para a relação considerados adequados , e o tratamento T2 (90%COLE/10%CAC) apresentou a maior média para o parâmetro avaliado , seguido pelos tratamentos T4 (70%COLE/30% CAC), T5 (60%COLE/40%CAC) e das testemunhas T6 (Plantmax) e T7 (esterco de curral). Os tratamentos T1 (100%COLE) e T3 (80%COLE/20%CAC) apresentaram valores mais baixos para a relação, revelando o pouco desenvolvimento do sistema radicular.

Tabela 38 : Parâmetros de crescimento e matéria seca em mudas de Ipê de Jardim

Tratamento	Comprimento raiz (cm)	Peso seco raiz (g)	Peso seco parte aérea (g)	Relação peso seco raiz / peso seco parte aérea
T1- 100 ¹	10,83 b	0,27 abc	0,96 ab	0,26 b
T2- 90/10	15,36 a	0,39 a	0,84 abc	0,45 a
T3- 80/20	8,5 bc	0,24 bc	1,04 a	0,25 b
T4- 70/30	11,03 b	0,19 c	0,58 c	0,33 ab
T5- 60/40	10,53 b	0,26 abc	0,67 bc	0,39 ab
T6- Plantmax	7,93 c	0,20 c	0,54 c	0,41 ab
T7-Esterco de curral	9,20 bc	0,36 ab	1,04 a	0,42 ab
F	**	**	**	**
D.M.S	2,53	0,14	0,31	0,19
CV (%)	22,00	47,40	34,89	47,91

¹ COLE /CAC = Composto orgânico de Lodo de esgoto/casca de arroz carbonizada

F = ** Significativo ao nível de 1% de probabilidade

F = NS Não significativo

D.M.S = diferença mínima significativa entre as médias

C.V (%) = Coeficiente de variação expresso em porcentagem

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey (P>0,05)

5.3.5.8 Área Foliar

A Tabela 39 , apresenta os valores para o parâmetro área foliar das mudas de Ipê de jardim, nos tratamentos e testemunhas do experimento. A testemunha T7 (esterco de curral) e o tratamento T5 (60%COLE/40%CAC), seguido pelo tratamento T1 (100%COLE), obtiveram as melhores médias para área foliar, diferenciando-se estatisticamente dos tratamentos T3 (80%COLE/20%CAC), T2 (90%COLE/10%CAC), T4 (70%COLE/30%CAC) e da testemunha T6 (Plantmax).A testemunha T6 (Plantmax) apresentou a média mais baixa para o parâmetro área foliar.

5.3.5.9 Extração do torrão

Observa-se pela Tabela 39, que o tratamento T2 (90%COLE/10%CAC) apresentou a maior média de nota estipulada para a análise do parâmetro extração da muda do tubete, revelando uma facilidade maior em retirar a muda do recipiente, sem causar injúrias à mesma. Os tratamentos T1 (100%COLE), T3(80%COLDE/20%CAC), T4 (70%COLE/30%CAC) e T5 (60%COLE/40%CAC) apresentaram dificuldade de extração da muda do tubete, demonstrando que as doses mais elevadas de composto orgânico de lodo de esgoto, provoca efeito negativo no desenvolvimento radicular e conseqüentemente na retirada da muda do recipiente.

Tabela 39 : Área Foliar e extração de torrão de mudas de Ipê de Jardim

Tratamento	Área Foliar (cm ²)	Extração do torrão (1,0 – 3,0 – 5,0)
100 ¹	26,95 ab	1,80 c
90/10	24,08 bc	4,46 a
80/20	24,33 bc	1,66 c
70/30	19,73 cd	3,00 abc
60/40	30,31 a	2,06 bc
Plantmax	16,05 d	3,13 ab
Esterco de curral	31,78 a	3,93 ab
F	**	**
D.M.S	5,15	1,88
C.V (%)	18,94	59,91

¹ COLE /CAC = Composto orgânico de Lodo de esgoto/casca de arroz carbonizada

F = ** Significativo ao nível de 1% de probabilidade

F = NS Não significativo

D.M.S = diferença mínima significativa entre as médias

C.V (%) = Coeficiente de variação expresso em porcentagem

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey (P>0,05)

As figuras 34 a 40 apresentadas a seguir mostram o aspecto vegetativo das mudas de Ipê de jardim nos tratamentos.



Fig.34 : Parcela de Ipê de Jardim, Tratamento 1 (100% COLE)



Fig. 35: Parcela de Ipê de Jardim, Tratamento 2 (90%COLE/10%CAC)



Fig. 36: Parcela de Ipê de Jardim, Tratamento 3 (80%COLE/20%CAC)



Fig. 37: Parcela de Ipê de jardim, Tratamento 4 (70%COLE/30%CAC)



Fig. 38: Parcela de Ipê de Jardim, Tratamento 5 (60%COLE/40%CAC)



Fig. 39: Parcela de Ipê de Jardim, Tratamento 6 (Plantmax)



Fig. 40 : Parcela de Ipê de jardim, Tratamento 7 (Testemunha –Esterco de curral)

Observando as figuras , nota-se que os tratamentos T1 (100%COLE), T2 (90%COLE/10%CAC) e T3 (80%COLE/20%CAC) e a testemunha T7 (Esterco de curral), apresentaram mudas mais altas e com maior quantidade de folhas , em comparação com os tratamentos T4 (70%COLE/30%CAC) e T5 (60%COLE/40%CAC) e a testemunha T6 (Plantmax)

7.CONCLUSÕES

A caracterização microbiológica e parasitológica do composto orgânico de lodo de esgoto (COLE), revelou que a compostagem promoveu a desinfecção do lodo de esgoto, tornando-o viável para a produção de essências florestais

A caracterização química do composto orgânico de lodo de esgoto (COLE) apresentou resultados adequados quanto ao teor de matéria orgânica , nitrogênio e fósforo, mostrando que houve a decomposição da matéria orgânica e mineralização de alguns nutrientes considerados essenciais para as plantas.

A caracterização física dos substratos revelou que, as proporções que variam de 100 a 60% de composto orgânico de lodo de esgoto (COLE), apresentaram os resultados mais adequados para o desenvolvimento das mudas de árvores nativas e exóticas.

A espécie Ingá apresentou melhores resultados quando cultivada nos tratamentos com proporções que variam de 80 a 90% de COLE e a caracterização nutricional das mudas revelou que os tratamentos contendo doses de COLE de 70 a 100% apresentaram maior acúmulo de nutrientes nas folhas.

As mudas de Mirindiba rosa apresentaram melhores resultados quando cultivadas nos tratamentos com proporções de 100 a 80 % de COLE.

A espécie Coração de negro apresentou melhores resultados quando cultivada no tratamento com proporção de 80 % de COLE.

A espécie Ipê de jardim apresentou melhores resultados quando cultivada nos tratamentos com proporções de 90 a 70% de COLE.

O uso do Composto Orgânico de Lodo de Esgoto (COLE) como componente de substratos é uma alternativa viável para reaproveitamento do resíduo, visto a economia de insumos e a qualidade na produção das mudas , além do benefício ambiental.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADRIANO, D.C. Trace elements in the terrestrial environment. New York: Springer-Verlag, 1986.533p.

AISSE, M.N.; VAN HAANDEL, A C.; VON SPERLING, M. CAMPOS, J.R.; CORAUCCI FILHO, B; ALEM SOBRINHO, P. Tratamento e Destino Final do Lodo Gerado em Reatores Anaeróbios. In: CAMPOS, J.R. Alternativas para Tratamento de Esgotos. Pré – Tratamento de Águas para Abastecimento. Americana : consórcio Intermunicipal das Bacias dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí, n.9, p.271-299, 1994.

ALVES, W.L., PASSONI, A.A. Composto e vermicomposto de lixo urbano na produção de mudas de oiti (*Licania tomentosa* (Benthii)) para arborização. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 32, n. 10, p. 1053-58, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL – ABES. Programa de Pesquisa em Saneamento Básico. Manual Prático para Compostagem de Biossólidos. Rio de Janeiro, 1999.

ANDRÉ, E.M. Metais pesados em solo adubado com lodo de esgoto. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 23, 1996, Águas de Lindóia. Anais...Piracicaba: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1996.(cd-rom).

ANDREOLI, C. V. Uso e Manejo de Lodos na Agricultura. Rio de Janeiro: ABES, 97 p.,1999.

BALLEY, D.A.; FONTENO W.C.; NELSON, P.V. Greenhouse substrates and fertilization. RALEIGH: North Carolina State University, 2000a. Disponível em <<http://www.ces.nesu.edu/depts./hort/floriculture/plugs/ghsubfert.pdf> > .

BALLEY, D.A.; FONTENO W.C.; NELSON, P.V. Substrates pH and water quality. Raleigh : North Carolina State University, 2000b. Disponível em < <http://www.ces.nesu.edu/depts./hort/floriculture/plugs/ph.pdf> > .

BARBOSA, L.M.; ASPERTI, L.M.; SANTOS, M.R.O. Estudo comparativo do comportamento de comunidades florestais implantadas com espécies nativas em três modelos de plantio. In: Simpósio Nacional de Recuperação de Áreas degradadas, 3. Anais...São Paulo, 1997.p.377-383.

BARBOSA, L.M. CUNHA, M.A R GANZELLI, P. MANTOVANI W. OGWA, H.Y.UEHARA, H. Recuperação de áreas degradadas : Relato de legislação pertinente. In: workshop Recuperação de áreas degradadas da Serra do mar e Formações Florestais.

BARBOSA, L.M.Simpósio sobre Mata Ciliar: Anais. Campinas. Fundação Cargill, 1989. .335p.

BERTON, R.S., CAMARGO, O. A .,VALADARES, J.M.AS.Absorção de nutrientes pelo milho em resposta à adição de lodo de esgoto a cinco solos paulistas. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.13, p.187-92, 1989.

BETTIOL, W., AUER, C.G.,KRUNER, T.L., PREZOTO, M.E.M., Influência de lodo de esgoto e de acículas de pinus na formação da ectomicorrizas em mudas de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* pelos fungos *Pisolithus tinctorius* e *Thelephora terrestris*, IPEF, n.34, p.41-6, 1986.

BORBA & BRUNE .Enraizamento de estacas de Eucalyptus: um mito desfeito.In: Nutrição e Fertilização Florestal.Piracicaba, 2000,p.310-346.

BUDOWSKI, G.Distribution of tropical american rain forest species in the light of successional processes. Turrialba, 15: 40-42, 1965.

CAMPINHOS Jr, E., IKEMORI, Y.K., MARTINS, F.C.G. Determinação do meio de crescimento mais adequado à formação de mudas de *Eucalyptus spp.* (estaca e semente) e *Pinus spp.* (sementes) em recipientes plásticos rígidos. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL: MÉTODOS DE PRODUÇÃO E CONTROLE DE QUALIDADE DE SEMENTES E MUDAS FLORESTAIS, 1, 1984, Curitiba, Resumos...Curitiba: Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná, 1984, p.350-63.

CARNEIRO, J. G. A Produção e controle de qualidade de mudas florestais. Curitiba : UFPR/UPEF; Campos; UENF, 1995.145p.

CARVALHO,P.C.T.; BARRAL, M.F.Aplicação do Lodo de Esgoto como fertilizante. Fertilizantes. São Paulo, v.3, n.2.(1981).

CASSINI, S.T.; (Coord.). Digestão de Resíduos Sólidos Orgânicos e Aproveitamento de Biogás. Rio de janeiro: ABES, p. 11 – 52, 2003.

CRIPPS, R.W.; MATOCHA, J.E. Effect of sewage sludge application to ameliorate iron deficiency of grain sorghum. Communications in Soil Science and Plant Analysis, New York, v.22, p.1931-1940, 1991.

CUNNINGHAM, J.D.; KEENEY, D. R.;RYAN, J. A . Yield and composition of crop and rye grown on sewage amended soil . Journal of Environmental Quality, Madison, v.4, p.448-454, 1975.

CONAMA- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – RESOLUÇÃO Nº 375 . Critérios e procedimentos para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados. . São Paulo, Agosto (2006).

CORDELL, C.E., FILER JR, T.H. Integrated nursery pest management. In: Southern pine handbook. (S.I.): USDA. Forest Service, Southern Region, 1984, p.1-17.

DIAS, F.L.F. Efeito da aplicação de calcário, lodo de esgoto e vinhaça em solo cultivado com sorgo granífero (*Sorghum bicolor*) . Jaboticabal: FCAV/UNESP, 1994, 74p. Trabalho de Graduação.

DECAMPS, H.; NAIMAN, R. J. Towards and Ecotone Perspective. In: NAIMAN, R. J.; DECAMPS, H. (eds). The ecology and management of aquatic – terrestrial ecotones. UNESCO & PARTHENON. Publishing Group, 1990. V.4, p 1-6 ,MAB series.

DURIGAN, G.; MELLO, A C. G. M.; CONTIÉRI, W.A. Manual para recuperação de matas ciliares do oeste paulista. São Paulo: Páginas e Letras, 2001. 16p.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Standards for the use or disposal of sewage sludge : 40 CFR Parts 403 and 503. Washington : EPA, 25p., 1995 b.

FERMINO, M.H. Aproveitamento de Resíduos Industriais e Agrícolas como Alternativa de Substratos Agrícolas, 1996, 90f. Dissertação (Mestrado em fitotecnia) – Programa de Pós Graduação em Agronomia. Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1996.

FERNANDES, F. et al. Aperfeiçoamento de Tecnologia de Compostagem e Controle de patógenos. SANARE, Curitiba – Sanepar, v.5, nº 5, p 36-45, 1996.

FERNANDES, F. Estabilização e Higienização de Biossólidos. In: BETIOL, W.; CAMARGO, O .A (Ed.). Impacto Ambiental do Uso Agrícola do lodo de Esgoto. Jaguariúna : Embrapa, p. 45-68, 2000.

FONTENO W.C. Growing media: lypes and physical/chemical properties . In: REED, DW. (ed) A Growers Guide to Water, Media, and Nutrition for Greeuhouse Crops. Batavia: Ball, 1996. p.93-122.

GONÇALVES, J.L.M., POGGIANI, F. Substratos para produção de mudas florestais. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIAS DO SOLO, 13, Águas de Lindóia, 1996. Resumos...Piracicaba: Sociedade Latino Americana de Ciências o Solo, 1996. (cd-rom).

GONÇALVES, J.L.M.Conservação e Cultivo de Solos para Plantações Florestais.Piracicaba, IPEF,2002.cap.1, p.3-45.

GONÇALVES, J.L.M, SANTARELLI E.G., NETO,S.P.M, MANARA M.P., Nutrição e Fertilização Florestal . Piracicaba, IPEF, 2000. cap. 11, p.310-346.

HANDRECK, K; BLACK, N. Growing media for ornamental plants and turf. Sydney University of New South Wales Press, 1999, 448p.

HATTARI, F.H., BROADVENT, F.E., Influence of. trace metals on some soil nitrogen transformations. journal of Environmental Quality, v.11, p.1-4, 1991.

HENRY, C.L., COLE, D.W., HARRISON, R.B. Use of. municipal sludge to restore and improve site productivity in forest: The pack forest sludge research program. Forest Ecology and Manegement, v.66, p.137-49, 1994.

JOLY, C. A Ecotones at the River Basin Scale Global Land/Water Interactions. In: Jensen, A (ed) Procudings of Ecotones Regional Workshop Austrália, 1992. UNESCO Ecotones Research Project, 1994. P.40-66.

JORGE, J.A., CAMARGO, O.A., VALADARES, J.M.A.S. Condições físicas de um Latossolo vermelho – escuro quatro anos após aplicação de lodo de esgoto e calcário. Revista Brasileira de Ciências do Solo, v.15, p.237-40, 1991.

KABATA-PENDIAS, A. PENDIAS, H. Trace elements in soils and plants. Boca Raton: cRc Press, 1985. 315p.

KAGEYAMA, P. Y.; FREIXÊDAS, V.M.; GERES, W.L. A; DIAS, J.H.P.; CBORGES, A S. Consórcio de espécies nativas de diferentes grupos sucessionais em Teodoro Sampaio, SP. Revista Instituto Florestal, São Paulo, v.4, n.2, p.527-533, 1992.

KÄMPF, A. N. Substrato. In: KÄMPF, A.N (Coord.). Produção comercial de plantas ornamentais. Guaíba; Agropecuária, 2000^a. 254p.

KIEHL, E. J. Manual de Compostagem : maturação e qualidade do composto. Editado pelo autor. Piracicaba, 1998.

KIEHL, E. J. Fertilizantes Orgânicos. Editora Agronômica Ceres. Piracicaba, 492 p. 229-339.(1985)

KUTER, G. A (Coordenador). Biosolids composting. Water Environmental Federation, Alexandria, VA, 187 p., 1995.

LUDUVICE, M. Gestão de bio sólidos e o Mercosul. In: SEMINÁRIO SOBRE GERENCIAMENTO DE BIODÓLIDOS DO MERCOSUL, 1, 1998. Anais... Curitiba, ABES, 1998.p.9-10.

MAIA, C.M.B.F., Uso de casca de Pinus e lodo biológico como substrato para a produção de mudas de Pinus taeda. Boletim de Pesquisa Florestal, n.39, p.81-92, 1999.

MELFI, A.J., MONTES,C.R., Impacto dos bio sólidos sobre o solo. In: BIODÓLIDOS NA AGRICULTURA, Capítulo 9. SABESP , São Paulo (2001).

MELO, W.J., MARQUES, M.O., SANTIAGO, G., CHELI, 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, v.18, p.449-55, 1994.

MEXAL, J., DOUGHERTY, P.M. Growth of loblolly pine seedlings IV. Performance in a simulated drought environment. Weyerhaeuser Tech Report.: 050-1422/6.26p.1981.

MORAES NETO, S.P.de, GONÇALVES, J.L. de 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, v.25, n.3, p.277-287, 2001.

MORAIS, S.M.de J., ATAÍDE, P.R.V. de, GARCIA, D.C., KURTIZ, F.C., OLIVEIRA, O. dos S., WAZLAWICK, L.F., Uso do lodo de esgoto da Corsan – Santa Maria (RS), comparado com outros substratos orgânicos. Sanare, v.6, n.6, p.44-9, 1997.

PETRUZZELLI, G.; LUBRANO, L.; GUIDI, G. Heavy metal extractability. Biocycle, Emmaus, v.26, n.8, p.46-48, 1985.

ROE, N.E., STOFFELLA, P.J., GRAETZ, D. Composts from various municipal solid waste feedstocks affect vegetable crops. I. Emergence and seedling growth. Journal of American Society for Horticultural Science, v. 122, n.3, p.427-32, 1997.

ROSA JÚNIOR, 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 de Ciências Agrárias, v.1, n.2, p.18-22, 1998.

SARSI, I., ABREU, M.F. de, VILLAS BOAS, R.L. Uso de soluções quosas na determinação elétrica e do potencial hidrogeniônico em substratos e componentes. Botucatu: Faculdade de Ciências Agrônomicas-UNESP. 2000. 18p (Relatório de Estágio).

SARRUGE & HAAG. O Uso Agrícola do biossólido e as propriedades do solo. In: BIOSSÓLIDO NA AGRICULTURA, Capítulo 11, SABESP, São Paulo, 2001.

SILVA, F.C. da, BOARETTO, A.E., BERTON, R.S., ZOTELLI, H.B., PEXE, C.A., MENDONÇA, E. Cana – de – açúcar cultivada em solo adubado com lodo de esgoto. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.33, n.1, p.1-8, 1998.

SILVA, M. R. da. Caracterização morfológica, fisiológica e nutricional de mudas de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden submetidas a diferentes níveis de estresse hídrico. Curitiba, 1998. 105p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal/Silvicultura) Universidade Federal do Paraná.

STRAUS, E. L. Normas da Utilização de Lodos de Esgoto na Agricultura. In: BETTIOL, W.; CAMARGO, O . A. Impacto Ambiental do Uso Agrícola do Lodo de Esgoto. Jaguariúna: EMBRAPA Meio Ambiente, p.215-224, 2000.

STRINGHETA, A.C.O., MARTINEZ, H.P., CARDOSO, A.A, FONTTES, L.E.F. Teor de macronutrientes em folhas de crisântemo, cultivado em substratos contendo composto de lixo urbano e casca de arroz carbonizada. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FLORICULTURA E PLANTAS ORNAMENTAIS, 12, 1999, Jaboticabal. Resumos... Jaboticabal: sociedade Brasileira de Floricultura e Plantas Ornamentais, 1999.p.71.

TEDESCO, N., CALDEIRA, M.V.W., SCHUMACHER, M.V. Influência do vermicomposto na produção de mudas de Caroba (*J. micrantha* Chamisso). Revista árvore, v.23, n.1, p.1-8, 1999.

TRIGUEIRO, R. M. Uso de biossólidos como substrato para produção de mudas de pinus e eucalipto. Dissertação de mestrado . Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu, 2002.

TSUTIYA, M.T. Alternativas de Disposição Final de Bio sólidos. In: Bio sólidos na Agricultura. Capítulo 5. SABESP, São Paulo (2001).

TSUTIYA, M.T. Características de Bio sólidos. In: Bio sólidos na Agricultura. Capítulo 4. SABESP, São Paulo (2001).

U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. A guide to the biosolids risk assessments for the EPA Part 503 Rule. EPA/832 – B –93-005. Office of wastewater management .Washington D>C. 1993. 144p.

WATER ENVIRONMENT FEDERATION. Operation of Municipal wastewater treatment plants – Manual of Practice MOP 11. Fifth Edition, Alexandria, Volume 3 (32): 1143-1156(1996).

VALERI & CORRADINI, L. Fertilização em viveiro para produção de mudas de Eucalyptus e Pinus. In: GONÇALVES , J.L.M & BENEDETTI, V. Nutrição e fertilização florestal. Piracicaba, IPEF, 2000.p.168-90.

VANZO, J.E., MACEDO, L.S., TSUTIYA, M.T. Registros da produção de bio sólidos. O caso da ETE de Franca. In: TSUTIYA, M.T, COMPARINI, J.B, ALEM SOBRINHO, P., HESPANHOL, L., CARVALHO, P. de C.T. de, MELFI, A J., MELO., W.J. de, MARQUES, M.O. Bio sólidos na Agricultura. São Paulo: SABESP, 2001.p.227-42.

ZANI FILHO & BALLONI . Enraizamento de estacas de Eucalyptus: Efeitos do substrato e do horário de coleta do material vegetativo. In : Nutrição e Fertilização Florestal.Piracicaba, IPEF,2000.p.310-346.