

RAQUEL OLIVEIRA BATISTA

**PRODUÇÃO E NUTRIÇÃO MINERAL DE MUDAS DE *Eucalyptus urophylla*
FERTIRRIGADAS COM ÁGUA RESIDUÁRIA DA SUINOCULTURA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2010

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV

T

B333p
2010

Batista, Raquel Oliveira, 1981-

Produção e nutrição mineral de mudas de
Eucalyptus urophylla fertirrigadas com água residuária
da suinocultura / Raquel Oliveira Batista. – Viçosa, MG,
2010.

xii, 101f. : il. (algumas col.) ; 29cm.

Inclui apêndice.

Orientador: Mauro Aparecido Martinez.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f. 83-94.

1. Irrigação com águas residuais. 2. Resíduos orgânicos
como fertilizantes. 3. Eucalipto - Aspectos nutricionais.

4. Suíno - Criação. I. Universidade Federal de Viçosa.

II. Título.

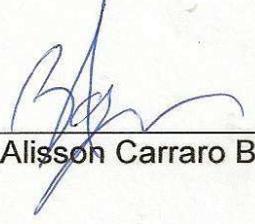
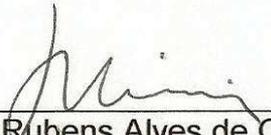
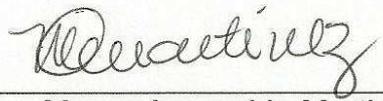
CDD 22.ed. 631.587

RAQUEL OLIVEIRA BATISTA

**PRODUÇÃO E NUTRIÇÃO MINERAL DE MUDAS DE *Eucalyptus urophylla*
FERTIRRIGADAS COM ÁGUA RESIDUÁRIA DA SUINOCULTURA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 26 de fevereiro de 2010.

 _____ Paulo Roberto Cecon	 _____ Alisson Carraro Borges
 _____ Rubens Alves de Oliveira	 _____ Haroldo Nogueira de Paiva (Coorientador)
 _____ Mauro Aparecido Martinez (Orientador)	

À minha amada mãe Teresinha,
fonte de amor, de carinho, de garra e de dedicação.

À minha querida família: Teresinha, Jorge,
Rafael e Rosana, pelo apoio e pela confiança.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela oportunidade de contemplar mais uma conquista.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), pela concessão da bolsa de estudos.

À Universidade Federal de Viçosa (UFV) e ao Departamento de Engenharia Agrícola (DEA), pela oportunidade de aperfeiçoamento.

Ao professor Mauro Aparecido Martinez, pela amizade, pela confiança e pela orientação.

Aos professores Haroldo Nogueira de Paiva, Antônio Teixeira de Matos e Paulo Roberto Cecon, pelo aconselhamento e pela colaboração.

Ao professor Antônio Cláudio Davide, pela amizade e pela orientação em pesquisas relacionadas à produção de mudas de espécies florestais.

À minha família, pelo companheirismo, pelo carinho e pelo amor proporcionados durante todos esses anos. À minha mãe Teresinha, pelos inúmeros incentivos de coragem e pela determinação, que me proporcionaram força para encarar com sabedoria as fases da vida. Ao meu irmão Rafael, pelas palavras de sabedoria e pelo apoio nos momentos difíceis. À minha irmã Rosana, pelos gestos de carinho; e ao meu pai Jorge, pela demonstração de amor.

Aos pós-graduandos do curso: Márcia, Gustavo, Caio, Ednaldo, Júlio, Abrahão, Júnior, Breno, Dani, Júnior, Hugo, Joselma, Roberta, Fabrício e Antover, pela amizade e pelo convívio durante o curso.

Aos companheiros de pesquisa: Flávia, João Zonta, Marcelo, Danilo, Donizete e Débora, pela amizade e pela colaboração nos trabalhos.

À grande amiga Daniele, pela amizade, pelo companheirismo e pelos inúmeros gestos de amor e carinho.

A Alessandro, pelo incentivo, pelo carinho, pela amizade e pelas orações de proteção.

Ao laboratorista Simão, do Departamento de Engenharia Agrícola, pela colaboração nas análises químicas.

Aos laboratoristas José Alberto Cardoso e José Roberto Valente, do Laboratório de Análise de Planta, Antônio Carlos Alves Pinto, do Laboratório de Espectrofotometria Molecular e Atômica, José Braz Júlio, do Laboratório de Matéria Orgânica e Resíduos, todos pertencentes ao Departamento de Solos, pelo auxílio nas análises químicas.

Aos estagiários Mariana e Luís Gustavo, do Departamento de Engenharia Agrícola, pela dedicação e pela colaboração durante a coleta de dados.

Aos funcionários do Departamento de Engenharia Agrícola da UFV, Francisco, Eduardo e Ataíde, pela presteza na montagem da área experimental e na coleta de dados.

Aos membros da banca examinadora, pela valiosa contribuição na dissertação.

Aos colegas de curso, pelo convívio e pelo apoio. Enfim, a todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para a execução deste valioso trabalho.

BIOGRAFIA

RAQUEL OLIVEIRA BATISTA, filha de Teresinha Oliveira Batista e Jorge Luiz Batista, nasceu em Brasília, DF, em 13 de maio de 1981.

Em 1996, iniciou o curso Técnico em Agropecuária no Colégio Agrícola Antônio Versiani Athayde, do Núcleo de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), em Montes Claros, MG, concluindo-o em dezembro de 1998.

Em 2003, matriculou-se no curso de Engenharia Florestal da Universidade Federal do Vale de Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM), em Diamantina, MG, no qual desenvolveu atividades por um ano.

Em 2004, matriculou-se no Curso de Agronomia da Universidade Federal de Lavras (UFLA), em Lavras, MG, graduando-se em fevereiro de 2008.

Em março de 2008, iniciou o Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa (UFV), em nível de Mestrado, na área de concentração em Recursos Hídricos e Ambientais, submetendo-se à defesa da tese em fevereiro de 2010.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	ix
ABSTRACT	xi
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1. A suinocultura	3
2.1.1. Água residuária da suinocultura	5
2.1.2. Legislação e riscos ambientais	6
2.1.3. Tratamento e disposição final de dejetos	9
2.2. <i>Eucalyptus</i> sp	12
2.2.1. Importância do gênero e da espécie estudada	12
2.2.2. Produção de mudas	14
2.2.2.1. Substrato	14
2.2.2.2. Fertilizantes	16
2.2.2.3. Irrigação	17

	Página
2.3. Qualidade das mudas	18
2.4. Avaliação do estado nutricional das mudas	20
3. MATERIAL E MÉTODOS	22
3.1. Localização e condução do experimento	22
3.2. Tratamento e caracterização da ARS	23
3.2.1. Análises físicas e químicas da ARS	24
3.2.2. Determinação da dose de aplicação	25
3.3. Produção das mudas	25
3.4. Delineamento experimental	31
3.5. Características avaliadas	33
3.6. Análise dos dados	34
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
4.1. Substrato à base de casca de Pinus (SCP)	37
4.1.1. Características morfológicas das mudas	37
4.1.2. Avaliação do estado nutricional das mudas	43
4.1.2.1. Concentrações de macronutrientes na folha, no caule e na raiz	43
4.1.2.2. Concentrações de micronutrientes na folha, no caule e na raiz	55
4.2. Substrato composto por resíduos sólidos urbanos (SRSU)	65
4.2.1. Características morfológicas das mudas	65
4.2.2. Avaliação do estado nutricional das mudas	70
4.2.2.1. Concentrações de macronutrientes na folha, no caule e na raiz	70
4.2.2.2. Concentrações de micronutrientes na folha, no caule e na raiz	75

	Página
5. CONCLUSÕES	81
REFERÊNCIAS	83
APÊNDICES	95
APÊNDICE A – Substrato comercial	96
APÊNDICE B – Composto de resíduos sólidos urbanos	99

RESUMO

BATISTA, Raquel Oliveira, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2010. **Produção e nutrição mineral de mudas de *Eucalyptus urophylla* fertirrigadas com água residuária da suinocultura.** Orientador: Mauro Aparecido Martinez. Coorientadores: Antônio Teixeira de Matos e Haroldo Nogueira de Paiva.

Este trabalho teve como objetivo analisar a utilização da água residuária da suinocultura na produção de mudas de *Eucalyptus urophylla*, em dois substratos, isoladamente, avaliando-se o efeito de diferentes proporções de ARS e idades das mudas na sua qualidade morfológica e nutricional. O experimento foi instalado na Área Experimental de Hidráulica, Irrigação e Drenagem, do Departamento de Engenharia Agrícola, em casa de vegetação. O experimento foi composto por 10 tratamentos em um esquema fatorial 5 x 2 (5 proporções de ARS complementadas com adubação nitrogenada de cobertura e 2 idades das mudas), com número de repetições diferentes, e o delineamento estatístico utilizado foi o em blocos casualizados. Os substratos utilizados foram o Mecplant®, substrato à base de casca de pinus (SCP), e um composto de resíduos sólidos urbanos (SRSU). Para acompanhar o desempenho das mudas da espécie estudada, foram avaliadas as seguintes características: altura da parte aérea (H), diâmetro do coleto (DC), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR), massa seca total (MST),

relação da altura da muda/diâmetro do coleto (H/DC), relação da massa seca da parte aérea/massa seca da raiz (MSPA/MSR) e o índice de qualidade de Dickson (IQD). Foram analisadas as concentrações de N, P, K, S, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn, Mn e Na na folha, no caule e na raiz das plantas. Essas características foram avaliadas aos 75 e 90 dias após a semeadura (DAS). Os resultados obtidos permitiram concluir que a proporção correspondente a 50% de ARS é a que resulta em melhores características morfológicas e nutricionais das mudas de eucalipto, com bom aproveitamento do dejetos líquido durante o processo de produção. Para os dois substratos, as mudas alcançaram características morfológicas adequadas ao plantio no campo aos 90 dias após a semeadura. No SCP, a maioria dos nutrientes avaliados nas mudas aos 75 DAS apresentou maiores concentrações quando comparada aos 90 DAS. Nas duas idades das mudas, verifica-se um bom estado nutricional das mesmas, pois não apresentaram concentrações que indicassem deficiência e toxicidade. No SRSU, as mudas apresentaram teores adequados para a maioria dos nutrientes nas duas idades avaliadas.

ABSTRACT

BATISTA, Raquel Oliveira, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, February, 2010. **Seedlings production and mineral nutrition of *Eucalyptus urophylla* fertigated with remaining wastewater from swine.** Adviser: Mauro Aparecido Martinez. Co-advisers: Antônio Teixeira de Matos and Haroldo Nogueira de Paiva.

This study aimed to analyze the remaining wastewater from swine culture (RWS) use in the seedlings production of *Eucalyptus urophylla* in two substrates alone, evaluating the effect of RWS different proportions and seedlings ages in their morphological quality and nutritional. The experiment was carried out at the Hydraulics Experimental Area, Irrigation and Drainage, Department of Agricultural Engineering in greenhouse. The experiment consisted of 10 treatments in a factorial 5 x 2 (5 RWS proportions supplemented with nitrogen fertilization and two seedlings ages), with different number of repetitions, and the statistical used design was a randomized block. The used substrates were Mecplant®, pine bark substrate (PBS) and an urban municipal solid waste compound (MSW). To track the performance of studied species seedlings, the following characteristics were evaluated: 1. shoot height (H), 2. collar diameter (CD), 3. shoot dry mass (SDM), 4. root dry mass (RDM), 5. total dry mass (TDM), 6. seedling height relationship/stem diameter (H/SD), 7. shoot dry mass ratio/root dry mass (SDM/RDM), 8. and Dickson quality index

(DQI). We analyzed the concentrations of N, P, K, S, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn, Mn, and Na in the plants leaf, stem and roots. These characteristics were evaluated at 75 and 90 days after sowing (DAS). It is showed that the proportion of 50% of RWS brings results in better nutritional and morphological characteristics of eucalyptus seedlings, with good use of slurry during the production process. For both substrates, the seedlings reached morphological characteristics suitable for field planting to 90 days after sowing. In PBS, the most nutrients in the seedlings at 75 DAS showed higher concentrations compared to 90 DAS. In both seedling ages, there is a good nutritional status, because they did not have concentrations that would indicate deficiency and toxicity. In MSW, the seedlings showed levels adequate for most nutrients in boths evaluated ages.

1. INTRODUÇÃO

O destino final de resíduos gerados por indústrias e agroindústrias é atualmente uma preocupação da sociedade, uma vez que, se manejados de forma inadequada, podem provocar sérios impactos ao meio ambiente. O confinamento de suínos destaca-se como grande gerador de águas residuárias, quando comparado com o de outros animais. Segundo Matos (2007), pode-se considerar que a quantidade de águas residuárias produzidas na suinocultura gire em torno de 5 a 10 L suíno⁻¹ d⁻¹.

O Brasil possui o quarto maior plantel, com um rebanho superior a 37 milhões de suínos (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA PRODUTORA E EXPORTADORA DE CARNE SUÍNA – ABIPECS, 2009). Com essa demanda, há também elevada produção de efluentes que podem ocasionar poluição de grande magnitude, devido à existência de alta carga poluente. Em vista disso, torna-se necessário o desenvolvimento de técnicas para uso alternativo da água residuária da suinocultura (ARS) no Brasil, tendo como meta proporcionar um destino final ambientalmente correto para esses resíduos.

As principais manifestações de degradação ambiental decorrentes da atividade da suinocultura são a contaminação de águas superficiais e subterrâneas por compostos orgânicos, nutrientes e microrganismos entéricos; alterações das características físicas, químicas e biológicas dos solos; poluição

atmosférica pela emissão de gases prejudiciais; e presença de insetos (OLIVEIRA et al., 1993).

Uma das alternativas de reciclagem desse dejetos é seu uso como fertilizante, pois os nutrientes nele contidos, após mineralizados, são disponibilizados para o aproveitamento pelas plantas. No entanto, é preciso aperfeiçoar técnicas de tratamento e manejo desses dejetos para que isso possa se tornar uma prática viável.

Eucalyptus, gênero de maior importância econômica no Brasil, é plantado em mais de três milhões de hectares e tem amplo uso industrial (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA, 2009). Paralelamente à evolução do setor florestal no Brasil, com um crescimento acentuado de florestas para produção de madeira para carvão, papel e madeira serrada, ocorreu também uma evolução no conceito de desenvolvimento, levando à necessidade de uso dos recursos naturais com base nos conceitos de sustentabilidade econômica, social e ecológica (BOTELHO, 2003).

A utilização da ARS como fertilizante na produção de mudas de eucalipto pode se tornar mais uma alternativa para destinação desta água residuária, uma vez que o eucalipto possui expressiva demanda doméstica e internacional, devido à sua importância no suprimento de madeira para diversas finalidades, além de minimizar pressões ambientais sobre a utilização de madeira nativa.

Nesse contexto, o objetivo com a realização deste trabalho foi analisar a utilização da água residuária da suinocultura na produção de mudas de *Eucalyptus urophylla*, em dois substratos, isoladamente, avaliando-se o efeito de diferentes proporções de ARS e idades das mudas na sua qualidade morfológica e nutricional.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. A suinocultura

O crescimento populacional, a urbanização, a mudança na dieta das pessoas e o aumento da renda nos países em desenvolvimento estão proporcionando um expressivo aumento no consumo de alimentos de origem animal em todo o mundo, podendo proporcionar um incremento de oportunidades para a população do meio rural (MIRANDA, 2007).

A produção de suínos no Brasil, em 2008, foi estimada em 37,77 milhões de cabeças, considerando tanto a produção industrial quanto a de subsistência. O Estado de Minas Gerais, nesse mesmo ano, contribuiu com uma produção de 4,52 milhões de animais. Tal produção é considerável, quando comparada com a do estado que possui o maior plantel do país, Santa Catarina, com 8,42 milhões (Quadro 1).

O Brasil apresentou, em 2008, uma redução de 12,71% nas exportações de carne suína, porém a produção, a disponibilidade interna e o consumo per capita aumentaram (Quadro 2).

Quadro 1 – Produção de suínos nos principais estados do Brasil (mil cabeças)

Estado	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
GO	909	1.098	1.186	1.326	1.403	1.459	1.548
MG	3.746	2.624	2.624	3.249	4.037	4.193	4.521
MS	826	830	853	908	867	867	886
MT	760	924	976	1.262	1.359	1.416	1.686
PR	5.400	5.174	4.587	4.781	5.009	5.084	5.049
RS	4.929	4.964	4.791	5.242	5.609	5.800	6.514
SC	7.744	7.163	7.071	7.348	8.421	8.670	8.422
SP	2.344	2.109	2.109	2.128	2.236	2.207	1.909
Outros	2.407	2.245	2.204	2.113	1.782	2.108	2.188
Total industrial	29.064	27.132	26.402	28.357	30.724	31.806	32.723
Total subsistência	8.596	7.326	6.576	5.741	5.816	5.036	5.045
Total geral	37.660	34.458	32.978	34.098	36.540	36.842	37.768

Fonte: ABIEPCS (2009).

Quadro 2 – Produção, exportação e disponibilidade interna de carne suína no Brasil (mil toneladas)

Variável	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Produção	2.872	2.697	2.620	2.708	2.943	2.998	3.029
Exportação	476	491	508	625	528	606	529
Disponibilidade interna	2.396	2.606	2.112	2.083	2.415	2.392	2.500
Consumo per capita (kg)	13,79	12,55	11,89	11,59	13,28	13,01	13,44

Fonte: Abiepcs e Embrapa – Levantamento Sistemático da Produção e Abate de Suínos (LSPS).

A crise foi a causa da redução na demanda internacional, diminuindo a intensidade no comércio tanto de países desenvolvidos quanto dos emergentes. O agronegócio brasileiro, em 2008, conseguiu aumentar o faturamento das suas exportações em relação a 2007, porém, no primeiro trimestre de 2009, houve queda de 9% em comparação com o mesmo período de 2008. Os menores preços internacionais explicam essa considerável perda (PORKWORLD, 2009).

Os cinco maiores produtores de carne suína (China, União Européia, Estados Unidos, Brasil e Vietnã), em nível mundial, totalizam uma produção de 83,71 milhões de toneladas, em 2008 (PORKWORLD, 2009). A China é o maior produtor mundial de carne suína, destacando-se com uma produção de 44,88 milhões de toneladas (Quadro 3).

Quadro 3 – Produção (x 10⁶ t) dos principais países produtores de carne suína

Países	Posição	2008
China	1	44,88
CEE	2	22,30
USA	3	10,65
Brasil	4	3,37
Vietnã	5	2,51

Fonte: Adaptado por ODConsulting a partir de dados do Food Outlook 2008, *apud* Porkworld (2009).

2.1.1. Água residuária da suinocultura

As características dos dejetos de suínos estão associadas aos aspectos nutricionais e ao sistema de produção adotado na granja, sendo que entre os criadores e dentro da própria granja há variações na concentração dos seus elementos (PERDOMO et al., 2001). Esses dejetos são constituídos por urina, fezes, ração, pelos, água para higienização, dentre outros constituintes da criação dos animais.

A produção de dejetos proveniente de qualquer criatório é consequência da quantidade e da digestibilidade dos nutrientes fornecidos na dieta dos animais. Segundo Lima (2007), os nutricionistas possuem uma posição importante na solução da questão de poluição ambiental, contribuindo com dietas formuladas para menor excreção de nutrientes utilizadas em sistemas de produção que proporcionem mínima produção de dejetos.

Os dejetos de suínos contêm matéria orgânica, nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, sódio, magnésio, manganês, ferro, zinco, cobre e outros elementos incluídos nas dietas e na sanidade dos animais (DIESEL et al., 2002). O uso de dejetos de suínos no solo pode causar impactos ambientais positivos e, ou, negativos no sistema solo-planta relacionados a alterações físicas, químicas e biológicas.

2.1.2. Legislação e riscos ambientais

Existe um conjunto de legislações direcionadas à atividade suinícola, dentre elas a Resolução CONAMA n.º 357/2005, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes. Além disso, essa resolução alerta que a disposição de efluentes no solo, mesmo tratados, não poderá causar poluição ou contaminação das águas (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA, 2009).

A Deliberação Normativa COPAM/CERH-MG n.º 1/2008 estabelece padrões e exigências para o lançamento de efluentes em corpos hídricos. O valor da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) adotado é de 60 mg L⁻¹ como limite de concentração de poluentes em efluentes a serem lançados em corpos hídricos (CONSELHO ESTADUAL DE POLÍTICA AMBIENTAL – COPAM, 2010). O tratamento do efluente deverá ter eficiência de redução de DBO em, no mínimo, 75% e média anual igual ou superior a 85%. Este critério só é aceitável quando o efluente lançado não altera os padrões de qualidade nem a condição do curso d'água.

Comparando-se a legislação brasileira com a europeia e a norte-americana, conclui-se que a brasileira ainda é muito simples. Portanto, se o Brasil quiser atingir a posição de maior produtor de proteína animal do mundo, não só com custo competitivo, mas também com qualidade ambiental, aprimoramentos da legislação nacional terão que ser realizados (PALHARES, 2008).

Em outros países, a legislação também incentiva o uso dos dejetos como adubo. A maioria dos países usa o nitrogênio como elemento referência para estabelecer a quantidade máxima de dejetos a ser aplicada nas culturas

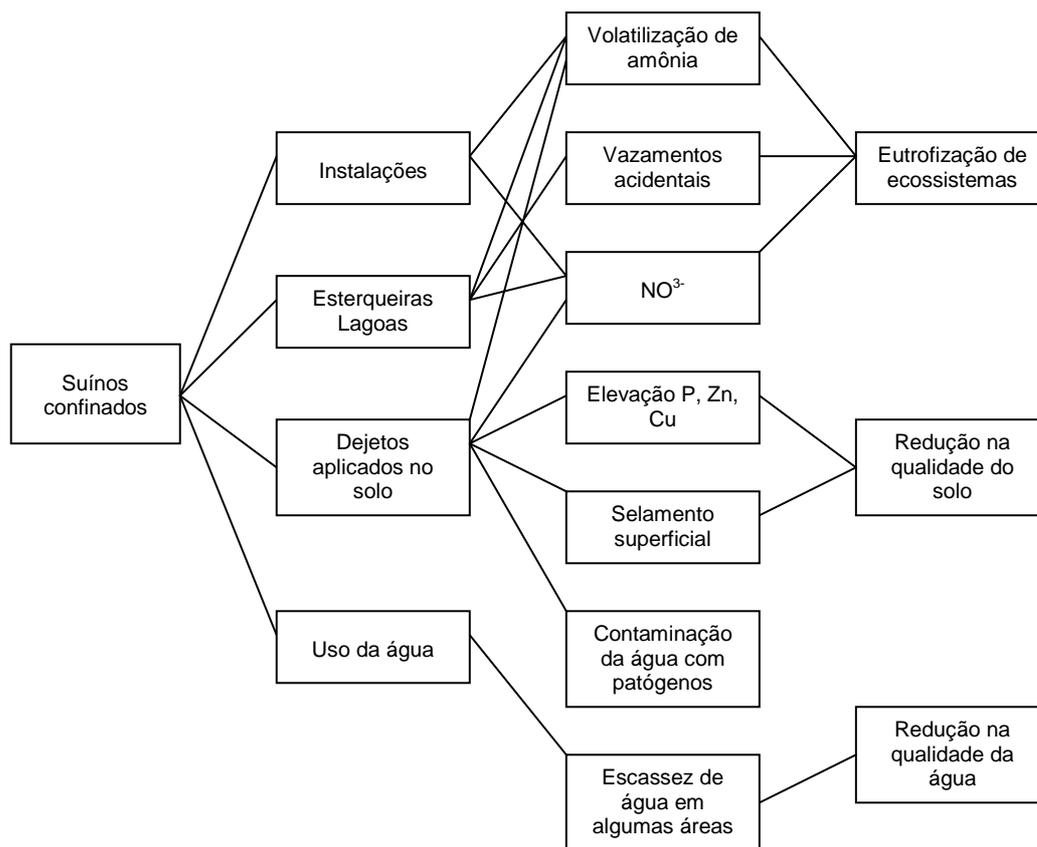
como adubação. A Coreia não baseia a aplicação máxima permitida na quantidade de nitrogênio (PALHARES, 2007). O fósforo, em alguns países europeus, é indicado também como o elemento referência, como na França em que se permite aplicar até 43,8 kg/ha/ano (JONGBLOED et al., 1999), e na Holanda, no máximo de 52,6 e 43,8 kg/ha/ano para pastagens e outras culturas, respectivamente (JONGBLOED et al., 1999).

As principais manifestações de degradação ambiental decorrentes da atividade da suinocultura são a contaminação de águas superficiais e subterrâneas por compostos orgânicos, nutrientes e microrganismos entéricos; alterações das características físicas, químicas e biológicas dos solos; poluição atmosférica pela emissão de gases prejudiciais; e presença de insetos (OLIVEIRA et al., 1993).

O uso inadequado dos dejetos de suínos pode ocasionar, além da poluição das águas superficiais e subterrâneas, efeitos deletérios como salinização do solo, poluição do solo e de plantas com metais pesados, alterações na estrutura e na macroporosidade do solo e contaminações de homens e animais por agentes patogênicos (MATOS, 2007).

Os principais efeitos são provocados pelas emissões de formas de nitrogênio, fósforo, sódio e alguns metais pesados presentes nos dejetos. As consequências que interferem na qualidade da água e do solo estão resumidas na rota demonstrada pela Figura 1.

A relação entre o total de nutrientes gerados por uma determinada unidade de produção e a área agrícola disponível para reciclagem dos nutrientes é considerada um dos indicadores para avaliar a pressão ambiental da atividade suinícola. Considerando o nitrogênio como nutriente de referência e que cada suíno alojado excrete, em média, 9 kg de N ano⁻¹, e que a cultura utilizada para reciclagem desse nutriente seja o milho, que em média exige 140 kg ha⁻¹ ano⁻¹, tem-se que a densidade média de animais por hectare não poderia ser superior a 15 animais ha⁻¹ de área agricultável (PERDOMO et al., 2003b; SEGANFREDO, 2003).



Fonte: Adaptado de Jackson (1998 *apud* MIRANDA, 2007).

Figura 1 – Rotas que indicam o destino dos dejetos suínos e sua interferência na qualidade da água e do solo.

A criação de suínos pelo processo de confinamento gera uma carga poluente que pode provocar danos ao meio ambiente, caso ela seja utilizada em quantidades excessivas. A emissão desses dejetos varia com a idade, peso, fase, nutrição e estado do animal (Quadro 4). Observa-se que os leitões, na fase de creche, apresentaram maiores quantidades de todas as características utilizadas em monitoramento de poluição.

Quadro 4 – Quantidade de poluentes excretados pelos suínos (fezes + urina), expressa em kg dia⁻¹ para cada 1.000 kg de peso vivo em fases diferentes

Parâmetros	Fases					UCT CT
	PL	PG	UPL		LC	
			MA	AR		
Sólidos totais	6,000	2,500	1,900	3,280	10,600	6,340
voláteis	5,400	2,130	1,700	2,920	8,800	5,400
DBO ₅	2,000	0,830	0,650	1,080	3,400	2,080
DQO	5,730	2,370	1,370	3,120	9,800	6,060
Nitrogênio	0,470	0,190	0,150	0,240	0,600	0,420
Fósforo	0,150	0,063	0,050	0,008	0,250	0,160
Potássio	0,300	0,123	0,100	0,130	0,350	0,220

Fonte: Adaptação baseada no USDA (1994 *apud* PERDOMO et al., 2003b).

Em que UPL é unidade de produção de leitões; UCT, unidade de crescimento e terminação; PL, porcas em lactação; PG, porcas em gestação e pré-cobrição; MA, machos; AR, animais de reposição; LC, leitões na creche; e CT, crescimento/terminação.

2.1.3. Tratamento e disposição final de dejetos

O tratamento de efluentes tem como finalidade reduzir a carga poluente para que tenha um destino final correto, seja o lançamento direto em recursos hídricos ou o aproveitamento dos nutrientes em fertirrigação de culturas agrícolas.

Efluentes provindos da criação de suínos normalmente possuem alta concentração de matéria orgânica, abrangendo, assim, várias formas do seu tratamento, as quais são escolhidas de acordo com suas características, nível tecnológico do empreendimento, legislação vigente e a finalidade para uma disposição final.

Diesel et al. (2002) destacam que as principais técnicas de tratamento de dejetos para a transformação/remoção da carga poluente costumam combinar processos físicos e biológicos. O tratamento físico tem como finalidade proporcionar a separação das fases sólida e líquida, podendo posteriormente minimizar os custos de implantação do tratamento, e o

tratamento biológico favorece a degradação biológica do dejetos por microrganismos aeróbios e anaeróbios, resultando em um material estável e isento de organismos patogênicos.

Perdomo et al. (2003a) classificaram os sistemas de tratamento de dejetos suínos em: tratamento preliminar, que proporciona a remoção de partículas sólidas grosseiras (> 0,25 mm) em suspensão nas águas residuárias por meio de processos físicos ou químicos; tratamento primário, com a finalidade de proporcionar a remoção de sólidos em suspensão utilizando-se equipamentos com tempo de retenção maior que o dos tratamentos preliminares ou de precipitantes químicos; tratamento secundário, que proporciona a remoção de sólidos dissolvidos a exemplo da matéria orgânica e sólidos suspensos muito finos; e tratamento terciário, que objetiva obter a remoção final da matéria orgânica, nitrogênio, fósforo e de outros elementos que ainda persistiram nas etapas anteriores.

A suinocultura é uma exploração pecuária concentradora de dejetos, sabidamente possuidores de alta carga poluidora para o solo, ar e a água, razão por que, nos últimos anos, muita atenção passou a ser dada às necessidades de desenvolvimento tecnológico, com vistas à disposição dos resíduos gerados por animais, de forma a causar o mínimo impacto sobre o ambiente (MATOS et al., 1997).

Os métodos de disposição de águas residuárias no solo podem ser classificados como infiltração-percolação, escoamento superficial e fertirrigação, além do lançamento e tratamento em sistemas alagados construídos. A escolha do método dependerá de alguns fatores como a finalidade do projeto, tipo de água residuária, condições climáticas locais, características e tipo de uso do solo e riscos sanitários (MATOS, 2007).

As águas residuárias da suinocultura a serem utilizadas na fertirrigação de culturas agrícolas podem apresentar nutrientes em quantidades suficientes para serem aproveitadas, sendo que aproximadamente dois terços do nitrogênio, um terço do fósforo e quase 100% do potássio encontram-se na água residuária na forma mineral, que pode ser prontamente assimilável pelas culturas (GOMES FILHO et al., 2001).

O emprego de água residuária como fertirrigação de culturas agrícolas pode reduzir os custos de fertilização das culturas e o nível requerido de

purificação do efluente e, conseqüentemente, os custos de seu tratamento. As águas residuárias contêm nutrientes, e o solo e as culturas se comportam como biofiltros naturais (HARUVY, 1997).

Pelissari et al. (2009) relataram que a fertirrigação com a ARS pode antecipar a produção de mudas de *Eucalyptus* de 90 dias para 60 dias, aproximadamente, nas condições em que foi conduzido o experimento em Santa Tereza do Oeste-PR. Outras águas residuárias também apresentaram bons resultados quando utilizadas no setor florestal, tais como a aplicação no solo do efluente tratado de fábrica de celulose Kraft branqueada, por meio da fertirrigação de eucalipto (REZENDE, 2003), e a utilização da água residuária proveniente de um sistema biológico de tratamento de esgotos domésticos na fertirrigação de viveiros para produção de *Eucalyptus grandis* (AUGUSTO et al., 2007).

A utilização de águas residuárias na agricultura tem demonstrado resultados positivos. Cruz et al. (2008) utilizaram a ARS na produção de mudas de maracujazeiro-azedo e constataram que o melhor desenvolvimento ocorreu com a aplicação desta água residuária na concentração de 100%. Freitas et al. (2004) relatam que a aplicação da ARS aumentou significativamente os valores de altura de planta, índice de espigas, altura de espigas e massa de espigas da cultura do milho. Rego et al. (2005) indicaram a viabilidade técnica e econômica do aproveitamento de esgotos domésticos tratados na fertirrigação da melancia.

Souza et al. (2005) avaliaram a produtividade do café arábica (*Coffea arabica*) quando fertirrigado com água residuária de origem urbana não tratada comparada com a irrigação com água doce mais adubação, concluindo que a fertirrigação com a água residuária não supriu todas as necessidades de nutrientes do cafeeiro, principalmente a de K na fase de enchimento dos grãos. Em estudo realizado por Erthal (2008), o uso de água residuária de bovinocultura na fertirrigação do capim Tifton 85 e de aveia preta propiciaram absorção de nutrientes e rendimento forrageiro em níveis próximos aos recomendados, além de proporcionar a substituição parcial da adubação mineral para a manutenção das forrageiras.

Efeitos significativos de efluentes provindos da criação de animais, principalmente de suínos, foram observados em outras culturas como algodão (FIDELES FILHO et al., 2005), beterraba (HUSSAR et al., 2005) etc.

Ao contrário dos fertilizantes minerais, que podem ser formulados para as condições específicas de cada cultura e solo (COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO – CFS, 1995), os dejetos de suínos apresentam, simultaneamente, vários nutrientes que se encontram em quantidades desproporcionais em relação às necessidades das plantas. Além desse inconveniente relacionado à sua composição química, o uso contínuo dos dejetos suínos como fertilizante proporciona um risco ambiental cada vez maior, em função das quantidades usadas e dos cenários ou condições de uso (SEGANFREDO, 2007).

2.2. *Eucalyptus* sp

2.2.1. Importância do gênero e da espécie estudada

No início do século XX, intensificou-se o cultivo do eucalipto no Brasil, em escala econômica, pelo trabalho do agrônomo silvicultor Edmundo Navarro de Andrade, para atender à demanda da Companhia Paulista de Estradas de Ferro (dormentes e lenha para locomotivas). A partir de 1965, sua área de plantio no Brasil aumentou de 500 mil para 3 milhões de hectares, aumento proporcionado principalmente devido à lei dos incentivos fiscais ao reflorestamento (VALVERDE, 2009).

Estima-se, no Brasil, uma área total de 6,5 milhões de hectares de florestas plantadas, sendo que 3,6 milhões são certificados. Do total apresentado, 4,26 milhões de hectares são plantados com eucalipto e 1,87 milhão com pinus. As áreas restantes estão plantadas com seringueira, araucária, acácia, teca e outras espécies (RODRIGUES, 2009). Os estados que representam uma maior contribuição nos reflorestamentos são Bahia, Paraná, Espírito Santo, Minas Gerais, Pará, Rio Grande do Sul e São Paulo. Minas Gerais é responsável por 30% de todo o eucalipto plantado no território nacional, com cerca de 4,2 milhões de árvores plantadas, explorado principalmente como matéria-prima para a produção de carvão, postes de

iluminação pública e mourões de cercas para propriedades rurais (ASSOCIAÇÃO MINEIRA DE SILVICULTURA – AMS, 2009).

A importância desse gênero é atribuída ao fato da existência de mais de 600 espécies, com adaptações às diversas condições climáticas, edáficas e fisiográficas, como também em inúmeros tipos de exploração, como produção de lenha e carvão, óleos essenciais, dormentes, postes, energia, celulose para fabricação de papel, mourões de cerca, néctar para produção de mel, além de fornecer produtos para abastecimento de indústrias químicas e farmacêuticas.

Silva e Matos (2003) relataram que apenas quatro espécies e alguns híbridos são responsáveis por aproximadamente 94% dos plantios brasileiros: *Eucalyptus grandis* (55%), *E. saligna* (17%), *E. urophylla* (9%), *E. viminalis* (2%) e híbridos de *E. grandis* x *E. urophylla* (11%).

Eucalyptus urophylla S.T. Blake é uma espécie pertencente à família Myrtaceae, nativa de algumas ilhas orientais do arquipélago de Sonda: Timor, Flores, Pantar, Alor, Loblem e Wetar, situadas ao norte da Austrália. O interesse por essa espécie no Brasil foi proveniente, principalmente, da sua tolerância ao fungo causador do cancro do eucalipto, *Cryphonectria cubensis* (MORA; GARCIA, 2000). No Brasil, a espécie é utilizada para diversas finalidades como serraria, produção de carvão, fabricação de celulose e papel, mourões etc.

Com a expansão demográfica no país, as florestas tropicais estão sendo degradadas rapidamente por ações antrópicas, como a exploração madeireira predatória e a substituição das florestas pela agricultura e pecuária. Na maioria das vezes, gera-se um cenário ilegal devido ao desmatamento de florestas nativas para suprir a demanda das necessidades de uma sociedade. Com isto, as florestas plantadas (reflorestamentos) passam a desempenhar um papel fundamental neste contexto. Galvão (2000) relata que o reflorestamento em pequenas e médias propriedades rurais é de interesse público, uma vez que representa uma fonte de renda que ajuda a evitar o êxodo rural e o desemprego. E proporciona ainda aspectos sociais e econômicos, é considerado um fator importante na conservação ambiental e na produção de madeira para diversas finalidades.

2.2.2. Produção de mudas

A produção de mudas de essências florestais pode ser feita tanto por propagação sexuada (via semente) como por propagação assexuada (via propágulos vegetativos). Ribeiro et al. (2001) relatam que, com o conhecimento do comportamento e procedências das espécies nas variadas regiões ecológicas, juntamente com a existência de pomares produtores de sementes de boa qualidade, é viável produzir mudas via semente para a formação de povoamentos com boa produtividade.

Um dos objetivos de um plantio de eucalipto para subsistência ou para fins comerciais é a obtenção de altas produtividades de forma sustentável. Para isto, faz-se necessário utilizar tratamentos silviculturais ideais, durante a fase de produção de mudas, para que se possam adquirir mudas de boa qualidade que irão garantir uma boa implantação e um bom desenvolvimento no campo. Gomes et al. (1991) afirmam que o êxito na formação de florestas de alta produção depende, em sua maior parte, da qualidade das mudas plantadas, tendo de resistir às condições adversas no campo, após o plantio, para produzir árvores com crescimento volumétrico economicamente desejável.

2.2.2.1. Substrato

Os substratos podem ser definidos como o meio adequado para a sustentação das mudas e retenção de água em quantidades suficientes, além de oferecer pH e condutividade elétrica ideais, e ausência de elementos químicos em níveis tóxicos (GONÇALVES; POGGIANI, 1996).

Inúmeros substratos em sua constituição original ou combinada são usados para propagação de espécies florestais, seja por sementes ou propagação vegetativa. Existem alguns fatores que devem ser levados em consideração na escolha do substrato, como características físicas e químicas, a espécie a ser cultivada, baixo custo e grande disponibilidade (FONSECA, 2001).

A grande maioria dos viveiros de produção de mudas de eucaliptos utiliza o substrato à base de casca de pinus compostado puro ou misturado,

pelo fato de favorecer às mudas um bom desenvolvimento do sistema radicular, além de promover boa drenagem.

De acordo com Lang e Botrel (2008), o uso do substrato composto por 50% de substrato comercial (Plantmax®) e 50% de casca de arroz carbonizada proporcionou melhores resultados nas variáveis altura, diâmetro de colo, peso da matéria seca da parte aérea e da raiz das mudas de *Eucalyptus grandis*. Grave et al. (2007) avaliaram o crescimento de plantas jovens de açoita-cavalo (*Luehea divaricata*) em quatro substratos (Plantmax®, turfa, casca de arroz carbonizada e Mecplant®) e concluíram que a propagação dessa espécie é tecnicamente viável nos substratos Plantmax® e Mecplant®, por proporcionarem maior crescimento e qualidade às mudas.

No Brasil, intensificam-se pesquisas sobre o aproveitamento de resíduo sólido orgânico urbano (RSU) como fertilizante e condicionador de solos em cultivos agrícolas e florestais. Com isto, assegura-se uma disposição adequada desses resíduos, além de proteger a saúde humana e animal.

A utilização do RSU na agricultura pode proporcionar redução nos problemas ambientais, acarretando economia e melhoria da qualidade de vida. As propriedades físicas e químicas do solo, tais como porosidade, retenção de água, agregação das partículas, capacidade de campo, condutividade hidráulica e fertilidade são favorecidas com a adição da matéria orgânica. Esses fatores, além de proporcionarem melhoria de solos agricultáveis, podem melhorar solos até então improdutivos para o cultivo (KIEHL, 1985).

O composto orgânico produzido por resíduos sólidos urbanos pode ser um substrato alternativo para a produção de mudas de eucalipto. No entanto, um dos inconvenientes é a presença de metais pesados, que poderão causar prejuízos ao desenvolvimento das plantas, devido à contaminação. De acordo com Silva et al. (2002), a característica deste composto reflete os conteúdos dos componentes do lixo urbano que o originou, a qualidade da prática de compostagem e seu grau de segregação.

Galbiatti et al. (2007), em seus estudos com resíduos sólidos orgânicos urbanos na produção de mudas de eucalipto, concluíram que a mistura desse resíduo, sem compostagem, em solos com dose acima de 20%, interfere na sobrevivência das plantas. Alves e Passoni (1997) avaliaram o composto orgânico e o vermicomposto, oriundos do lixo domiciliar, como substratos para

produção de mudas de oiti (*Licania tomentosa*) para uso em arborização. Os resultados evidenciaram que a utilização exclusiva desses compostos na composição do substrato não provoca efeitos fitotóxicos às plantas, sem problemas durante a germinação ou desenvolvimento das mudas.

Sabonaro (2006) avaliou o desenvolvimento de mudas de *Tabebuia heptaphylla* (Vell.) Tol. (ipê-roxo), *Schizolobium parahyba* (Vell.) Blake (guapuruvu) e *Cariniana legalis* (Mart.) Kuntze (jequitibá) em diferentes substratos e níveis de irrigação, além do estudo da utilização de diferentes quantidades de composto de resíduos sólidos urbano nos substratos. Concluiu que este composto favoreceu o desenvolvimento das mudas de Guapuruvu, demonstrando a possibilidade do seu uso como substrato para propagação dessa espécie.

Montovani et al. (2005) avaliaram o efeito da aplicação do composto de resíduos sólidos urbano na fertilidade do solo, na produção de alface e no acúmulo de nutrientes nas plantas. A incorporação do composto no solo nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm proporcionou uma melhoria na sua fertilidade, o que não aconteceu na camada de 40-60 cm. A melhoria da fertilidade do solo com a aplicação desse composto acarretou aumento de produção de alface e provocou maior acúmulo de P, K e Ca nas plantas.

2.2.2.2. Fertilizantes

A produção de mudas de espécies florestais, no viveiro, é uma etapa que deve proporcionar tratamentos culturais ideais, principalmente quanto ao aspecto nutricional. A fase de maior demanda de nutrientes pelas mudas requer monitoramento correto no fornecimento de nutrientes para obter melhores índices de desenvolvimento. Para tal finalidade, faz-se, em geral, uma divisão da adubação em duas etapas: a adubação de base, que consiste em incorporar ao substrato, fertilizantes e corretivos; e a adubação de cobertura, realizada por meio da fertirrigação (GONÇALVES, 1995) parcelada no decorrer do ciclo dessa fase da cultura (cerca de 90 dias para o eucalipto).

A fertilização deverá ser bem balanceada, uma vez que sua falta ou excesso poderá proporcionar mudas com resistência baixa às condições adversas existentes no campo. Essa prática, se bem manejada, pode contribuir

para a melhoria dos valores das variáveis de avaliação do padrão da qualidade das mudas, além de proporcionar a elas melhor vigor (CARNEIRO, 1995).

2.2.2.3. Irrigação

O manejo apropriado da irrigação na produção de mudas é fundamental para a não ocorrência do estresse hídrico e diminuição na absorção de nutrientes pelas plantas. O controle da lâmina necessária para suprir as necessidades hídricas da cultura durante esta fase é de extrema importância, uma vez que o excesso de água tende a lixiviar os nutrientes essenciais às plantas, a reduzir a aeração do substrato, além de favorecer o aparecimento de doenças.

O manejo da irrigação em recipientes pequenos, a exemplo dos tubetes usados na produção de mudas, apresenta algumas particularidades como a necessidade de maior frequência de irrigação, devido ao pequeno volume de substrato disponível para a planta (SABONARO, 2006).

O tipo de substrato utilizado na produção de mudas é de fundamental importância na determinação da frequência de irrigação e do volume de água a ser aplicado. A irrigação deve ser realizada com mais frequência em substratos com menor capacidade de retenção de água, tais como a moinha de carvão, a casca de arroz carbonizada, a areia, etc. do que naqueles de maior capacidade de retenção, tais como a terra do subsolo, o húmus, o composto orgânico, a fibra de coco etc. (WENDLING; GATTO, 2002).

Rodrigues (2007) realizou um diagnóstico do consumo de água e avaliação de sistemas de irrigação nas unidades de produção de mudas (UPM) da Companhia Agrícola Florestal Santa Bárbara Ltda. instalados nos municípios de Dionísio e Martinho Campos, ambos em Minas Gerais. No estudo, foram avaliados os sistemas de irrigação por gotejamento e por aspersão, visando à determinação e adequação das condições de funcionamento, com medições de vazão, pressão, lâmina e uniformidade de distribuição de água em cada setor. Observou um consumo elevado de água nos viveiros, variando de 420 a 592 m³ d⁻¹ para a produção de 12 milhões de mudas ao ano. As praças de crescimento e rustificação eram responsáveis por

aproximadamente 70% do consumo total de água do viveiro, além de apresentarem mais de 80% de perdas.

Lopes et al. (2005) avaliaram os efeitos das lâminas brutas de irrigação na sobrevivência, na transpiração e no teor relativo de água na folha (TRF) em mudas de *Eucalyptus grandis*, produzidas em diferentes substratos. Os autores concluíram que as lâminas brutas de 6, 8 e 10 mm dia⁻¹ não são indicadas para irrigação de mudas de eucalipto, quando a temperatura supera os 30°C, já que a maioria das plantas morre em função da falta de água. A lâmina bruta de irrigação diária de 14 mm foi a que garantiu melhores resultados na sobrevivência e no teor relativo de água nas folhas das mudas. De acordo com Lopes et al. (2007), as lâminas brutas de 12 e 14 mm dia⁻¹ foram as que mais contribuíram para o desenvolvimento da mudas de *E. grandis*, apresentando qualidade ótima aos 108 dias após a semeadura.

2.3. Qualidade das mudas

A qualidade das mudas de espécies florestais é determinada pela avaliação de parâmetros morfológicos e fisiológicos que se baseiam, respectivamente, nos aspectos fenotípicos e fisiológicos das mudas. A qualidade das mudas determinada por esses parâmetros depende da constituição genética pertinente a cada semente, das condições ambientais, dos métodos e das técnicas de produção, dos equipamentos e das estruturas utilizadas (PARVIAINEN, 1981).

Os parâmetros morfológicos são os mais utilizados na determinação da qualidade das mudas, uma vez que os parâmetros fisiológicos são de difícil mensuração e análise, principalmente nos viveiros florestais comerciais. Na maioria das vezes, os parâmetros fisiológicos não permitem avaliar com clareza a real capacidade de sobrevivência e crescimento inicial das mudas após plantio (GOMES, 2001).

Os parâmetros morfológicos mais utilizados são (GOMES, 2001): altura da parte aérea (H), diâmetro do coleto (DC), massa seca total (MST), massa da parte aérea (MSPA) e massa seca das raízes (MSR). Algumas relações entre esses parâmetros também têm sido utilizadas, como H/DC e MSPA/MSR, além do índice de qualidade de Dickson (IQD).

O Índice de qualidade de Dickson (IQD) é um índice proposto por Dickson et al. (1960 *apud* CARNEIRO, 1995), que inclui MST com as relações H/DC e MSPA/MSR. Segundo Gomes (2001), quanto maior for o valor de IQD, melhor será o padrão de qualidade adquirido pelas mudas.

A altura da parte aérea é considerada uma das características mais importantes para estimar o crescimento das mudas no campo, além de ser facilmente mensurável (GOMES; PAIVA, 2004). Carneiro (1995) enfatiza a existência de limites de crescimento em altura das mudas no viveiro, acima e abaixo dos quais o desempenho das mudas, após o seu plantio, não é satisfatório.

O diâmetro do coleto é um parâmetro de fácil mensuração, sendo considerado por muitos pesquisadores o de maior importância para estimar a sobrevivência das mudas de espécies florestais após o plantio (GOMES; PAIVA, 2004). Johnson e Cline (1991) afirmam que esse parâmetro, sozinho ou combinado com a altura, é uma das melhores características morfológicas que podem ser utilizadas para prever o padrão de qualidade das mudas.

De acordo com Carneiro (1995), quando for utilizada a massa de matéria seca da muda como parâmetro de qualidade, devem-se considerar, separadamente, o peso total, o da parte aérea e o das raízes. A massa da matéria seca da parte aérea, além de indicar rusticidade, correlaciona-se diretamente com o desempenho inicial das mudas e a sobrevivência no campo (GOMES; PAIVA, 2004).

A relação da altura da parte aérea com o diâmetro do coleto exprime o equilíbrio de crescimento, relacionando esses dois importantes parâmetros morfológicos em apenas um índice (CARNEIRO, 1995). Esta relação é denominada de quociente de robustez, considerado um dos mais precisos, pelo fato de fornecer informações de quanto delgada está a muda (JOHNSON; CLINE, 1991). Quanto menor for esse valor, maior será a capacidade de as mudas se estabelecerem no campo (CARNEIRO, 1995).

A relação entre a massa seca da parte aérea e o sistema radicular (MSPA/MSR) pode ser considerada um índice eficiente na avaliação da qualidade das mudas (PARVIAINEN, 1981).

No Quadro 5, encontram-se os valores de parâmetros morfológicos recomendados por alguns pesquisadores.

Quadro 5 – Valores padrão para avaliação da qualidade das mudas

Parâmetros	Unidade	Valor	Referência
Altura	cm	15-35	Guerreiro e Colli Júnior (1984)
Diâmetro do coleto	mm	≥ 2,0	Guerreiro e Colli Júnior (1984)
MSPA/MSR ¹	-	2,0	Brissette (1984 <i>apud</i> CRUZ et al. (2006)
IQD	-	≥ 0,2	Hunt (1990 <i>apud</i> GOMES, 2001)

¹ Relação da massa seca da parte aérea dividida por massa seca da raiz.

2.4. Avaliação do estado nutricional das mudas

A avaliação nutricional de plantas é realizada a partir da análise química das folhas. Segundo Silveira et al. (2000), este órgão é o que melhor reflete o estado nutricional, respondendo por qualquer variação na disponibilidade de algum nutriente.

A interpretação do resultado da análise foliar significa comparar o valor da concentração de cada nutriente na amostra analisada com a concentração considerada padrão ou ótima (FONTES, 2001).

No Quadro 6, estão apresentadas faixas de concentração de macro e micronutrientes para interpretação de análise foliar de mudas de eucalipto.

Quadro 6 – Interpretação dos dados de análise de folhas para mudas de eucalipto

Nutriente	<i>E. grandis</i>		<i>E. pellita</i>		<i>E. urophylla</i>	
	Deficiente	Adequada	Deficiente	Adequada	Deficiente	Adequada
----- g kg ⁻¹ -----						
N	7 – 12	25 - 38	7 – 10	25 - 40	6 - 11	25 – 40
P	0.7 - 0.8	1.5 – 2.2	0.3 - 0.4	1.3 - 3.0	0.3 - 0.4	1.9 - 4.0
K	5	12 - 14	3 - 4	9 - 15	3-5	15 – 18
Ca	0.2	5 – 8	-	4 - 11	0.8	3.1 - 4.3
Mg	0.6	1.6 - 2.0	1.0 - 1.9	3.6 - 4.4	0.7 - 0.8	2.1 - 2.3
S	1.1	1.9 - 3.2	-	2.3	0.9	2.2 - 2.6
----- mg kg ⁻¹ -----						
Fe	17 – 26	65 - 80	-	57 - 79	20 - 32	52 - 97
Zn	7 – 10	17 - 22	5 – 7	13 - 18	8 - 10	13 - 31
Mn	8 – 11	50 - 546	-	80 - 168	5 - 16	43 - 109
Cu	0.5 - 1.5	3.0 - 5.5	-	3.5 - 3.8	0.4 - 1.0	3.4 - 4.5
B	8 – 10	15 - 27	-	20 - 32	8	12 - 27

Fonte: Dell et al. (1995).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Localização e condução do experimento

O presente trabalho foi conduzido na Área Experimental de Hidráulica, Irrigação e Drenagem do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa, MG. O município localiza-se na região da Zona da Mata, a 652 m de altitude, com clima do tipo Cwa – tropical da altitude (inverno frio e seco e verão quente e úmido), de acordo com a classificação de Köppen.

O experimento foi instalado no início de março de 2009 no interior de uma casa de vegetação, com dimensões de 7 x 8 m, caracterizada pelo piso constituído por brita e cobertura de plástico com cortinas laterais para proporcionar um controle local das adversidades climáticas, como ventos fortes e chuvas.

A espécie utilizada para a realização dos ensaios foi o *Eucalyptus urophylla*, com sementes providas da comercialização feita pela Sociedade de Investigações Florestais (SIF), porém produzidas em campos da Gerdau. A safra de coleta das sementes foi de 2005/2006, com germinação de 78,25%.

3.2. Tratamento e caracterização da ARS

A água residuária da suinocultura (ARS) utilizada no experimento foi proveniente do Setor de Suinocultura do Departamento de Zootecnia da UFV, de onde foi conduzida até um tanque de armazenamento com dimensões de 8,4 x 14,0 x 1,8 m (Figura 2), localizado na Área Experimental de Hidráulica, Irrigação e Drenagem do Departamento de Engenharia Agrícola.



Fonte: Batista (2007).

Figura 2 – Vista do tanque de armazenamento e tratamento da ARS.

Neste local, a ARS passou pelos tratamentos preliminar e primário. O tratamento preliminar teve o objetivo de remover sólidos grosseiros, óleos e graxas com uma peneira constituída de tela de aço inox, com abertura de 47 μm (diâmetro de fio: 36 μm , malha de 300 meshes e área aberta de 34%), proposta por Batista (2007). O tratamento primário teve a finalidade de proporcionar a sedimentação gradual dos sólidos em suspensão de maior massa específica que a ARS, no fundo do tanque.

Após o tratamento, a ARS foi bombeada até um reservatório próximo da casa de vegetação.

3.2.1. Análises físicas e químicas da ARS

Na caracterização da ARS, foram coletadas, aleatoriamente no reservatório, seis amostras semanais de 2 L em galões de plástico, correspondentes à frequência das adubações de cobertura realizadas. Essas amostras foram analisadas em diferentes laboratórios pertencentes à UFV.

No Laboratório de Qualidade da Água do Departamento de Engenharia Agrícola da UFV, foram feitas as análises físicas e parte das análises químicas. As análises físicas foram compostas pela quantificação de sólidos totais e sólidos suspensos (método gravimétrico), conforme metodologia proposta por Standard Methods (AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION – APHA, 1998), potencial hidrogeniônico (peagâmetro de bancada) e condutividade elétrica (condutivímetro de bancada). Nas análises químicas, foram obtidas as concentrações de Demanda Bioquímica de Oxigênio, após cinco dias de incubação (DBO), pelo método iodométrico (processo Winkler); de Demanda Química de Oxigênio (DQO), pelo método oxidimétrico em refluxo aberto; de nitrogênio total (N_{total}), pelo método Kjeldahl; do fósforo total (P_{total}); do enxofre, por espectrofotometria; do potássio total (K^+); e do sódio (Na^+), por fotometria de chama.

Nos Laboratórios de Matéria Orgânica e Resíduos e de Espectrofotometria Atômica, ambos do Departamento de Solos da UFV, foram determinadas as concentrações de cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}), ferro (Fe^{2+}), cobre (Cu^{2+}), zinco (Zn^{2+}) e manganês (Mn^{2+}), por espectrofotometria de absorção atômica.

As análises físicas e químicas da água residuária da suinocultura foram feitas logo após a coleta das amostras, com exceção dos sólidos totais e suspensos. Para análise dessas características, conservaram-se amostras em geladeira (4°C) por volta de seis dias. Os resultados foram expressos com média de três repetições.

No Quadro 7, estão apresentados os valores médios das características físicas e químicas da água residuária da suinocultura utilizada na adubação de cobertura das mudas de *Eucalyptus urophylla*, resultante de avaliações semanais, durante um período de seis semanas.

Quadro 7 – Caracterização física, química e bioquímica da água residuária da suinocultura utilizada na adubação das mudas de eucalipto

Características	Unidade	Valores	
		Variação	Valor médio
pH	-	7,25 - 7,67	7,41
C.E.	$\mu\text{S cm}^{-1}$	2.450 - 2.980	2.727
Sólidos totais	mg L^{-1}	985 - 1112	1022
Sólidos suspensos	mg L^{-1}	184 - 224	212
DBO	mg L^{-1}	521 - 607	572
DQO	mg L^{-1}	1034 - 1174	1123
Nitrogênio (Ntotal)	mg L^{-1}	339,71 - 498,92	403,61
Fósforo (Ptotal)	mg L^{-1}	62,24 - 97,85	75,93
Potássio (K)	mg L^{-1}	105,81 - 175,87	133,07
Enxofre (S)	mg L^{-1}	10,00 - 14,40	12,77
Cálcio (Ca)	mg L^{-1}	51,53 - 78,33	57,33
Magnésio (Mg)	mg L^{-1}	19,90 - 35,38	28,32
Ferro (Fe)	mg L^{-1}	7,54 - 15,20	10,33
Cobre (Cu)	mg L^{-1}	0,13 - 0,55	0,39
Zinco (Zn)	mg L^{-1}	1,12 - 2,10	1,54
Manganês (Mn)	mg L^{-1}	0,84 - 1,14	0,89
Sódio (Na)	mg L^{-1}	78 - 96,7	87,8

* em que pH é potencial hidrogeniônico; C.E., condutividade elétrica; DBO₅, demanda bioquímica de oxigênio; DQO, demanda química de oxigênio.

3.2.2. Determinação da dose de aplicação

A dose de ARS foi definida baseando-se na concentração do nitrogênio, por ser o constituinte presente em maior concentração relativa no efluente. Essa aplicação seguiu a exigência nutricional do eucalipto quanto à adubação de cobertura, conforme sugerida por Gonçalves e Poggiani (1996). A frequência de aplicação foi semanal, sendo a ARS aplicada com o auxílio de um regador.

3.3. Produção das mudas

A produção das mudas foi feita em tubetes previamente esterilizados em água quente a 80°C por 30 segundos (ALFENAS et al., 1999). Estes

tubetes possuem capacidade volumétrica de 50 cm³, contendo seis estrias internas e dimensões de 12,5 cm de comprimento, 2,7 cm de diâmetro de abertura superior e 0,9 cm de diâmetro de abertura inferior. Os tubetes foram apoiados em bandejas suspensas com dimensões de 0,4 x 0,6 m e preenchidos com os substratos.

Os substratos utilizados foram: o Mecplant®, que é um substrato comercial à base de casca de *Pinus*, e um composto orgânico obtido de resíduo sólido urbano peneirado, proveniente da Usina de Compostagem do município de São Geraldo, MG. O preparo do composto orgânico seguiu os passos: triagem do lixo, que consiste na separação de resíduos orgânicos do material reciclado; compostagem do material orgânico, que teve duração de 100 dias; e peneiramento do resíduo compostado para posterior comercialização. Ambos receberam uma adubação de base, constituída por 150 g de N, 300 g de P₂O₅ e 100 g de K₂O por m³ de substrato (GONÇALVES; POGGIANI, 1996).

Anteriormente à adubação de base, foram feitas análises físicas e químicas dos dois substratos (Quadro 8).

As quantidades iniciais de macro e micronutrientes fornecidas pelos substratos a cada muda de eucalipto encontram-se no Quadro 9. No Quadro 10, encontram-se as concentrações médias de macro e micronutrientes dos substratos determinadas no final do experimento.

A semeadura direta em tubetes foi realizada por meio de uma “seringa semeadora”, colocando-se, em média, cinco sementes por recipiente. Posteriormente, os tubetes foram cobertos com uma fina camada do substrato utilizado e mantidos à sombra (sombrite 50%) por 10 dias. Essa aclimação teve a finalidade de proteger as sementes de gotículas de água, da incidência direta de raios solares e de pássaros, que poderiam proporcionar decréscimo na germinação das sementes e sobrevivência das plântulas.

Quadro 8 – Características físicas e químicas do substrato à base de casca de pinus (SCP) e do composto de resíduos sólidos urbanos (SRSU), antes da adubação de base

Características	Unidade	Concentrações	
		SCP	SRSU
pH	-	7,56	7,67
Teor de água total	dag kg ⁻¹	25,12	23,25
Massa específica global ¹	g cm ⁻³	0,40	0,48
Massa específica de partículas ²	g cm ⁻³	1,26	1,30
Macroporosidade ³	%	20,12	18,59
Microporosidade ³	%	48,13	44,48
Porosidade total ³	%	68,25	63,07
Matéria orgânica	dag kg ⁻¹	55,1	51,4
Carbono total	g kg ⁻¹	324,1	285,6
Relação C/N	-	54/1	33/1
Nitrogênio total (N)	g kg ⁻¹	6,1	8,7
Fósforo total (P)	g kg ⁻¹	10,3	12,3
Potássio (K)	g kg ⁻¹	5,2	7,4
Enxofre (S)	g kg ⁻¹	3,4	6,7
Cálcio (Ca)	g kg ⁻¹	3,3	57,3
Magnésio (Mg)	g kg ⁻¹	0,5	5,2
Ferro (Fe)	mg kg ⁻¹	5715	18085
Cobre (Cu)	mg kg ⁻¹	26,9	73,1
Zinco (Zn)	mg kg ⁻¹	38,1	244,5
Manganês (Mn)	mg kg ⁻¹	573,5	5263,5
Sódio (Na)	g kg ⁻¹	0,1	8,3
Chumbo (Pb)	mg kg ⁻¹	*	100,2
Cromo (Cr)	mg kg ⁻¹	3,9	41,4

Sendo: 1 - determinada conforme Instrução Normativa SDA n.º 17 de 24/05/2007; 2 - segundo o método proposto por Embrapa (1997); 3 - método proposto por Gonçalves e Poggiani (1996).
* Não detectado.

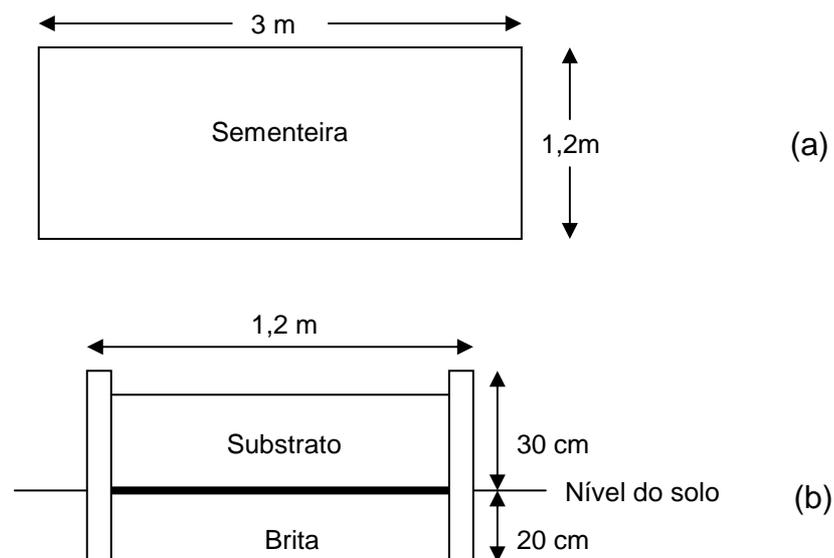
Quadro 9 – Quantidades iniciais de macro e micronutrientes disponibilizadas pelos substratos a cada muda de eucalipto

Elementos	Unidade	Concentrações	
		SCP	SRSU
Nitrogênio total (N)	g tubete ⁻¹	0,12	0,21
Fósforo total (P)	g tubete ⁻¹	0,21	0,29
Potássio (K)	g tubete ⁻¹	0,10	0,18
Enxofre (S)	g tubete ⁻¹	0,07	0,16
Cálcio (Ca)	g tubete ⁻¹	0,06	1,37
Magnésio (Mg)	g tubete ⁻¹	0,01	0,12
Ferro (Fe)	mg tubete ⁻¹	114,30	434,04
Cobre (Cu)	mg tubete ⁻¹	0,54	1,75
Zinco (Zn)	mg tubete ⁻¹	0,76	5,87
Manganês (Mn)	mg tubete ⁻¹	11,47	126,32
Sódio (Na)	g tubete ⁻¹	0,002	0,20

Quadro 10 – Características químicas do substrato à base de casca de pinus (SCP) e do composto de resíduos sólidos urbanos (SRSU) no final do experimento

Características	Unidade	Concentrações	
		SCP	SRSU
Nitrogênio total (N)	g kg ⁻¹	12,0	14,2
Fósforo total (P)	g kg ⁻¹	0,6	5,9
Potássio (K)	g kg ⁻¹	0,6	1,1
Enxofre (S)	g kg ⁻¹	1,2	2,1
Cálcio (Ca)	g kg ⁻¹	2,9	37,5
Magnésio (Mg)	g kg ⁻¹	0,6	3,1
Ferro (Fe)	mg kg ⁻¹	4690,6	14431,0
Cobre (Cu)	mg kg ⁻¹	13,7	46,3
Zinco (Zn)	mg kg ⁻¹	28,5	150,2
Manganês (Mn)	mg kg ⁻¹	56,6	346,0
Sódio (Na)	g kg ⁻¹	0,5	0,7

O substrato composto por resíduos sólidos urbanos (SRSU) utilizado na presente pesquisa, apesar de ter sido compostado, acarretou problemas na germinação das sementes. De acordo com Pereira Neto (2007), o processo de compostagem ocorre em quatro fases: aquecimento (12 a 24 horas), degradação ativa (70 a 90 dias), resfriamento (2 a 5 dias) e maturação (30 a 60 dias). Visto que o composto orgânico proveniente da Usina de São Geraldo tinha por volta de 100 dias, percebe-se que não houve tempo suficiente para sua finalização, ou seja, sua completa maturação, pois foi verificado um aumento na sua temperatura de 26,2°C para 35°C, medida por um termômetro de solo, após a semeadura. Este aumento influenciou no sucesso da germinação em tubetes, pois as temperaturas ideais para germinação de sementes de *Eucalyptus* são de 15 a 35°C (BRASIL, 1992). Com isto, simultaneamente à semeadura em tubetes, realizou-se uma semeadura em uma sementeira apropriada (Figura 3), composta pelo substrato de resíduos sólidos urbanos (SRSU) e material drenante (brita). Após 30 dias, a sementeira apresentou uma quantidade de plântulas necessárias para a condução do experimento, proporcionando sua repicagem, com o terceiro par de folhas, para os tubetes. Estas plântulas foram mantidas à sombra (50%) por sete dias, para o sucesso do seu pegamento.



Fonte: Davide e Faria (2008).

Figura 3 – Planta da sementeira (a) e corte transversal (b).

Simultaneamente à prática de repicagem feita com as plântulas para o composto de resíduos sólidos urbanos (SRSU), realizou-se o desbaste das plântulas excedentes do substrato comercial, escolhendo-se a mais vigorosa e central em cada tubete.

As adubações nitrogenadas, tanto com a ARS quanto com o adubo mineral, foram realizadas a cada sete dias, a partir de 10 dias após as práticas culturais (repicagem e desbaste) até aos 75 dias após a germinação. Intercaladas com a adubação nitrogenada, foram feitas adubações com potássio, a cada 14 dias, totalizando em 6 e 3 aplicações, respectivamente. A recomendação utilizada foi composta por 1 kg de sulfato de amônio e, ou, 300 g de cloreto de potássio em 100 L de água, sendo suficiente para adubação de 10.000 mudas (GONÇALVES; POGGIANI, 1996). A disponibilidade de micronutrientes para as mudas foi proveniente do substrato e da ARS.

No Quadro 11 encontram-se as quantidades de macro e micronutrientes aplicadas nas mudas pelas adubações de cobertura (adubação orgânica + adubação mineral) durante a fase experimental, em cada tratamento. Estes valores se basearam nas concentrações existentes na ARS e no seu volume total aplicado, bem como nas quantidades aplicadas de adubo mineral.

As mudas foram irrigadas diariamente com uma lâmina média de 5 mm, parcelada em três vezes, nos horários de 10, 13 e 16 horas. Esta lâmina foi aproximada da recomendação por Gruber (2006) para produção de mudas de eucalipto (6 mm) na região de Bofete, SP, no inverno. A irrigação foi realizada por microaspersores que apresentaram vazão média de 56,3 L h⁻¹ e uma uniformidade de emissão de 95%.

As fertirrigações com os adubos minerais foram efetuadas com a aplicação da terceira parcela da lâmina de irrigação (16 horas), sendo aplicados 1,92 L em cada tratamento com suas respectivas repetições, volume indicado de acordo com o preparo da solução supracitada. A aplicação da ARS exigiu maior volume para suprir a demanda equivalente de nitrogênio, com isto, as aplicações foram realizadas com as lâminas da 1.^a e da 3.^a irrigação do dia.

Quadro 11 – Quantidade de macro e micronutrientes fornecidas às mudas de eucalipto pelas adubações de cobertura (adubação orgânica + adubação mineral) durante a fase experimental, em cada tratamento

Elemento	ARS ₁	ARS ₂	ARS ₃	ARS ₄	ARS ₅
----- g -----					
N	23,04	23,04	23,04	23,04	23,04
P	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3
K	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0
S	26,5	20,06	13,61	7,15	0,73
Ca	0	0,83	1,65	2,47	3,3
Mg	0	0,4	0,8	1,2	1,6
----- mg -----					
Fe	0	147,5	294,9	442,4	589,8
Cu	0	5,6	11,2	16,7	22,3
Zn	0	21,9	43,9	65,9	87,9
Mn	0	12,7	25,4	38,1	50,8
Na	0	1253,4	2506,7	3760,0	5013,4

* ARS₁: 0% do N fornecido pela ARS e 100% pela adubação mineral; ARS₂: 25% do N fornecido pela ARS e 75% pela adubação mineral; ARS₃: 50% do N fornecido pela ARS e 50% pela adubação mineral; ARS₄: 75% do N fornecido pela ARS e 25% pela adubação mineral; ARS₅: 100% do N fornecido pela ARS e 0% pela adubação mineral.

A partir dos 75 dias após semeadura, foi realizada a rustificação das mudas, que consiste no corte das adubações de cobertura e na diminuição da quantidade de água na irrigação.

Durante o período de produção de mudas, foram feitas pulverizações com Decis® e Opera®, com o objetivo de controlar a incidência de lagartas e fungos causadores de tombamentos das mudas, respectivamente. As pulverizações foram realizadas semanalmente até o devido controle, por volta dos 45 dias.

3.4. Delineamento experimental

Por motivo da adoção de um diferente trato cultural, a repicagem, nas plântulas obtidas com o composto de resíduos sólidos urbanos (SRSU), optou-

se por comparar os tratamentos dentro de cada substrato, isoladamente. O experimento foi montado em esquema fatorial 5x2, composto por 10 tratamentos (5 proporções de ARS complementadas com adubação nitrogenada mineral e 2 idades das mudas), com repetições diferentes. Os tratamentos realizados em cada substrato foram:

- ARS₁- DAS₁: 0% do N fornecido pela ARS e 100% pela adubação mineral / 75 DAS*
- ARS₂- DAS₁: 25% do N fornecido pela ARS e 75% pela adubação mineral / 75 DAS
- ARS₃- DAS₁: 50% do N fornecido pela ARS e 50% pela adubação mineral / 75 DAS
- ARS₄- DAS₁: 75% do N fornecido pela ARS e 25% pela adubação mineral / 75 DAS
- ARS₅- DAS₁: 100% do N fornecido pela ARS e 0% pela adubação mineral / 75 DAS
- ARS₁- DAS₂: 0% do N fornecido pela ARS e 100% pela adubação mineral / 90 DAS
- ARS₂- DAS₂: 25% do N fornecido pela ARS e 75% pela adubação mineral / 90 DAS
- ARS₃- DAS₂: 50% do N fornecido pela ARS e 50% pela adubação mineral / 90 DAS
- ARS₄- DAS₂: 75% do N fornecido pela ARS e 25% pela adubação mineral / 90 DAS
- ARS₅- DAS₂: 100% do N fornecido pela ARS e 0% pela adubação mineral / 90 DAS

* DAS₁: 75 dias após a semeadura;
DAS₂: 90 dias após a semeadura.

Devido às perdas de algumas repetições no final do experimento, a avaliação das mudas no substrato comercial com as combinações das adubações ARS₁, ARS₄ e ARS₅ foi composta por quatro repetições e as demais por três, e no substrato composto de resíduos sólidos urbanos a avaliação das mudas nas combinações ARS₂ e ARS₅ foi composta por quatro repetições e as demais por três. O delineamento experimental adotado para cada substrato foi o de blocos casualizados. A parcela foi constituída por 48 mudas, das quais 30 corresponderam à área útil e 18 à bordadura. Foram realizadas duas avaliações correspondentes aos 75 e aos 90 dias após a semeadura, cada uma composta por 15 mudas.

As proporções de ARS forneceram às mudas, além do nitrogênio, outros nutrientes essenciais. Com isto, fez-se uma correção na adubação de cobertura quanto ao fósforo e ao potássio correspondente a 100% das suas concentrações fornecidas na proporção ARS₅. Essa adubação complementar foi realizada com fosfato de sódio e cloreto de potássio.

3.5. Características avaliadas

Aos 75 e 90 dias da semeadura, 15 mudas foram coletadas para as avaliações das seguintes características morfológicas e suas relações: altura das mudas (H), diâmetro do coleto (DC), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR), massa seca total (MST), relação da altura da muda/diâmetro do coleto (H/DC), relação da massa seca da parte aérea/massa seca da raiz (MSPA/MSR) e o índice de qualidade de Dickson (IQD). Avaliaram-se, também, as características nutricionais (macro e micronutrientes) da folha, do caule e da raiz.

A altura das mudas foi obtida com a utilização de uma régua milimetrada, medida do nível do substrato até a ponta das últimas folhas, e o diâmetro do coleto foi medido utilizando-se um paquímetro digital. A MSPA, a MSR e a MST foram obtidas após a secagem em estufa com circulação forçada de ar, sob temperatura de 65°C até atingir massa constante. Para tal finalidade, separou-se a parte aérea da raiz cortando-se no nível do coleto da planta, sendo lavadas com água destilada, acondicionadas em embalagens de papel e direcionadas para a estufa. Após esta operação, o material foi resfriado em um dessecador de sílica gel, em seguida pesado em uma balança digital (precisão de 0,01 g) para a quantificação da massa da matéria seca.

O índice de qualidade de Dickson (IQD) foi obtido em função da MST, da H, do DC, da MSPA e da MSR, segundo a seguinte fórmula (DICKSON et al., 1960 *apud* CARNEIRO, 1995):

$$IQD = \left(\frac{MST}{\frac{H}{DC} + \frac{MSPA}{MSR}} \right) \quad (1)$$

em que MST é massa seca total (g); H, altura (cm); DC, diâmetro do coleto (mm); MSPA, massa seca da parte aérea (g); e MSR, massa seca da raiz (g).

As análises químicas da nutrição da planta foram realizadas após a moagem do material em moinho tipo Willey de aço inoxidável. As amostras moídas passaram por digestão sulfúrica, determinando-se o nitrogênio e

digestão nítrico-perclórica, na qual quantificaram-se as concentrações de fósforo, potássio, enxofre, cálcio, magnésio, ferro, cobre, zinco, manganês e sódio, conforme metodologia indicada por Embrapa (1999).

3.6. Análise dos dados

Nas avaliações realizadas aos 75 e aos 90 dias após a semeadura, foram utilizadas, em cada uma, 15 mudas. Os dados das variáveis de qualidade das mudas e da análise nutricional das plantas foram submetidos à análise de variância, e as médias foram comparadas utilizando-se o teste de Tukey a 5% de probabilidade. Esses dados foram analisados estatisticamente com a utilização dos programas aplicativos SAEG 9.1 (UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA – UFV, 2007) e Excel.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A água residuária da suinocultura utilizada na adubação de cobertura das mudas de *Eucalyptus urophylla* apresentou maiores concentrações do nitrogênio, seguido do potássio e do fósforo (Quadro 7). Conforme estudos de Batista (2007) e Souza (2009) com a água residuária da suinocultura da mesma procedência, nota-se que os valores médios de nitrogênio total estão bem próximos, 411 e 480 mg L⁻¹, respectivamente, assim como outras características. Dentre os micronutrientes, o Fe destaca-se com maior concentração. Observa-se ainda que o Na apresentou valor médio de 87,8 mg L⁻¹, o que não provocou danos às mudas após a aplicação da ARS, tomando-se o N como referência da dose. Tanto o valor determinado para a Demanda Bioquímica de Oxigênio (572 mg L⁻¹) quanto para outras características (Quadro 7) são inferiores àqueles indicados na literatura, tal fato pode estar relacionado à ocorrência da diluição e ao peneiramento deste dejetos líquido.

As análises químicas dos substratos antes da semeadura (Quadro 8) indicaram concentrações consideráveis de nutrientes, com destaque para fósforo, ferro e manganês no substrato SCP, enquanto o composto de resíduos sólidos urbanos (SRSU) possui maiores concentrações de cálcio, ferro, cobre, zinco e manganês. Ambos possuem alta concentração de carbono total (orgânico + mineral) e baixa de nitrogênio, resultando em uma alta relação C/N. Segundo a Instrução Normativa SDA n.º 27/2006 (BRASIL, 2009), que estabelece limites máximos de contaminantes admitidos em fertilizantes

orgânicos, verifica-se que as concentrações do chumbo (somente encontrado no SRSU) e do cromo estão abaixo do permitido. O pH apresentou valor acima de 7,0 para ambos os substratos, sendo de grande importância para o crescimento da planta, devido ao seu efeito na disponibilidade de nutrientes, porém, ele se encontra acima da faixa indicada ideal de 5,5 a 6,5, recomendada por Valeri e Corradini (2000), para ampla disponibilidade dos elementos às plantas.

De acordo com a escala de valores para interpretação de características físicas e químicas de substratos usados para produção de mudas de espécies florestais no sistema de tubetes, proposta por Gonçalves e Poggiani (1996), verifica-se que para o SCP os valores de massa específica global, de macroporosidade e da porosidade total, estão em níveis considerados médios, enquanto a microporosidade se encontra em nível adequado. Para o SRSU, apenas a massa específica global está adequada, a microporosidade e a porosidade total estão em um nível médio, e a macroporosidade foi considerada em um nível baixo. A relação C/N de ambos encontra-se acima da considerada adequada (8 a 12/1) (GONÇALVES; POGGIANI, 1996).

A análise estatística dos dados foi realizada isoladamente para cada substrato (substrato à base de casca de pinus e do composto de resíduos sólidos urbanos), pois no substrato composto por resíduos sólidos urbanos a germinação foi prejudicada devido ao aumento de sua temperatura após a semeadura em tubetes, e não proporcionou a quantidade de plântulas necessárias para a condução do experimento. Diante desta situação, foram aproveitadas as plântulas da sementeira construída.

Nesta etapa, serão apresentados e discutidos os valores das características morfológicas que indicam a qualidade das mudas seguida de uma avaliação de seu estado nutricional, em cada substrato. As médias de todas as características avaliadas em função das proporções de ARS foram obtidas a partir de uma média geral com os valores das duas idades, aos 75 e 90 dias após a semeadura. As representações gráficas foram realizadas apenas para as características avaliadas nas mudas que apresentaram significância estatística do fator proporções de ARS.

Os valores médios tanto das características morfológicas como dos teores de nutrientes analisados na folha, caule e raiz estão no Apêndice A para o substrato de casca de pinus e no Apêndice B para o composto de resíduos sólidos urbanos.

4.1. Substrato à base de casca de Pinus (SCP)

4.1.1. Características morfológicas das mudas

No Quadro 12 estão os resumos das análises de variância para altura (H), diâmetro do coleto (DC) e a relação das duas variáveis (H/DC), e no Quadro 13 para massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR), massa seca total (MST), relação das massas secas da parte aérea e raiz (MSPA/MSR) e Índice de Qualidade de Dickson (IQD).

A análise de variância mostrou que os fatores proporções de ARS (PARS) e idades das mudas (DAS: dias após a semeadura), isoladamente, foram significativos para quase todas as características avaliadas. Observou-se que não houve interação significativa entre proporções de ARS e idades das mudas em relação a nenhuma das características avaliadas, ou seja, estas características não são dependentes da combinação desses dois fatores.

A Figura 4 mostra os resultados do teste de médias para as características morfológicas que foram significativas para as proporções de ARS no teste "F". Os valores médios correspondentes às figuras encontram-se no Quadro 1A.

Verifica-se que a altura apresentou valor médio superior quando as plantas foram submetidas à proporção ARS₁ (100% do N fornecido via adubação mineral), porém difere, estatisticamente, apenas da proporção ARS₅ (100% da adubação de N via ARS). A ARS₅, por sua vez, não difere da ARS₃ e ARS₄. A ARS₁ foi composta por 100% da adubação nitrogenada com sulfato de amônio e indicou um valor médio na altura de 22,81 cm (Figura 4A).

Quadro 12 – Resumo da análise de variância da altura da parte aérea (H), diâmetro do coleto (DC) e relação da altura da parte aérea/diâmetro do coleto (H/DC) de mudas de *Eucalyptus urophylla*

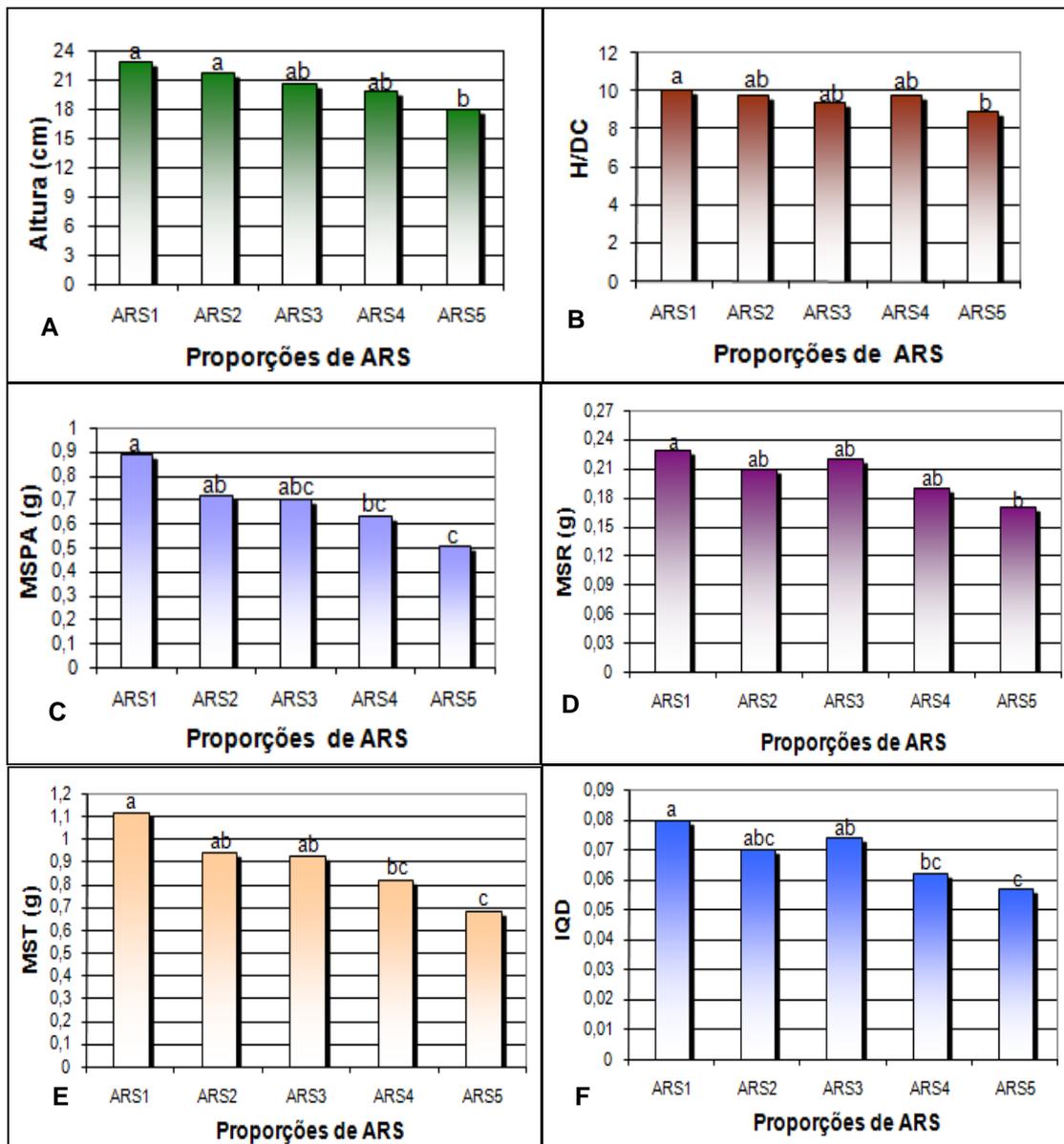
Fonte de variação	G.L.	Quadrados médios		
		H	DC	H/DC
Bloco	3	4,9898	0,0029	1,3650
Proporção ARS (PARS)	4	26,2802**	0,1016ns	1,4142*
Idades das mudas (DAS)	1	281,9461**	2,9485**	0,0006ns
PARS x DAS	4	16,7335ns	0,0458ns	0,2467ns
Resíduo	23	104,8740	0,04636	0,4417
CV (%)		10,34	10,12	6,84

* Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F; ** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F; ns - não significativo a 5% de probabilidade; G.L. - graus liberdade; CV (%) - coeficiente de variação.

Quadro 13 – Resumo da análise de variância das características morfológicas das mudas de *Eucalyptus urophylla*: massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR), massa seca total (MST), relação das massas secas da parte aérea e raiz (MSPA/MSR) e Índice de Qualidade de Dickson (IQD)

Fonte de variação	G.L.	Quadrados médios				
		MSPA	MSR	MST	MSPA/MSR	IQD
Bloco	3	0,0300	0,0039	0,0502	0,4665	0,0002
Proporção ARS (PARS)	4	0,1517**	0,0052*	0,2099**	0,6287ns	0,0006**
Idades das mudas (DAS)	1	0,6165**	0,0090*	0,7748**	4,7723**	0,0031**
PARS x DAS	4	0,0187ns	0,0003ns	0,0238ns	0,1166ns	0,0001ns
Resíduo	23	0,0150	0,0012	0,0213	0,2530	0,0001
CV (%)		17,66	17,02	16,20	15,13	14,93

* Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F; ** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F; ns - não significativo a 5% de probabilidade; G.L. - graus liberdade; CV (%) - coeficiente de variação.



* ARS₁: 0 % do N fornecido pela ARS e 100% pela adubação mineral; ARS₂: 25% do N fornecido pela ARS e 75% pela adubação mineral; ARS₃: 50% do N fornecido pela ARS e 50% pela adubação mineral; ARS₄: 75% do N fornecido pela ARS e 25% pela adubação mineral; ARS₅: 100% do N fornecido pela ARS e 0% pela adubação mineral.

* Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste "Tukey".

Figura 4 – Valores médios das características morfológicas: A - altura, B- relação altura/diâmetro do coleto, C - massa seca da parte aérea, D - massa seca da raiz, E - massa seca total e F - Índice de Qualidade de Dickson em função das proporções de ARS.

A altura das mudas é uma das características mais utilizadas para a avaliação da sua qualidade. E o valor mínimo de altura da muda para plantio é de 15 cm, estabelecido por Guerreiro e Colli Júnior (1984). Todas as proporções de ARS se enquadraram no padrão, inclusive a ARS₅, a qual apresentou menor média, 17,97 cm.

A ARS utilizada no presente trabalho proporcionou bom desenvolvimento das mudas de eucalipto com ênfase em suas alturas, tal fato também foi verificado por Pelissari et al. (2009) ao utilizarem esse dejetos líquido. Os autores relataram que a ARS produziu maior efeito positivo para altura de mudas de eucalipto. A pesquisa baseou-se na utilização deste dejetos como irrigação para produção de mudas de *Eucalyptus grandis* utilizando-se uma lâmina diária de 12 mm.

A relação altura/diâmetro do coleto (H/DC) apresentou comportamento semelhante (Figura 4B) ao observado em relação à altura em função das proporções de ARS, com destaque de a maior média ter sido obtida em plantas submetidas à proporção ARS₁, a qual difere apenas das obtidas nas plantas submetidas à ARS₅. Observa-se, ainda, que a proporção ARS₅ não diferiu das ARS₂, ARS₃ e ARS₄. Tal relação exprime a qualidade das mudas em qualquer estágio de desenvolvimento, que, segundo Carneiro (1995), deve situar-se no intervalo de 5,4 a 8,1 para *Pinus* sp. Considerando que esse intervalo possa ser utilizado para mudas de eucalipto, no presente estudo foram observados valores médios superiores a 9,0 (Figura 4B), que, no entanto, não afetaram negativamente a qualidade das mudas, pois estas atingiram altura e diâmetro do coleto ideais para o plantio. Em pesquisas realizadas com produção de mudas de eucalipto por outros autores também foram determinados índices mais elevados, como, por exemplo, Lopes et al. (2007) e Lopes (2008).

A massa seca da parte aérea (MSPA), a massa seca da raiz (MSR) e a massa seca total (MST) foram maiores nas mudas pertencentes à proporção ARS₁. Porém para as características MSPA e MST avaliadas nas mudas, a proporção ARS₁ apresentou diferença estatística em relação às proporções ARS₄ e ARS₅; e na MSR apenas à ARS₅. O acúmulo de biomassa é uma característica importante relacionada ao crescimento da planta, quanto maior o valor da MST, melhor a qualidade da muda. De acordo com Kozlowski et al. (1991), o crescimento inicial das plantas no campo depende de fotossintatos

armazenados pela muda. O maior acúmulo de fotossintatos ocorre na parte aérea da muda. Em contrapartida, quando alguns nutrientes limitam o crescimento vegetal, como o N e o P, as raízes transformam-se em um forte dreno de carboidratos, causando, assim, maior limitação ao crescimento da parte aérea do que da raiz (ARAÚJO; MACHADO, 2006).

O Índice de Qualidade de Dickson é mencionado como bom indicador do padrão de qualidade das mudas, pois considera em seu cálculo a robustez e o equilíbrio da distribuição da biomassa (FONSECA, 2000). Hunt (1990 *apud* GOMES, 2001) estabelece um valor mínimo de 0,20 como bom indicador da qualidade de mudas de *Pseudotsuga menziesii* e *Picea abies*. Considerando o IQD médio encontrado, no presente ensaio, para mudas de *Eucalyptus urophylla*, esta referência não foi adequada para comparação, pois apresentou um intervalo de 0,057 a 0,08 (Figura 4F). O maior índice foi alcançado pelas plantas submetidas à proporção de ARS₁, com uma média de 0,08, em que se diferenciou, pelo teste de “Tukey” a 5% de probabilidade, das submetidas a ARS₄ e ARS₅. Este índice também não foi adequado para avaliar a qualidade das mudas de *Eucalyptus badjensis*, conforme observado por Maeda et al. (2006), pois os IQDs avaliados estão no intervalo de 0,02 a 0,09. Porém, considerando a produção de mudas de eucalipto em tubetes com volume aproximado de 50 cm³, verificou-se em trabalhos de outros pesquisadores um valor médio em torno de 0,03, avaliado aos 90 dias (GOMES, 2001; BINOTTO, 2007). Valores médios de IQD superiores a 0,2 foram encontrados por Gomes (2001) em mudas de *Eucalyptus grandis* produzidas em tubetes maiores (200 e 280 cm³) com 120 dias de idade.

O fator proporção de ARS não foi significativo pelo teste F para a característica diâmetro do coleto (DC) (Quadro 12), mas esta proporção apresentou valor médio superior a 2 mm nas plantas submetidas a todas as combinações entre adubo mineral e orgânico (ARS). Este valor se enquadra no padrão mínimo para o plantio sugerido por Guerreiro e Colli Júnior (1984).

O fator proporção de ARS também não foi significativo pelo teste F para a característica relação massa seca da parte aérea/massa seca da raiz (MSPA/MSR), porém as mudas correspondentes apresentaram médias superiores a 3,0. Considerando 2,0 a melhor relação entre a massa seca da parte aérea e a massa seca de raiz, conforme Brissette (1984 *apud* CRUZ et

al., 2006), a relação mínima determinada nesta pesquisa não se ajusta. No entanto, relações superiores a 2,0 também foram obtidas por Gomes (2001).

Com o intuito de verificar a possibilidade de adquirir mudas com padrões adequados ao plantio no campo em um tempo inferior a 90 dias após a semeadura, avaliaram-se todas as características em duas idades das mudas, aos 75 e aos 90 dias após a semeadura. No Quadro 14, observam-se maiores médias para as características avaliadas aos 90 dias, exceto para H/DC, que não se diferenciou da avaliação feita aos 75 dias. Os valores considerados ideais (Quadro 5) referentes à maioria das características morfológicas foram evidenciados aos 90 dias, inclusive maior acúmulo de matéria seca. Portanto, considerando-se apenas a altura aos 75 dias como uma característica de inferência sobre a qualidade de mudas, pode-se verificar a adequação ao padrão, todavia quando se analisa o diâmetro de coleto, o valor já não é indicado.

Quadro 14 – Valores médios das características morfológicas das mudas em função da idade das mudas, aos 75 (DAS₁) e 90 (DAS₂) dias após a semeadura

Idade das mudas (dias) ¹	H (cm)	DC (mm)	H/DC	MSPA (g)	MSR (g)	MST (g)	MSPA/MSR	IQD
DAS ₁	17,82b ²	1,83b	9,73a	0,56b	0,19b	0,75b	2,95b	0,059b
DAS ₂	23,46a	2,42a	9,69a	0,82a	0,22a	1,05a	3,69a	0,078a

1 - Dias após a semeadura: DAS₁ (75 dias) e DAS₂ (90 dias).

2 - Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, a 1% de probabilidade, pelo teste "F".

Alguns autores com pesquisas voltadas à produção de mudas de eucalipto relataram a obtenção de mudas aptas ao plantio com um tempo inferior a 90 dias. Dentre esses pesquisadores, Barroso et al. (2000) produziram mudas de *Eucalyptus camaldulensis* e *E. urophylla* em blocos prensados, obtendo valores de altura e diâmetro do colo que permitissem seu

plântio aos 75 dias. Pelissari et al. (2009) afirmaram que a ARS propiciou a obtenção de uma relação altura/diâmetro que pode antecipar a produção de mudas de *Eucalyptus* de 90 para 60 dias.

4.1.2. Avaliação do estado nutricional das mudas

4.1.2.1. Concentrações de macronutrientes na folha, no caule e na raiz

O Quadro 15 mostra resumo da análise de variância das variáveis nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), enxofre (S), cálcio (Ca) e magnésio (Mg), avaliados na folha, caule e raiz de mudas de *Eucalyptus urophylla*.

Quadro 15 – Resumo da análise de variância dos macronutrientes avaliados na folha, no caule e na raiz das mudas de *Eucalyptus urophylla*

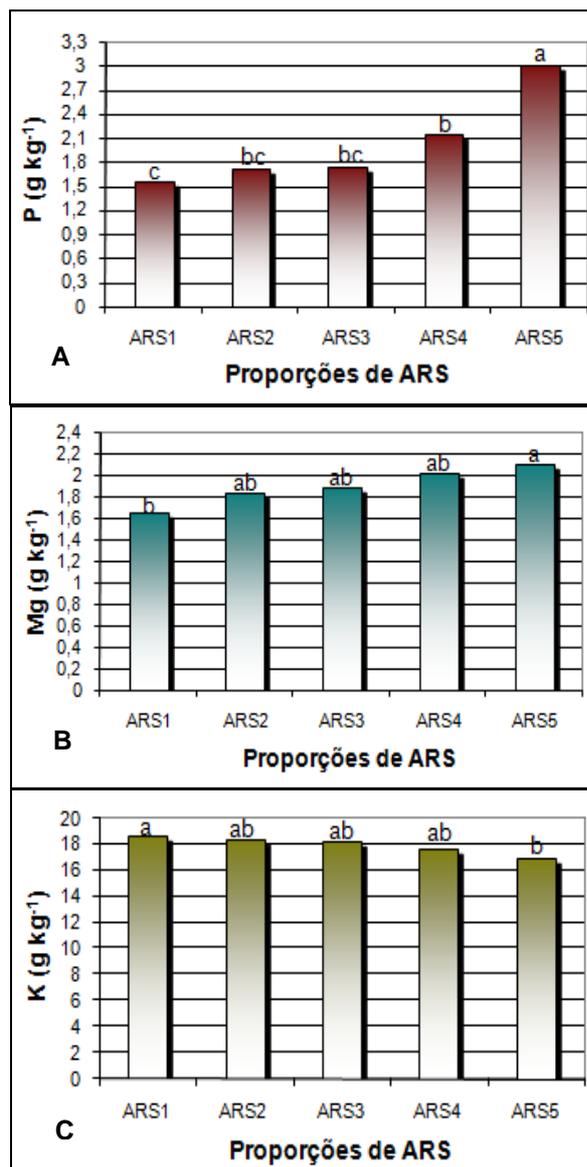
FV	G.L.	Quadrados médios					
		N	P	K	S	Ca	Mg
----- Folha -----							
Bloco	3	3,1597	0,1215	0,4550	0,2208	3,1687	0,2947
Proporção ARS (PARS)	4	10,3630ns	2,5932**	113,6879**	0,1994ns	1,0591ns	0,2337*
Idades das mudas (DAS)	1	50,3172*	2,3372**	124,5334**	0,4020ns	7,3738**	0,1012ns
PARS x DAS	4	5,6195ns	0,0468ns	2,0905ns	0,5583ns	1,8039ns	0,1844*
Resíduo	23	6,6643	0,1251	2,9333	0,6789	0,8283	0,0639
CV (%)		10,25	17,30	12,89	41,88	23,40	13,44
----- Caule -----							
Bloco	3	0,5939	0,2183	7,3054	0,3601	0,8975	0,0197
Proporção ARS (PARS)	4	8,5544*	9,4723**	133,3669**	1,5217*	11,7239**	0,7285**
Idades das mudas (DAS)	1	12,6240ns	0,2098ns	114,2325**	0,1923ns	1,9054ns	2,6203**
PARS x DAS	4	6,9498ns	0,0537ns	9,0351ns	0,3860ns	0,2933ns	0,0049ns
Resíduo	23	3,0205	0,3212	4,3384	0,4098	1,2334	0,0579
CV (%)		12,47	18,58	13,17	51,52	20,44	16,55
----- Raiz -----							
Bloco	3	0,6945	0,1777	0,5792	0,1256	11,6336	0,5566
Proporção ARS (PARS)	4	1,8026ns	0,2937**	5,6051**	1,3426**	0,8767ns	0,0791ns
Idades das mudas (DAS)	1	53,7359**	0,1623ns	0,0453ns	4,4176**	0,0149ns	0,8804**
PARS x DAS	4	2,6450ns	0,0394ns	1,0717ns	0,3087*	0,3229ns	0,0089ns
Resíduo	23	2,2368	0,0466	0,6596	0,0986	57,8922	0,0992
CV (%)		12,37	15,12	16,33	22,56	43,28	24,18

* Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F; ** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F; ns - não significativo a 5% de probabilidade; FV – fonte de variação; G.L. - graus liberdade; CV (%) - coeficiente de variação.

As proporções de ARS testadas, independentemente da idade das mudas, promoveram teores de nutrientes, estatisticamente significativos, em nível de 1% e 5% de probabilidade pelo teste “F”, para todos os macronutrientes avaliados no caule e para alguns na folha e na raiz. Na folha, o fator proporção de ARS influenciou nas concentrações de P, K e Mg, e na raiz de P, K e S. Observa-se influência da idade das mudas para alguns macronutrientes avaliados nas diferentes partes das mudas. Observa-se, ainda, que houve interação significativa entre os fatores proporção ARS x DAS para o magnésio (Mg) na folha e para o enxofre (S) na raiz, o que não foi observado em relação a nenhuma característica avaliada no caule.

A Figura 5 mostra os efeitos das proporções de ARS nas concentrações de macronutrientes na folha das plantas. Os valores médios correspondentes às figuras e as variáveis não significativas para as diferentes proporções de ARS encontram-se no Quadro 2A.

Pode-se observar, na Figura 5, que as concentrações médias de fósforo (P) e magnésio (Mg) nas folhas foram maiores nas plantas submetidas à proporção ARS₅, e do potássio (K) na proporção ARS₁. Torna-se importante ressaltar que as adubações de fósforo e potássio foram realizadas com base nas concentrações existentes na ARS, aplicando-se nas mudas submetidas às proporções ARS₁, ARS₂, ARS₃ e ARS₄ as quantidades necessárias de adubo mineral para atingir os valores de N via ARS (aplicados pela proporção ARS₅). A adubação com magnésio foi apenas a proporcionada pela concentração existente na ARS (Quadro 7).



* ARS₁: 0% do N fornecido pela ARS e 100% pela adubação mineral; ARS₂: 25% do N fornecido pela ARS e 75% pela adubação mineral; ARS₃: 50% do N fornecido pela ARS e 50% pela adubação mineral; ARS₄: 75% do N fornecido pela ARS e 25% pela adubação mineral; ARS₅: 100% do N fornecido pela ARS e 0% pela adubação mineral.

* Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste "Tukey".

Figura 5 – Concentrações médias de fósforo (A), magnésio (B) e potássio (C) nas folhas das plantas em função das proporções de ARS.

A maior concentração média de fósforo encontrada nas folhas das mudas submetidas à proporção ARS₅ difere estatisticamente, a 5% de probabilidade, pelo teste de “Tukey”, das demais concentrações. Nota-se que também houve diferença entre as médias da ARS₄ e da ARS₁. Este maior teor de fósforo nas folhas pode estar relacionado com a fração orgânica da água residuária da suinocultura e/ou ao fósforo adsorvido aos sólidos em suspensão acumulados ao longo das aplicações, nos tubetes, proporcionando uma maior disponibilidade desse nutriente, com o tempo. Observa-se no Quadro 7 o valor de 212 mg L⁻¹ correspondente aos sólidos suspensos, obtidos na análise da ARS utilizada no presente trabalho. Segundo Matos (2007), o fósforo total é constituído pela soma do fósforo em solução (ortofosfatos), fósforo adsorvido aos sólidos em suspensão e fósforo orgânico. O fósforo na forma orgânica pode fazer parte de compostos ou ficar retido fracamente a materiais orgânicos.

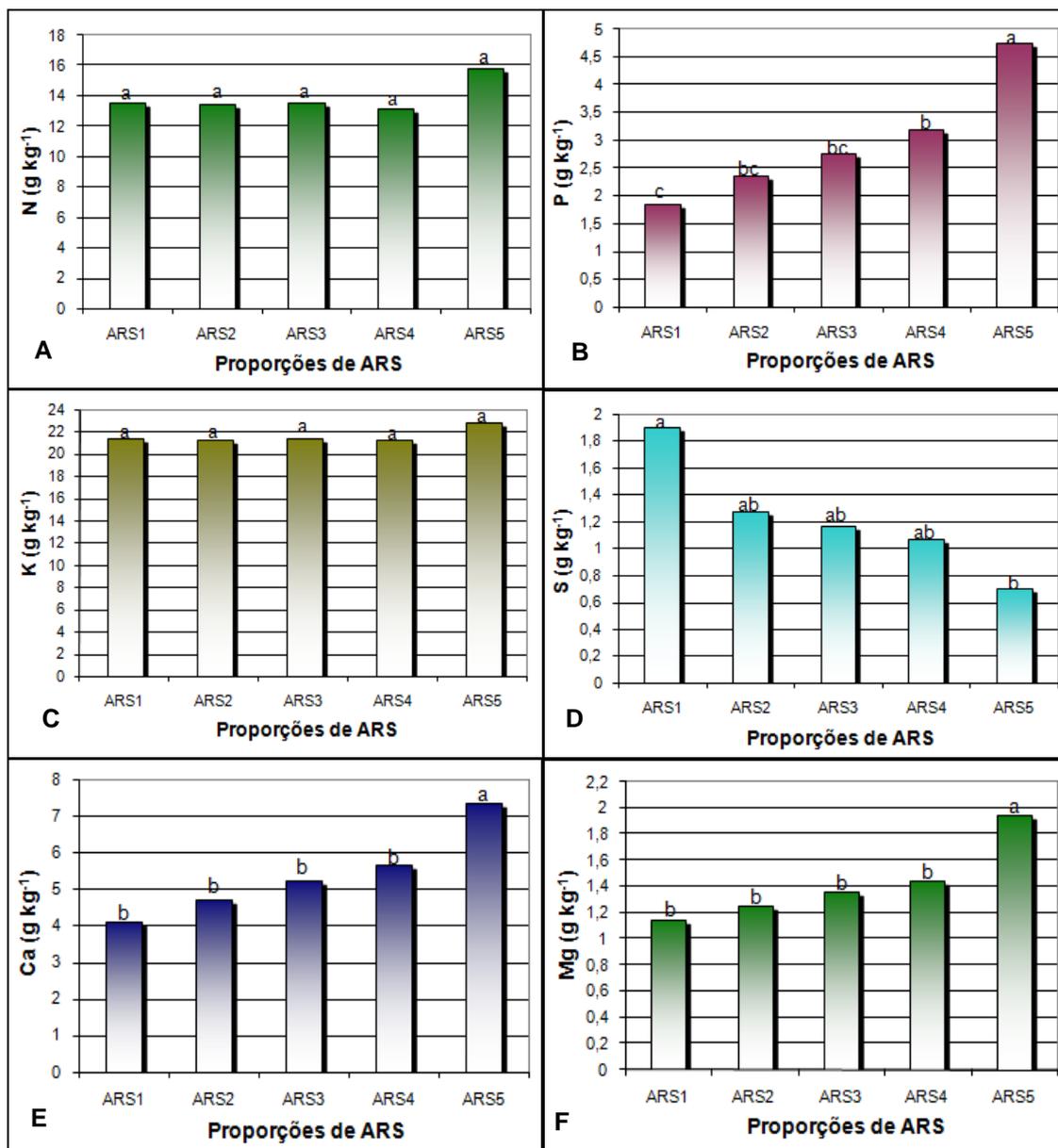
O maior teor de magnésio nas plantas quando submetidas à proporção ARS₅ relaciona-se à aplicação da ARS, pois difere apenas da ARS₁, que não recebeu esse dejetos tampouco adubação mineral com este nutriente (Quadro 11).

Em contrapartida, o potássio identificado nas folhas das mudas que receberam toda a adubação de cobertura composta por adubo mineral (ARS₁), apresenta diferença significativa quando comparado apenas com as concentrações obtidas nas mudas submetidas à proporção ARS₅, composta por 100% de ARS. A ARS₅, por sua vez, não difere das proporções ARS₂, ARS₃ e ARS₄. As adubações complementares do potássio foram realizadas com o fertilizante cloreto de potássio (KCl), as quais foram bem aproveitadas pelas mudas, mesmo diante das frequentes irrigações que intensificam as perdas dos nutrientes pelo processo de lixiviação. O teor de K na matéria orgânica é extremamente pequeno, pois se restringe ao K na fração orgânica viva (ERNANI et al., 2007). Barros e Novais (1990) afirmam que a necessidade de K aumenta com o acúmulo de biomassa e, portanto, com a idade do eucalipto.

O teor dos macronutrientes no caule, em função das proporções de ARS, encontra-se na Figura 6. Os teores de nitrogênio e de potássio, apesar de terem sido significativos no teste “F”, não apresentaram diferença significativa pelo teste de “Tukey”. As maiores concentrações de fósforo (P), cálcio (Ca) e

magnésio (Mg) foram identificadas nas plantas quando submetidas à proporção ARS₅, que, por sua vez, diferem das submetidas às demais proporções. O comportamento do fósforo no caule das mudas submetidas às proporções de ARS foi semelhante ao relatado na folha, ou seja, a segunda maior concentração, representada pela proporção ARS₄, difere estatisticamente da menor concentração indicada na ARS₁. Por outro lado, o enxofre apresentou maior concentração no caule das mudas submetidas à proporção ARS₁. Levando em consideração a adubação mineral com sulfato de amônio, fonte de enxofre, era previsível encontrar maiores concentrações desse nutriente nas mudas que receberam proporções complementares (ARS₁, ARS₂, ARS₃ e ARS₄), visto que maiores quantidades foram fornecidas (Quadro 11). Porém as quantidades fornecidas nas proporções de 75, 50 e 25% de ARS não apresentaram diferenças estatísticas com a proporção de 100% ARS, o que foi verificado apenas com a adubação composta por 100% de adubo mineral (ARS₁).

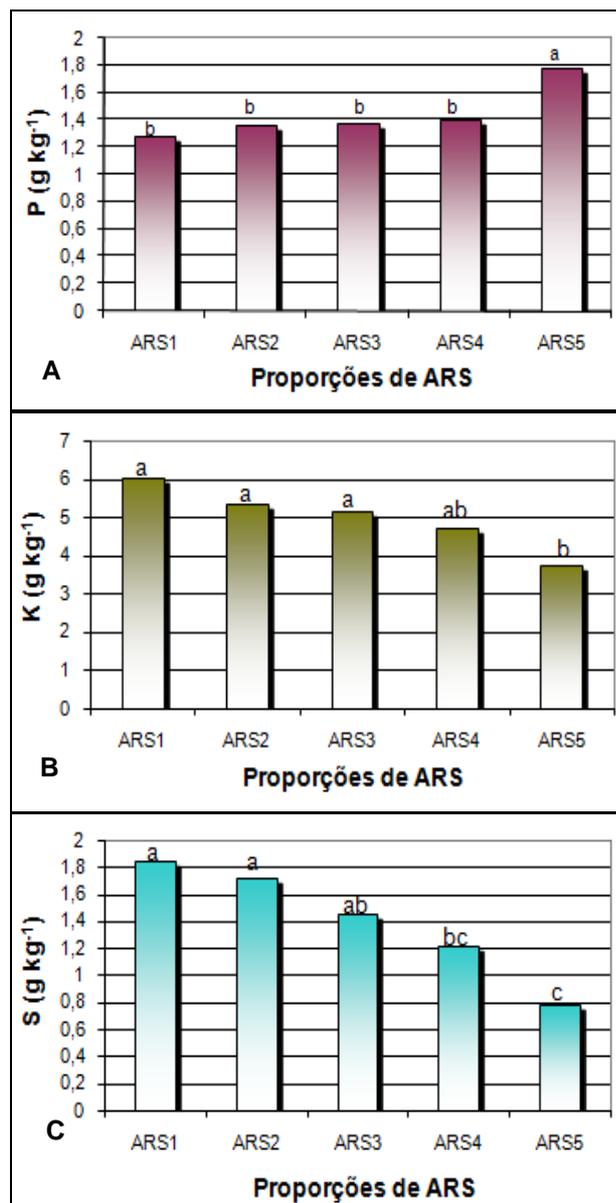
Na análise das raízes quanto à macronutrientes, conforme apresentado na Figura 7, pode-se verificar uma concentração de fósforo superior e diferenciada nas plantas submetidas à proporção ARS₅. Assim como na folha, a menor concentração de K na raiz foi obtida nas plantas submetidas à proporção ARS₅, porém esta não difere da apresentada nas plantas submetidas à proporção ARS₄. Efeito semelhante foi verificado para o enxofre nas raízes, com maior teor nas mudas quando submetidas a ARS₁, que por sua vez difere estatisticamente apenas das obtidas nas proporções ARS₄ e ARS₅, porém a ARS₄ não difere da ARS₃.



* ARS₁: 0% do N fornecido pela ARS e 100% pela adubação mineral; ARS₂: 25% do N fornecido pela ARS e 75% pela adubação mineral; ARS₃: 50% do N fornecido pela ARS e 50% pela adubação mineral; ARS₄: 75% do N fornecido pela ARS e 25% pela adubação mineral; ARS₅: 100% do N fornecido pela ARS e 0% pela adubação mineral.

* Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste "Tukey".

Figura 6 – Concentrações médias de nitrogênio (A), fósforo (B), potássio (C), enxofre (D), cálcio (E) e magnésio (F) no caule das plantas, em função das proporções de ARS.



* ARS₁: 0% do N fornecido pela ARS e 100% pela adubação mineral; ARS₂: 25% do N fornecido pela ARS e 75% pela adubação mineral; ARS₃: 50% do N fornecido pela ARS e 50% pela adubação mineral; ARS₄: 75% do N fornecido pela ARS e 25% pela adubação mineral; ARS₅: 100% do N fornecido pela ARS e 0% pela adubação mineral.

* Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste "Tukey".

Figura 7 – Concentrações médias de fósforo (A), potássio (B) e enxofre (C) nas raízes em função das diferentes proporções de ARS.

No Quadro 16 estão indicadas as concentrações dos macronutrientes na folha, no caule e na raiz das plantas aos 75 e aos 90 dias após a semeadura. Para aqueles nutrientes que apresentaram diferenças significativas entre as idades das mudas, suas concentrações aos 75 dias após a semeadura foram superiores às aquelas obtidas aos 90 dias após a semeadura. Tal fato está relacionado ao manejo adotado na fase de rustificação das mudas, com o corte das adubações de cobertura associado à redução na lâmina de irrigação. Esta é uma prática comum nos viveiros florestais com a finalidade de aumentar a resistência das mudas aos estresses nutricionais e hídricos no campo. De forma geral, este manejo proporcionou uma redução nas concentrações dos macronutrientes determinada nas plantas em virtude do efeito de diluição, causado pelo aumento na produção de massa seca (Quadro 14).

Quadro 16 – Concentrações médias dos macronutrientes na folha, no caule e na raiz das mudas aos 75 e 90 dias após a semeadura

Idades das mudas (dias) ¹	Macronutrientes (g/kg)					
	N	P	K	S	Ca	Mg
	----- Folha -----					
DAS ₁	26,43a ²	2,30a	15,21a	1,85a	4,34a	1,92a
DAS ₂	23,93b	1,78b	11,35b	2,08a	3,43b	1,83a
	----- Caule -----					
DAS ₁	14,50a	3,13a	17,59a	1,15a	5,67a	1,72a
DAS ₂	13,35a	2,96a	14,03b	1,32a	5,18a	1,18b
	----- Raiz -----					
DAS ₁	13,34a	1,50a	4,92a	1,74a	3,69a	1,46a
DAS ₂	10,82b	1,35a	5,01a	1,03b	3,63a	1,14b

1 - Dias após a semeadura: DAS₁ (75 dias) e DAS₂ (90 dias).

2 - Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, a 1% de probabilidade, pelo teste "F".

O efeito da diluição também foi reportado por Bataglia e Santos (1999) em seus estudos com a seringueira. Estes autores avaliaram o efeito de diferentes combinações de doses de fertilizantes NPK durante o período de formação do seringal, concluindo que as concentrações de S e K determinadas na planta foram afetadas pela adubação nitrogenada, ou seja, decréscimos nos teores em doses mais altas de N foram, possivelmente, devidos ao efeito de diluição verificado por causa do maior crescimento das árvores, promovido pela adubação com nitrogênio.

De forma geral, as maiores concentrações de nitrogênio (N), enxofre (S) e magnésio (Mg), foram observadas nas folhas das plantas. Para o fósforo (P), potássio (K) e cálcio (Ca), essa superioridade foi encontrada na análise do tecido do caule. Silveira et al. (2003) também encontraram distribuição diferenciada dos nutrientes nas mudas, como os teores de N e Mg nas folhas, K e Ca no caule e P e S nas raízes. No trabalho realizado por Gonçalves e Passos (2000), foram obtidas maiores concentrações de N, K e Mg nas folhas do que nos demais órgãos analisados, em cinco espécies de eucalipto, submetidas a déficit hídrico em dois níveis de adubação de fósforo. Segundo Mengel e Kirkby (1987), a folha é considerada um dos órgãos mais ativos das plantas, além de possuir elevada capacidade de remobilização e redistribuição interna dos nutrientes, proporcionando, conseqüentemente, maiores concentrações nesta parte da planta.

A análise de nutrientes do material vegetal é importante no diagnóstico do estado nutricional das plantas, a qual infere se o adubo utilizado supriu suas necessidades no decorrer do seu ciclo. Esta análise geralmente é realizada nas folhas.

O nitrogênio é um nutriente constituinte de vários compostos em plantas, como aminoácidos, ácidos nucleicos e clorofila. A presença do N é requerida nas principais reações bioquímicas em plantas e microrganismos, caracterizando-o como um dos nutrientes absorvidos em grande quantidade pelas plantas (EPSTEIN; BLOOM, 2005). A concentração foliar de N indicada no Quadro 17 aos 75 dias após a semeadura foi considerada adequada, pois o intervalo indicado por Dell et al. (1995) é de 25 a 40 g kg⁻¹ (Quadro 6). Tal comprovação não foi verificada aos 90 dias, pois a concentração de N nas folhas se encontra abaixo do limite mínimo adequado, porém não atingiu o

limite de deficiência de 11 g kg^{-1} , indicado pelos mesmos autores. Nas condições de viveiro e com a produção de mudas por semente, essa deficiência também foi diagnosticada por Silveira et al. (2003) com o aumento da idade das mudas de *Eucalyptus grandis*. A última adubação de cobertura no presente trabalho foi aos 75 dias, totalizando 6 adubações durante toda a fase experimental, condição menos severa do que a imposta por Silveira et al. (2003), que fizeram três adubações: aos 30, 40 e 50 dias após a semeadura. Verifica-se que essa queda na concentração do N com o aumento da idade também foi encontrada na produção de mudas clonais, conforme relatado por Camargo (1997).

O fósforo (como fosfato, PO_4^{3-}) é considerado um componente integrante de compostos importantes das células vegetais, como fosfato-açúcares, intermediários da respiração e fotossíntese, além dos fosfolípidos, como constituintes de membranas vegetais (TAIZ; ZEIGER, 2004). No Quadro 17 verifica-se que, aos 75 dias, as folhas apresentaram maiores concentrações de P, sendo esta concentração adequada quando comparada com a recomendada (Quadro 6). Assim como o N, o valor médio de P identificado aos 90 dias caracteriza-se abaixo do limite mínimo, porém não se enquadra no limite de deficiência ($0,4 \text{ g kg}^{-1}$).

O potássio desempenha papel importante na regulação do potencial osmótico das células vegetais, além de ativar vários sistemas enzimáticos, sendo que muitos deles participam dos processos de fotossíntese e respiração (ERNANI et al., 2007). Aos 75 e 90 dias após a semeadura, os resultados das concentrações de K mostraram que o caule apresentava maior concentração, comparativamente às folhas e raízes. Observa-se, ainda, que apenas a concentração de K nas folhas aos 75 dias foi considerada adequada (Quadro 6). Aos 90 dias, a concentração média de $11,35 \text{ g kg}^{-1}$ de K nas folhas está próxima das concentrações encontradas por Camargo (1997) e Silveira et al. (2003). Assim como o N e o P, essa concentração não indica deficiência (5 g kg^{-1}).

O enxofre desempenha papel muito importante na estrutura das proteínas, além de ser constituinte de aminoácidos em proteínas, aminoácidos livres e outros compostos de S de baixo peso molecular (VITTI et al., 2006). O enxofre não foi influenciado pela idade das mudas para as concentrações

encontradas na folha, porém as concentrações foliares encontradas aos 75 e aos 90 dias após a semeadura encontram-se abaixo do intervalo adequado (Quadro 6). Guedes e Poggiani (2003) reportaram menores concentrações de S nas plantas testemunhas e que receberam adubação mineral do que nas plantas que receberam doses maiores ou iguais a 10 t ha⁻¹ de biofósforo, no plantio de eucalipto. Este fato indica que a concentração de S na solução do solo está diretamente ligada à dinâmica de decomposição de material orgânico.

O íon cálcio (Ca²⁺) possui como principal função auxiliar a síntese de novas paredes celulares, em particular a lamela média, que separa células em divisão (TAIZ; ZEIGER, 2004), reforçando, assim, a estrutura das plantas. No presente, ensaio foi verificada maior concentração de Ca no caule e nas folhas, sendo as concentrações, nas duas idades avaliadas, adequadas. A disponibilidade de Ca para as mudas foi proveniente da ARS e do substrato SCP, em que suas respectivas concentrações, de 57,33 mg L⁻¹ e 3,3 g kg⁻¹, foram suficientes para suprir a necessidade nutricional com este nutriente. Silveira et al. (2002) relatam que, para clones de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, os sintomas de carência de Ca ocorreram quando o teor nas folhas foi de 3,7 g kg⁻¹. Para as mudas de *Eucalyptus urophylla*, os sintomas de deficiência apareceram quando suas folhas apresentaram concentração de 0,8 g kg⁻¹ de Ca (DELL et al., 1995).

O magnésio possui como uma das principais funções a participação na molécula de clorofila (MENGEL; KIRKBY, 1987), além de ser ativador de várias enzimas. A participação do Mg na constituição da molécula de clorofila é confirmada pelo fato de diagnosticar maiores concentrações de Mg nas folhas, pois se verifica maior alocação desse nutriente para este órgão das mudas. Assim como o S, as concentrações de Mg nas folhas não apresentaram diferenças significativas quando avaliadas em idades diferentes, porém se encontram próximas aos do limite considerado adequado (Quadro 6).

O corte da adubação de cobertura associado à dinâmica dos nutrientes no substrato são os responsáveis pelas menores concentrações de macronutrientes na fase de rustificação. Os íons NO₃⁻ e K⁺ são facilmente lixiviados, pois apresentam baixa adsorção aos colóides (CANTARELLA, 2007; ERNANI et al., 2007). O fósforo pode formar compostos com Ca, Fe e Al, alterando assim a sua disponibilidade (MATOS, 2007). Pode-se verificar uma

redução mais drástica nas concentrações de K quando comparadas às de Ca e Mg, pois estes elementos são mais retidos pela matéria orgânica por apresentarem maior valência (VITTI et al., 2006).

Ainda com relação aos resultados da análise de variância para as concentrações de macronutrientes nas mudas de eucalipto, pode-se verificar que houve interação entre as proporções de ARS e idades das mudas somente para o magnésio na folha e para o enxofre na raiz (Quadro 17). Em relação ao magnésio na folha, houve destaque na concentração obtida nas plantas submetidas à proporção ARS_1 , aos 75 dias após a semeadura. Comparando as proporções de ARS dentro de cada época, verifica-se que, aos 90 dias após a semeadura, as mudas apresentaram maior média com a proporção ARS_5 , que difere apenas da média apresentada pelas mudas da ARS_1 . O enxofre nas raízes, aos 75 dias após a semeadura, apresentou maior concentração nas plantas submetidas à proporção ARS_1 , não diferindo apenas da média apresentada pelas mudas submetidas à ARS_2 , e aos 90 dias após a semeadura as médias, não apresentaram diferença estatística. Este comportamento baseia-se na adubação de cobertura composta por sulfato de amônio (100%), na qual foi fornecida maior quantidade de S que na ARS, pois se nota que a média foi superior cerca de três vezes. Aos 75 dias, foram evidenciadas maiores concentrações de S nas plantas submetidas a todas as proporções de ARS, com exceção da ARS_5 , que não diferenciou da avaliação aos 90 dias.

Quadro 17 – Valores médios da análise do desdobramento da interação entre proporções de ARS e idades das mudas para as características magnésio (Mg) e enxofre (S), na folha e na raiz, respectivamente

	Idades das mudas (dias) ¹	Proporções de ARS (g kg ⁻¹)				
		ARS ₁	ARS ₂	ARS ₃	ARS ₄	ARS ₅
Folha	DAS ₁	1,91aA ²	1,98aA	1,95aA	1,96aA	1,97aA
	DAS ₂	1,40bB	1,70abA	1,83abA	2,08abA	2,23aA
Raiz	DAS ₁	2,52aA	2,12abA	1,73bcA	1,49bcA	0,95cA
	DAS ₂	1,17aB	1,34aB	1,18aB	0,96aB	0,63aA

1 - Dias após a semeadura: DAS₁ (75 dias) e DAS₂ (90 dias);

2 - Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

* ARS₁: 0% do N fornecido pela ARS e 100% pela adubação mineral; ARS₂: 25% do N fornecido pela ARS e 75% pela adubação mineral; ARS₃: 50% do N fornecido pela ARS e 50% pela adubação mineral; ARS₄: 75% do N fornecido pela ARS e 25% pela adubação mineral; ARS₅: 100 % do N fornecido pela ARS e 0 % pela adubação mineral.

4.1.2.2. Concentrações de micronutrientes na folha, no caule e na raiz

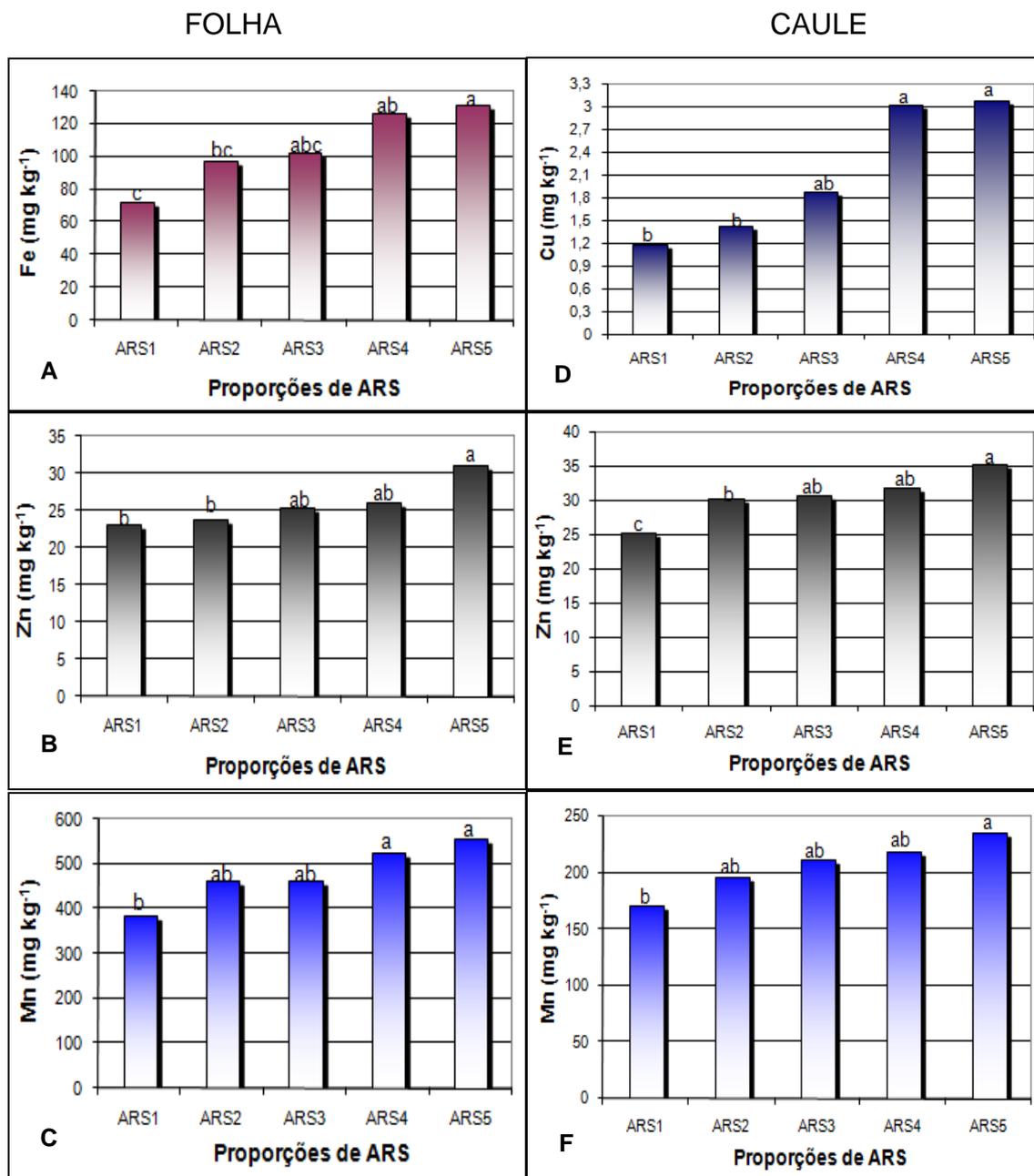
O Quadro 18 apresenta os resultados das análises de variância correspondentes aos micronutrientes e sódio avaliados na folha, no caule e na raiz. Verifica-se que, para a folha, o ferro (Fe), o zinco (Zn) e o manganês (Mn) mostraram significância a 1 e 5% de probabilidade para as diferentes proporções de ARS; para o caule, o cobre (Cu), o zinco (Zn) e o manganês (Mn) foram significativas; e para a raiz, apenas o zinco (Zn) e o manganês (Mn). Na folha, observa-se influência das idades das mudas na concentração de todos os micronutrientes; no caule, apenas nas concentrações de Zn e Mn e na raiz para todos com exceção do Cu. A interação entre os fatores proporções de ARS - idade das mudas foi significativa apenas para o Fe e o Zn na folha, e para o sódio na raiz.

Quadro 18 – Resumo a análise de variância das proporções de ARS, das idades das mudas e das interações entre as proporções de ARS e as idades para as concentrações de micronutrientes e sódio na folha, no caule e na raiz das mudas de *Eucalyptus urophylla*

FV	G.L.	Quadrados médios				
		Fe	Cu	Zn	Mn	Na
----- Folha -----						
Bloco	3	595,2906	1,2619	33,0268	8008,6830	0,7531
Proporção ARS (PARS)	4	3710,9540**	0,4207ns	70,1872*	3468802**	1,5524ns
Idade das mudas (DAS)	1	8686,6100**	5,1862*	298,2152**	66615,39**	36,8166**
PARS x DAS	4	4263,5190**	0,3548ns	66,4954*	3097,1640ns	0,8140ns
Resíduo	23	407,6666	0,6830	20,4960	6808,5170	0,9541
CV (%)		19,10	39,18	17,50	16,98	41,99
----- Caule -----						
Bloco	3	92,3937	0,4881	4,5050	449,221	0,0917
Proporção ARS (PARS)	4	183,8456ns	5,8371**	102,3353**	4659,866*	0,0155ns
Idade das mudas (DAS)	1	329,8146ns	0,6470ns	134,7713**	52543,880**	0,0275ns
PARS x DAS	4	134,9489ns	2,3378ns	12,0599ns	1800,004ns	0,0278ns
Resíduo	23	214,0859	0,9511	8,5250	1296,012	0,0456
CV (%)		37,43	44,40	9,57	17,33	26,29
----- Raiz -----						
Bloco	3	423332,7	16,3405	128,2192	537,2784	0,0158
Proporção ARS (PARS)	4	152405,7ns	11,2384ns	260,4016*	2489,4350**	0,0101ns
Idade das mudas (DAS)	1	2600357,0**	24,3521ns	2756,9190**	2415,3910**	0,6013**
PARS x DAS	4	110904,2ns	4,9955ns	196,4720ns	126,9307ns	0,0401*
Resíduo	23	84273,7	16,3851	75,6322	169,0641	0,0135
CV (%)		32,01	35,21	23,85	16,76	12,42

*Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F; ** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F; ns - não significativo a 5% de probabilidade; FV – fonte de variação; G.L. - graus liberdade; CV (%) - coeficiente de variação.

As Figuras 8 e 9 apresentam os resultados do teste de médias aplicado aos valores dos micronutrientes para as diferentes partes da planta. Os valores médios correspondentes às figuras e as variáveis não significativas para as diferentes proporções de ARS encontram-se apresentados no Quadro 3A.

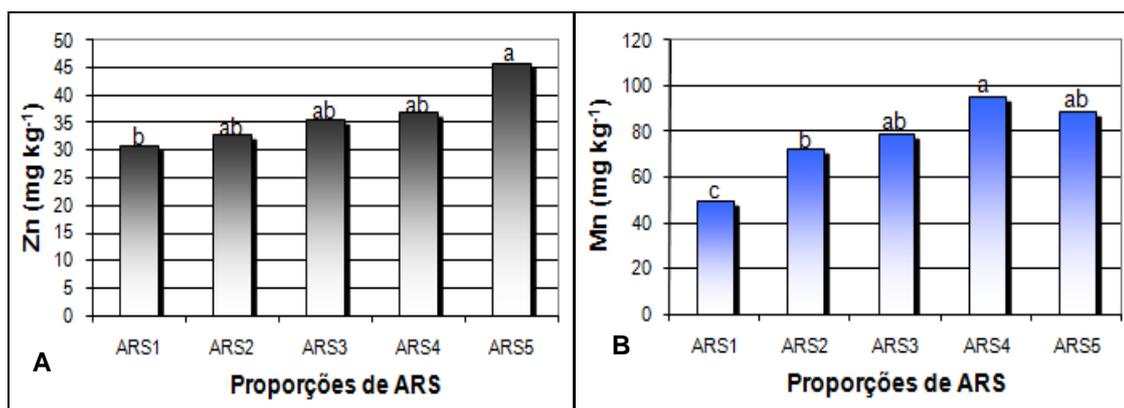


* ARS₁: 0% do N fornecido pela ARS e 100% pela adubação mineral; ARS₂: 25% do N fornecido pela ARS e 75% pela adubação mineral; ARS₃: 50% do N fornecido pela ARS e 50% pela adubação mineral; ARS₄: 75% do N fornecido pela ARS e 25% pela adubação mineral; ARS₅: 100% do N fornecido pela ARS e 0% pela adubação mineral.

* Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste "Tukey".

Figura 8 – Concentrações médias de ferro (A), zinco (B) e manganês (C) na folha, e de cobre (D), zinco (E) e manganês (F) no caule, em função das proporções de ARS.

RAIZ



* ARS₁: 0% do N fornecido pela ARS e 100% pela adubação mineral; ARS₂: 25% do N fornecido pela ARS e 75% pela adubação mineral; ARS₃: 50% do N fornecido pela ARS e 50% pela adubação mineral; ARS₄: 75% do N fornecido pela ARS e 25% pela adubação mineral; ARS₅: 100% do N fornecido pela ARS e 0 % pela adubação mineral.

* Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste "Tukey".

Figura 9 – Concentrações médias de zinco (A) e manganês (B) na raiz em função das proporções de ARS.

Em geral, a proporção de 100% de água residuária da suinocultura (ARS₅) se sobressaiu, tendo sido obtidas maiores concentrações de micronutrientes na folha, no caule e na raiz das plantas. A adubação de cobertura com micronutrientes foi realizada apenas com aqueles encontrados na ARS (Quadro 11), porém houve disponibilidade desses, proveniente do substrato utilizado, conforme dados apresentados no Quadro 8, sendo o Fe e o Mn disponíveis em maiores concentrações. A disponibilidade de micronutrientes no substrato explica as concentrações de micronutrientes encontrados na folha, caule e raiz na proporção de 0% de ARS (ARS₁). Mesmo sem a aplicação de micronutrientes em cobertura, observa-se que a proporção ARS₁ atingiu padrões adequados para a maioria dos micronutrientes quando comparados com os intervalos estabelecidos (Quadro 6) por Dell et al. (1995), com exceção do Cu e do Mn, em que suas concentrações foram inferiores e superiores ao recomendado, respectivamente. No entanto, o Cu não se encontra no limite de deficiência (1,0 mg kg⁻¹). Considerando a massa do substrato e o volume total de ARS aplicada, constatou-se que o substrato

forneceu maiores quantidades de todos os micronutrientes analisados às mudas, conforme dados apresentados nos Quadros 9 e 11, respectivamente.

As concentrações foliares de Fe e Zn nas plantas submetidas às proporções ARS₃ e ARS₄ não apresentaram diferença significativa com relação às obtidas com a proporção ARS₅, porém esta foi superior e diferenciada quando comparada com aquelas submetidas às proporções ARS₁ e ARS₂. O manganês apresentou menor concentração foliar nas mudas submetidas à proporção ARS₁, que, por sua vez, não diferiu daquelas obtidas com as proporções ARS₂ e ARS₃. No caule, pode-se observar que as proporções ARS₃, ARS₄ e ARS₅ não diferem entre si para as concentrações de Cu e Zn obtidas nas respectivas mudas, e para o Mn houve diferença significativa apenas com relação a ARS₅ e a ARS₁. Assim como o Mn no caule, o Zn na raiz apresentou comportamento semelhante. O Mn na raiz das plantas não apresentou diferença entre as proporções ARS₃, ARS₄ e ARS₅.

No geral, observa-se tendência de aumento na concentração de micronutrientes com o aumento da proporção de ARS, apesar de, em alguns casos, não ocorrerem diferenças estatísticas entre as proporções de ARS. Isto decorre do fato de que o substrato, inicialmente, continha adequada disponibilidade desses nutrientes (Quadro 8).

Os valores médios das concentrações de micronutrientes na folha, caule e raiz em função das idades das mudas encontram-se no Quadro 19. Diferentemente ao que foi descrito para os macronutrientes, os micronutrientes não apresentaram maiores concentrações aos 75 dias, como regra geral, apenas a análise das raízes seguiu este comportamento. Mesmo com o corte das adubações de cobertura na fase de rustificação das mudas, pôde-se observar um suprimento de micronutrientes remanescentes provindo do substrato. Tal fato pode ser verificado com a análise do substrato no final do experimento (Quadro 10), em que se observa a presença de todos os micronutrientes em concentrações menores. Na folha, verificam-se maiores concentrações aos 75 dias apenas para o cobre e o manganês; e no caule, somente para o manganês. Para os micronutrientes, também foram realizadas comparações das concentrações foliares, obtidas nas diferentes idades das mudas, com os intervalos indicados adequados para a nutrição das mudas de *Eucalyptus urophylla*, estabelecidos por Dell et al. (1995).

Quadro 19 – Valores médios das concentrações de micronutrientes determinados na folha, caule e raiz das mudas em função da idade das mudas, aos 75 e 90 dias após a semeadura

Idades das mudas (dias) ¹	mg kg ⁻¹				
	Fe	Cu	Zn	Mn	Na
	----- Folha -----				
DAS ₁	91,91b ²	2,51a	22,76b	527,81a	1,33b
DAS ₂	119,48a	1,70b	28,96a	443,78b	3,31a
	----- Caule -----				
DAS ₁	36,04a	2,02a	28,43b	245,94a	0,83a
DAS ₂	42,13a	2,36a	32,56a	169,52b	0,78a
	----- Raiz -----				
DAS ₁	839,09a	6,56a	45,33a	85,70a	1,06a
DAS ₂	273,49b	4,95a	27,58b	69,43b	0,81b

1 - Dias após a semeadura: DAS₁ (75 dias) e DAS₂ (90 dias).

2 - Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, a 1% de probabilidade, pelo teste "F".

O ferro é um micronutriente que participa da reação de várias enzimas, faz parte como hemoproteínas de enzimas importantes como citocromos, peroxidases, dentre outras, além de auxiliar na síntese de clorofila e proteínas (DECHEN; NACHTIGALL, 2006). No Quadro 19 verificam-se maiores concentrações de Fe na raiz, e o valor indicado na folha aos 75 dias encontra-se adequado (Quadro 6), porém, aos 90 dias, apesar de a concentração desse nutriente estar um pouco acima do limite máximo adequado, não apresentou toxicidade às plantas. De acordo com Lopes et al. (2007), o acúmulo dos micronutrientes na parte aérea das plantas é preocupante devido aos sintomas de toxicidade, principalmente aqueles relacionados ao boro e ao ferro, uma vez que estes elementos podem apresentar altas concentrações em substratos compostos por fibras de coco e à base de cascas de pinus, respectivamente. Tal afirmação pode ser evidenciada quando se analisa a concentração inicial de Fe (5.715 mg kg⁻¹) no substrato SCP utilizado nesta pesquisa (Quadro 8).

O cobre participa de alguns eventos nas plantas como constituinte de moléculas de proteínas, metabolismo de carboidratos, nodulação de fixação de

N, formação de pólen e fertilização (DECHEN; NACHTIGALL, 2006). Nas raízes, as concentrações de Cu encontram-se em torno de três vezes superiores às obtidas nas folhas. Tal relação se deve ao fato de esta espécie proporcionar baixa translocação de Cu, acumulando-o em suas raízes. Soares et al. (2000) avaliaram o efeito de concentrações crescentes de Cu em solução nutritiva no crescimento e nutrição mineral do *E. maculata* e *E. urophylla* e concluíram que o *E. urophylla* é menos sensível ao Cu. Esta menor sensibilidade relacionou-se com a capacidade dessa espécie em restringir a translocação do Cu absorvido. Em geral, as espécies de eucalipto possuem baixa tolerância ao excesso de Cu, uma vez que os níveis críticos de toxicidade por esse nutriente, para as espécies citadas, encontram-se entre 12 e 13 mg kg⁻¹. Tal faixa se situa abaixo do intervalo indicado como tóxico para o crescimento de várias espécies, 20 - 100 mg kg⁻¹, conforme Kabata-Pendias e Pendias (1985). Verifica-se, ainda, que as concentrações avaliadas nas duas idades das mudas se mostram inferiores ao limite mínimo adequado (Quadro 6), porém não atingiram o limite para indicar deficiência (1,0 mg kg⁻¹).

Na planta, o zinco participa de atividades de várias enzimas, síntese do ácido indol-ácetico (AIA) e metabolismo de carboidratos (MARENCO MENDOZA; LOPES, 2007). A concentração de Zn no tecido foliar (Quadro 19) encontra-se dentro do intervalo adequado (Quadro 6) para as duas idades das mudas. O nível crítico de toxicidade por Zn na planta para *E. urophylla*, segundo Soares et al. (2001), é de 697,8 mg kg⁻¹.

A principal função do manganês está relacionada com a ativação de enzimas, além de ser essencial à síntese de clorofila (DECHEN et al., 1991). As concentrações foliares do Mn durante as épocas de desenvolvimento das mudas estiveram acima do limite adequado (Quadro 6). Este resultado também corrobora as altas concentrações foliares determinadas por Silveira et al. (2003), cuja mínima foi de 550 mg kg⁻¹, avaliada aos 55 dias de idade. A concentração de manganês na folha foi cerca de seis vezes superior àquela determinada nas raízes.

O sódio, apesar de não ser considerado elemento essencial ao ciclo de vida das plantas, estimula o seu crescimento por meio de uma maior expansão celular, além de poder substituir parcialmente o potássio como um soluto osmoticamente ativo. As rotas C4 e CAM de fixação de carbono utilizadas pela

maioria das espécies requerem íons sódio (Na^+). Plantas C3 se beneficiam de uma exposição a baixos níveis desse íon (TAIZ; ZEIGER, 2004). O sódio, aos 90 dias, apresentou maior valor médio de concentração na folha, indicando que, mesmo com o corte das adubações, as plantas absorveram este elemento, tendo como fonte o substrato.

Observa-se nos Quadros 8 e 10 que a concentração de sódio no substrato aumentou, isto decorre das aplicações feitas com ARS e fosfato de sódio. Uma das grandes preocupações com a utilização de águas residuárias na nutrição de plantas é a concentração de sódio, uma vez que, dependendo da sensibilidade da cultura e da quantidade aplicada, ele pode provocar danos aos vegetais, além de impactos negativos ao solo. A concentração de sódio da ARS utilizada nesta pesquisa associada à quantidade aplicada para suprir as necessidades nutricionais das mudas baseada na concentração de nitrogênio da mesma foi adequada no processo de produção das mudas, pois não ocasionou danos aos vegetais. Romero (2008), em suas pesquisas com resposta fisiológica do *Eucalyptus grandis* à adubação com sódio, verificou que a aplicação de sódio levou a uma alta condutância estomática que se refletiu numa alta transpiração, proporcionando um comportamento de má adaptação para condições de estresse hídrico.

No Quadro 20 encontra-se o desdobramento da interação proporções de ARS-idades das mudas para os micronutrientes ferro e zinco do tecido foliar e para o sódio do tecido radicular. Observa-se que, aos 75 dias após a semeadura, as mudas submetidas à proporção ARS_5 apresentaram maior concentração de Fe nas folhas, diferindo estatisticamente daquelas submetidas à proporção ARS_2 e ARS_3 . Aos 90 dias após a semeadura, a proporção ARS_5 também foi a que resultou em maior concentração de Fe, diferindo estatisticamente das plantas submetidas à proporção ARS_1 e à ARS_2 . As plantas submetidas à proporção ARS_4 foram as únicas que apresentaram diferença significativa nas concentrações de Fe obtidas nas duas idades das mudas, com uma maior concentração aos 90 dias. O Zn avaliado nas folhas apresentou maior concentração com a proporção ARS_5 , aos 90 dias, diferindo das demais concentrações e da concentração apresentada aos 75 dias. Observa-se também que o sódio avaliado nas raízes aos 75 dias apresentou maior média com a proporção ARS_3 , diferindo apenas da ARS_1 . Na

comparação entre idades, as maiores concentrações deste elemento nas raízes foram determinadas para todas as proporções de ARS aos 75 dias, exceto para a proporção ARS₁.

Quadro 20 – Valores médios da análise do desdobramento da interação entre proporções de ARS e idades das mudas para as características ferro (Fe) e zinco (Zn) determinadas nas folhas e sódio (Na) nas raízes das plantas

	Idades das mudas (Dias) ¹	Proporções de ARS (mg kg ⁻¹)				
		ARS ₁	ARS ₂	ARS ₃	ARS ₄	ARS ₅
Folha		----- Ferro (Fe) -----				
	DAS ₁	106,92aA ²	67,62bA	65,70bA	87,30abB	125,90aA
	DAS ₂	79,45bA	85,24bA	89,50abA	118,88aA	137,26aA
		----- Zinco (Zn) -----				
	DAS ₁	22,98aA	22,67aA	24,53aA	22,35aA	22,86aB
	DAS ₂	28,02bA	23,87bA	27,97bA	25,50bA	39,09aA
Raiz		----- Sódio (Na) -----				
	DAS ₁	0,91bA	1,11abA	1,19aA	1,13abA	1,03abA
	DAS ₂	0,88aA	0,84aB	0,77aB	0,79aB	0,79aB

1 - Dias após a semeadura: DAS₁ (75 dias) e DAS₂ (90 dias).

2 - Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si, em nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

De acordo com o observado nesse experimento, a aplicação de micronutrientes pelas diferentes proporções de ARS apresentou comportamento contrário ao desenvolvimento das mudas quando se analisam as características morfológicas. Considera-se que, diante das concentrações de micronutrientes fornecidos às mudas pelo substrato à base de casca de pinus (SCP), constatou-se desnecessária a adubação com esses nutrientes para produção de mudas de *Eucalyptus urophylla* neste ensaio, uma vez que a proporção de 0% de ARS proporcionou micronutrientes adequados para o seu desenvolvimento.

Os valores médios das características morfológicas apresentados pelas mudas de eucalipto em função das diferentes proporções de ARS alcançaram

os padrões mínimos estabelecidos para seu plantio no campo. Contudo, a proporção de 50% de ARS (ARS₃) seria a mais indicada, visto que, ao realizar testes de contrastes entre as médias, todas as médias das características morfológicas avaliadas nas mudas foram estatisticamente iguais às obtidas com a proporção ARS₁. A idade mais indicada das mudas para o plantio é aos 90 dias após a semeadura, pois elas alcançaram os padrões mínimos exigidos para o plantio no campo, principalmente, na altura e no diâmetro de colo.

De forma geral, as concentrações da maioria dos macronutrientes obtidas nas plantas submetidas à proporção ARS₃ não diferem das concentrações apresentadas com a proporção ARS₁. Somente o fósforo foi significativo e diferenciado nas três partes da muda (folha, caule e raiz) com a proporção ARS₅. A avaliação do estado nutricional das mudas aos 75 dias após a semeadura evidenciou concentrações foliares adequadas para a maioria dos macronutrientes, exceto para o S e Mg. Em contrapartida, aos 90 dias, apenas o Ca apresentou uma concentração dentro do limite recomendado. Isto se deve ao fato da rustificação das mudas. No entanto, mesmo as concentrações que não estavam na faixa adequada, não indicaram deficiência.

Para os micronutrientes, verifica-se tendência de seu melhor aproveitamento pelas mudas com o aumento da proporção de ARS aplicada. Observa-se que, para todos os micronutrientes com resposta significativa pelo teste “F” obtido nas diferentes partes da muda, em função das proporções de ARS, a ARS₃ não difere estatisticamente da maior média apresentada pela ARS₅. Mesmo com o corte das adubações, na fase de rustificação, verifica-se um suprimento de micronutrientes às mudas pelo substrato, pois alguns deles apresentaram maiores médias aos 90 dias. Tal fato não se confirma em relação aos macronutrientes, que apresentaram, como regra geral, maiores concentrações aos 75 dias.

4.2. Substrato composto por resíduos sólidos urbanos (SRSU)

4.2.1. Características morfológicas das mudas

O resumo da análise de variância para as características morfológicas das mudas de eucalipto encontra-se nos Quadros 21 e 22. Os resultados dessas análises mostram que as proporções de ARS influenciaram apenas na relação massa seca da parte aérea/massa seca da raiz (MSPA/MSR), e as idades das mudas tiveram influência em todas as características, exceto na relação altura/diâmetro do coleto (H/DC). A interação proporções ARS-idades das mudas apresentou significância estatística apenas para a MSPA/MSR.

Quadro 21 – Resumo da análise de variância da altura da parte aérea (H), diâmetro do coleto (DC) e relação da altura da parte aérea/diâmetro do coleto (H/DC) de mudas de *Eucalyptus urophylla*

Fonte de variação	G.L.	Quadrados médios		
		H	DC	H/DC
Bloco	3	14,6537	0,1618	0,0657
Proporção ARS (PARS)	4	2,4683ns	0,0331ns	0,6680ns
Idades das mudas (DAS)	1	234,6922**	2,2892**	0,0264ns
PARS x DAS	4	1,4277ns	0,0400ns	0,4878ns
Resíduo	21	4,9935	0,0654	0,3926
CV (%)		11,79	13,07	6,45

* Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F; ** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F; ns - não significativo a 5% de probabilidade; cv (%) - coeficiente de variação.

Quadro 22 – Resumo da análise de variância das características morfológicas das mudas de *Eucalyptus urophylla*: massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR), massa seca total (MST), relação das massas secas da parte aérea e raiz (MSPA/MSR) e Índice de Qualidade de Dickson (IQD)

Fonte de variação	G.L.	Quadrados médios				
		MSPA	MSR	MST	MSPA/MSR	IQD
Bloco	3	0,0217	0,0013	0,0340	0,1140	0,0002
Proporção ARS (PARS)	4	0,0250ns	0,0014ns	0,0296ns	1,8412**	0,0001ns
Idades das mudas (DAS)	1	0,5015**	0,0072*	0,6294**	5,6760**	0,0022**
PARS x DAS	4	0,0062ns	0,0017ns	0,0125ns	0,9384*	0,0001ns
Resíduo	21	0,0188	0,0012	0,0282	0,3033	0,0001
CV (%)		22,10	23,54	21,83	12,97	22,76

* Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F; ** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F; ns - não significativo a 5% de probabilidade; cv (%) - coeficiente de variação.

Provavelmente, a não influência das proporções de ARS na maioria das características morfológicas pode estar relacionada a uma boa disponibilidade de nutrientes já existentes no substrato, principalmente os macronutrientes, uma vez que as proporções das adubações de cobertura para N, P e K foram as mesmas para as diferentes proporções de ARS. O substrato composto por resíduos sólidos urbanos forneceu, inicialmente, para as mudas de eucalipto, maiores concentrações de macro e micronutrientes quando comparado com o substrato à base de casca de pinus (Quadro 8).

Os valores médios de todas as características morfológicas, independentemente da significância estatística, encontram-se no Quadro 1B.

Limites mínimos (Quadro 5) de altura (15 cm) e diâmetro do coleto (2 mm) são indicados na literatura para designar se as mudas de eucalipto estão prontas para serem plantadas (GUERREIRO; COLLI JÚNIOR, 1984). Apesar de as mudas de *E. urophylla* não terem sido influenciadas pelas proporções de ARS, os seus valores de altura foram superiores ao padrão mínimo estabelecido (Quadro 5), porém, o mesmo não foi verificado em relação ao diâmetro do coleto. Gomes e Paiva (2004) relatam que as mudas devem apresentar valores altos de diâmetro de coleto para proporcionar melhor equilíbrio do crescimento da parte aérea.

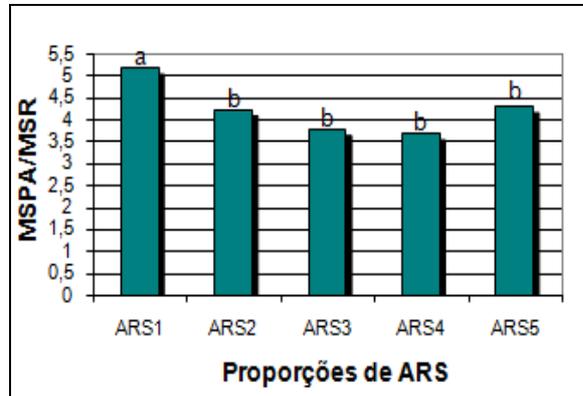
Em geral, as mudas de eucalipto adquiriram maiores alturas e diâmetros do coleto, resultando em maiores valores da relação entre as duas características (H/DC), e quando este valor é comparado com o ideal sugerido por Carneiro (1995), encontra-se acima da faixa adequada (5,4 a 8,1). Segundo Gomes e Paiva (2004), essa relação é importante, e quanto menor for o seu valor maior será a capacidade de sobrevivência das mudas no campo.

Trigueiro e Guerrini (2003), em produção de mudas de eucalipto em um substrato alternativo composto por 50% de bio-sólido e 50% de casca de arroz carbonizada, relataram que as mudas atingiram altura média de 19,24 cm, diâmetro de colo de 1,62 mm e a relação H/DC de 13,90. Galbiatti et al. (2007) utilizaram o RSOU em diferentes proporções misturado com solo para produção de mudas de eucalipto, e concluíram que, para a característica altura, avaliada aos 79 dias após a semeadura, a crescente adição desse resíduo orgânico aos substratos (de 20 a 100%) demonstrou efeito negativo proporcional às quantidades utilizadas.

Em relação à massa seca da parte aérea (MSPA), da raiz (MSR) e total (MST), as mudas atingiram valores médios similares quando comparados com outras pesquisas. Gomes (2001) relata que as mudas de eucalipto produzidas em tubetes, avaliadas aos 90 dias, atingiram médias de 0,415 g, 0,205 g e 0,576 g de MSPA, MSR e MST, respectivamente. Trigueiro e Guerrini (2003), com utilização do substrato composto por 80% de bio-sólido e 20% de casca de arroz carbonizada, obtiveram médias de 0,86 g para a MSPA e 0,20 g para a MSR. De acordo com Fonseca et al. (2002), o maior acúmulo de matéria seca da parte aérea pode ser, parcialmente, explicado pelo pequeno volume do recipiente, uma vez que ele restringe a expansão do sistema radicular.

A relação da massa seca da parte aérea com a massa seca da raiz (MSPA/MSR) foi superior nas mudas submetidas à proporção ARS₁, diferindo estatisticamente das demais proporções (Figura 10). De forma geral, as mudas apresentaram um menor ganho em massa nas raízes, resultando, assim, em maiores valores na relação MSPA/MSR. A maior média dessa relação apresentada na proporção ARS₁ não se harmoniza com o valor proposto por Brissette (1984 *apud* CRUZ et al., 2006), que estabelece 2,0 a melhor relação entre a massa seca da parte aérea e a massa seca de raiz. Paiva e Gomes (1993) relatam que maiores quantidades de N causam desequilíbrio na

proporção massa da parte aérea/massa da raiz, favorecendo o crescimento da parte aérea.



* ARS₁: 0% do N fornecido pela ARS e 100% pela adubação mineral; ARS₂: 25% do N fornecido pela ARS e 75% pela adubação mineral; ARS₃: 50% do N fornecido pela ARS e 50% pela adubação mineral; ARS₄: 75% do N fornecido pela ARS e 25% pela adubação mineral; ARS₅: 100% do N fornecido pela ARS e 0% pela adubação mineral.

* Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste "Tukey".

Figura 10 – Valores médios da relação massa seca da parte aérea com a massa seca da raiz (MSPA/MSR), em função das proporções de ARS.

As diferentes proporções de adubo mineral e adubo orgânico também não exerceram influência no Índice de Qualidade de Dickson das mudas (IQD). Marana et al. (2008) relatam um valor médio referente ao IQD em mudas de café de 0,21, adubadas com 10 kg de adubo de liberação lenta por m³ de substrato. Nesta pesquisa, foram encontrados valores médios por volta de 0,05, condizentes com outros valores determinados em estudos com mudas de eucalipto por Krolow (2007). Este autor obteve IQD variando de 0,0125 a 0,13, com a utilização de diferentes misturas compostas por vermicomposto de esterco de bovinos, vermicomposto de esterco de ovinos, vermicomposto de lodo de parboilização do arroz, resíduo de alimentos, resíduo de frutas e casca de arroz carbonizada, além do Plantmax®.

Em cada idade das mudas, independentemente das proporções de ARS, as médias das características morfológicas avaliadas foram

significativamente maiores pelo teste “F”, em nível de 1% de probabilidade, na fase indicada para plantio, aos 90 dias após a semeadura, com exceção da H/DC (Quadro 23). Com a análise dessas características, pode-se inferir que as mudas com 90 dias de idade estão aptas ao plantio. Aos 75 dias tem-se como limitação ao plantio um menor desenvolvimento do diâmetro do coleto, além dos menores acúmulos de massa nas mudas.

Quadro 23 – Valores médios das características morfológicas das mudas em função da sua idade aos 75 e 90 dias após a semeadura

Idades das mudas (dias) ¹	H (cm)	DC (mm)	H/DC	MSPA (g)	MSR (g)	MST (g)	MSPA/MSR	IQD
DAS ₁	16,25b ²	1,68b	9,69a	0,49b	0,13b	0,62b	3,86b	0,046b
DAS ₂	21,63a	2,22a	9,72a	0,74a	0,16a	0,91a	4,62a	0,063a

1 - Dias após a semeadura: DAS₁ (75 dias) e DAS₂ (90 dias);

2 - Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, a 1% de probabilidade, pelo teste “F”.

Conforme o desdobramento da interação proporções de ARS-idades das mudas para a característica MSPA/MSR (Quadro 24), observa-se que, aos 75 dias após a semeadura, a proporção ARS₁ ofereceu maior média às plantas, diferindo das médias apresentadas pelas plantas submetidas às proporções ARS₃ e ARS₄. Aos 90 dias, verifica-se maior média apresentada pelas mudas submetidas à ARS₁, diferindo apenas da média da ARS₅. Na avaliação entre épocas, observam-se médias superiores aos 90 dias para as mudas submetidas às proporções ARS₃ e ARS₄.

Quadro 24 – Valores da análise do desdobramento da interação entre proporções de ARS e idades das mudas para a relação massa seca da parte aérea com a massa seca da raiz (MSPA/MSR)

Idade das mudas (dias) ¹	Proporções de ARS				
	ARS ₁	ARS ₂	ARS ₃	ARS ₄	ARS ₅
DAS ₁	4,87aA ²	3,83abA	2,81bB	3,19bB	4,35aA
DAS ₂	5,47aA	4,62abA	4,73abA	4,15abA	4,21bA

1 - Dias após a semeadura: DAS₁ (75 dias) e DAS₂ (90 dias);

2 - Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si, em nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

* ARS₁: 0% do N fornecido pela ARS e 100% pela adubação mineral; ARS₂: 25% do N fornecido pela ARS e 75% pela adubação mineral; ARS₃: 50% do N fornecido pela ARS e 50% pela adubação mineral; ARS₄: 75% do N fornecido pela ARS e 25% pela adubação mineral; ARS₅: 100% do N fornecido pela ARS e 0% pela adubação mineral.¹

4.2.2. Avaliação do estado nutricional das mudas

4.2.2.1. Concentrações de macronutrientes na folha, no caule e na raiz

O resumo da análise de variância para os macronutrientes determinados na folha, no caule e na raiz está apresentado no Quadro 25. As análises estatísticas evidenciaram que as concentrações de potássio (K) e enxofre (S) na folha, e de apenas enxofre (S) no caule e na raiz, foram afetadas pelas proporções de ARS. Verifica-se que a idade das mudas proporcionou significância estatística para quase todas as variáveis avaliadas na folha, exceto para o enxofre (S) e o magnésio (Mg); no caule, com exceção do fósforo (P) e cálcio (Ca); e na raiz, com exceção apenas do potássio (K). Observa-se, ainda, que houve efeito significativo na interação proporções de ARS-DAS apenas para o nitrogênio no caule.

Os valores médios referentes a todos os macronutrientes obtidos nas diferentes partes das mudas, em função das proporções de ARS, encontram-se no Quadro 2B.

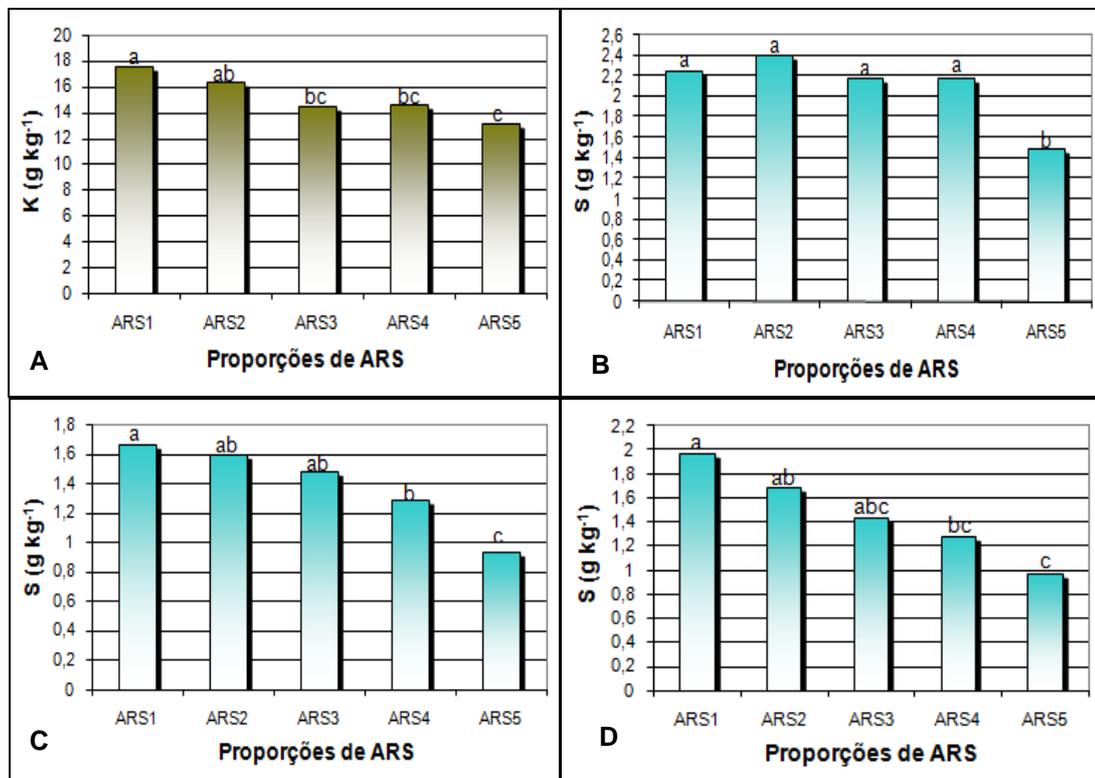
Quadro 25 – Resumo da análise de variância entre proporções de ARS, idades das mudas e das interações entre as proporções e as idades para as concentrações de macronutrientes na folha, no caule e na raiz das mudas de *Eucalyptus urophylla*

FV	GL	Quadrados médios					
		N	P	K	S	Ca	Mg
----- Folha -----							
Bloco	3	13,3967	0,1222	3,8303	0,16067	2,3740	0,1879
Proporção ARS (PARS)	4	2,2135ns	0,1798ns	20,2634**	0,9874**	0,4039ns	0,2055ns
Idades das mudas (DAS)	1	94,1985**	6,3206**	283,4918**	0,2641ns	11,3698**	0,2374ns
PARS x DAS	4	8,4546ns	0,0586ns	4,1924ns	0,0765ns	0,4544ns	0,0382ns
Resíduo	21	8,8214	0,0887	3,2778	0,1173	0,8509	0,0978
CV (%)		10,94	10,64	11,73	16,38	12,67	11,56
----- Caule -----							
Bloco	3	1,5275	0,1837	3,9168	0,0248	1,6626	0,0922
Proporção ARS (PARS)	4	7,1017ns	0,6478ns	6,6403ns	0,6414**	6,2747ns	0,0886ns
Idades das mudas (DAS)	1	98,7787**	1,3922ns	29,2485*	0,2566*	0,7117ns	4,5876**
PARS x DAS	4	13,78945*	0,0763ns	3,0112ns	0,0166ns	1,0082ns	0,0463ns
Resíduo	21	4,0094	0,3252	4,9329	0,0383	3,7421	0,0631
CV (%)		14,13	13,14	10,66	14,17	17,15	11,56
----- Raiz -----							
Bloco	3	2,8550	0,2360	0,4046	0,1756	20,2876	0,3545
Proporção ARS (PARS)	4	2,8844ns	0,1332ns	2,0524ns	0,9751**	6,8040ns	0,0493ns
Idades das mudas (DAS)	1	93,7416**	6,3160**	3,7178ns	4,9805**	199,9096**	16,8430**
PARS x DAS	4	2,5505ns	0,1206ns	0,6398ns	0,2006ns	3,4963ns	0,0471ns
Resíduo	21	4,1277	0,3328	1,9321	0,1238	11,1477	0,1729
CV (%)		16,16	27,44	23,63	24,04	32,21	17,16

* Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F; ** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F; ns - não significativo a 5% de probabilidade; FV – fonte de variação; GL - graus liberdade; CV (%) - coeficiente de variação.

Analisando a Figura 11, verifica-se que, diante das proporções de ARS, a composta por 100% do adubo mineral (ARS₁) apresentou maior concentração de K nas folhas, a qual não se diferenciou, apenas, da ARS₂. Observa-se ainda que a concentração de enxofre translocado para as diferentes partes da muda, no presente caso, folha, caule e raiz, foi inferior com a proporção ARS₅. Esse nutriente fornecido pela ARS (Quadro 7) e pelo substrato (Quadro 8) proporcionou boa absorção pelas mudas, visto que a concentração foliar atingida com a proporção ARS₄ não difere da apresentada pelas plantas submetidas à ARS₁, em que se forneceu às mesmas 100% de sulfato de amônio como fonte de S. Nota-se que o S apresentou maiores teores nos tecidos foliares. Augusto et al. (2007) encontraram concentrações foliares

de enxofre próximas das obtidas neste estudo, apresentando médias de 1,80 e 2,10 g kg⁻¹ em tratamento convencional e no tratamento com água residuária proveniente do tratamento biológico de esgotos domésticos, respectivamente.



* ARS₁: 0% do N fornecido pela ARS e 100% pela adubação mineral; ARS₂: 25% do N fornecido pela ARS e 75% pela adubação mineral; ARS₃: 50% do N fornecido pela ARS e 50% pela adubação mineral; ARS₄: 75% do N fornecido pela ARS e 25% pela adubação mineral; ARS₅: 100% do N fornecido pela ARS e 0% pela adubação mineral.
 *Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste "Tukey".

Figura 11 – Concentrações médias de potássio (A) e enxofre (B) na folha e de enxofre (C) no caule e na raiz (D), em função das proporções de ARS.

As concentrações de macronutrientes obtidas na análise das diferentes partes das mudas, aos 75 e 90 dias de idade, encontram-se no Quadro 26. Constata-se que, aos 75 dias, as médias foram iguais ou superiores às de 90 dias, ou seja, antes da fase de rustificação. Assim como foi observado para o substrato à base de casca de pinus, o manejo realizado na rustificação das mudas proporcionou uma redução nas concentrações dos macronutrientes

determinadas nas plantas em virtude do efeito de diluição, causado pelo aumento na produção de massa seca (Quadro 23).

Quadro 26 – Valores médios dos macronutrientes na folha, no caule e na raiz das mudas em função da idade aos 75 e 90 dias após a semeadura

Idade das mudas (dias) ¹	g kg ⁻¹					
	N	P	K	S	Ca	Mg
----- Folha -----						
DAS ₁	28,91a ²	3,24a	18,41a	2,27a	7,85a	2,79a
DAS ₂	25,34b	2,35b	12,45b	2,20a	6,69b	2,61a
----- Caule -----						
DAS ₁	15,85a	4,54a	21,81a	1,46a	11,41a	2,54a
DAS ₂	12,46b	4,12a	19,84b	1,29b	11,14a	1,80b
----- Raiz -----						
DAS ₁	14,25a	2,53a	5,52a	1,84a	12,78a	3,12a
DAS ₂	10,88b	1,66b	6,24a	1,08b	7,94b	1,72b

1 - Dias após a semeadura: DAS₁ (75 dias) e DAS₂ (90 dias);

2 - Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, a 1% de probabilidade, pelo teste "F".

Em geral, observam-se maiores concentrações de N, S e Mg nas folhas, uma vez que estes elementos participam da constituição de moléculas de clorofila (SOUZA; FERNANDES, 2006; VITTI et al., 2006). No caule, houve maiores concentrações de fósforo e de potássio, e na raiz, maior concentração de Ca.

Com a finalidade de estabelecer critérios nutricionais de qualidade das mudas, analisam-se concentrações dos nutrientes existentes nas folhas, e com o auxílio de valores adequados já determinados, faz-se a avaliação do estado nutricional das plantas. Nesta pesquisa, os valores médios foram comparados

com as faixas indicadas adequadas por Dell et al. (1995) para macro e micronutrientes (Quadro 6).

As concentrações foliares de N e P nas duas idades avaliadas nas mudas foram consideradas adequadas, conforme as faixas estabelecidas. O mesmo não foi verificado para o K, pois sua concentração na folha estava um pouco acima da faixa adequada aos 75 dias e um pouco abaixo do limite mínimo aos 90 dias. As concentrações obtidas desses macronutrientes foram superiores às encontradas por Barroso et al. (2000) aos 75 dias após a semeadura com o substrato alternativo composto por bagaço de cana-de-açúcar + torta de filtro de usina açucareira – BT+N (3:2, v:v) + 6 g kg⁻¹ de N. Na avaliação das mudas realizada aos 90 dias, as concentrações de N, P e K nas folhas estavam próximas às encontradas por Augusto et al. (2007) ao utilizar água residuária provinda do tratamento biológico de esgotos domésticos na produção de mudas de *Eucalyptus grandis*. Poggiani et al. (2000) reportaram que, nas folhas, as concentrações de P foram significativamente superiores no tratamento com adubação mineral, quando comparadas aos compostos por biossólido, sendo estes compostos testados no campo com *E. grandis*, indicando, assim, a baixa disponibilidade de P nesse resíduo.

Considerando as duas idades avaliadas, as concentrações de S na folha (Quadro 26) apresentam-se adequadas quando comparadas com a faixa indicada de 2,2 a 2,6 g kg⁻¹. De forma diferente, as concentrações foliares de Ca e Mg estavam acima da indicação adequada. Maiores médias também foram verificadas por Silveira et al. (2003), cuja concentração de magnésio na folha, aos 55 dias, foi de 3,2 g kg⁻¹. Na produção de mudas de cinco espécies de eucalipto, Gonçalves e Passos (2000), sob condições de capacidade de campo e nível de fósforo de 300 mg L⁻¹, observaram para o *E. urophylla* concentrações foliares de Ca e Mg de 4,2 e 1,17 g kg⁻¹, respectivamente Fonseca (2005), com a utilização de composto de lixo urbano como substrato para produção de mudas, em tubetes, de *Acacia mangium* e *Mimosa artemisiana*, obteve concentrações foliares de cálcio de 17,23 g kg⁻¹ e 14,63 g kg⁻¹, respectivamente.

Considerando o estado nutricional das mudas nas duas idades avaliadas, verifica-se que elas apresentaram um aspecto nutricional favorável quanto a macronutrientes. Neste caso, propriedades físicas e químicas do

substrato SRSU foram favoráveis para uma boa disponibilidade de nutrientes às mudas, visto que a maioria das concentrações nos diferentes compartimentos das mudas não foi influenciada pelas proporções de ARS.

Ainda com relação aos resultados da análise estatística, pode-se verificar que houve interação proporções de ARS-idade das mudas somente para o nitrogênio obtido no caule (Quadro 27). Nota-se que as concentrações de N no caule foram maiores na avaliação aos 75 dias para a proporção ARS₁ e para a ARS₂, tendo apresentado diferença estatística, em nível de 1% de probabilidade, pelo teste “F”, quando comparadas às médias determinadas aos 90 dias. As médias apresentadas pelas plantas submetidas às diferentes proporções de ARS aos 75 dias não apresentaram diferença entre si. Aos 90 dias, maior concentração de N no caule foi observada nas plantas submetidas à proporção ARS₅, diferindo apenas da média apresentada pela ARS₁. Apesar da ocorrência dessa interação, os fatores proporções de ARS e idade das mudas não agiram conjuntamente sobre o desenvolvimento das plantas para a maioria das características estudadas.

Quadro 27 – Valores da análise do desdobramento da interação entre proporções de ARS e idades das mudas para o nitrogênio no caule

Idades das mudas (dias) ¹	Proporções de ARS (g kg ⁻¹)				
	ARS ₁	ARS ₂	ARS ₃	ARS ₄	ARS ₅
DAS ₁	17,00aA ²	18,28aA	14,27aA	14,32aA	14,88aA
DAS ₂	9,80bB	12,71abB	12,01abA	12,49abA	14,51aA

1 - Dias após a semeadura: DAS₁ (75 dias) e DAS₂ (90 dias);

2 - Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si, em nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

4.2.2.2. Concentrações de micronutrientes na folha, no caule e na raiz

O resumo da análise de variância para os micronutrientes avaliados na folha, caule e raiz encontra-se no Quadro 28. Observa-se que as análises

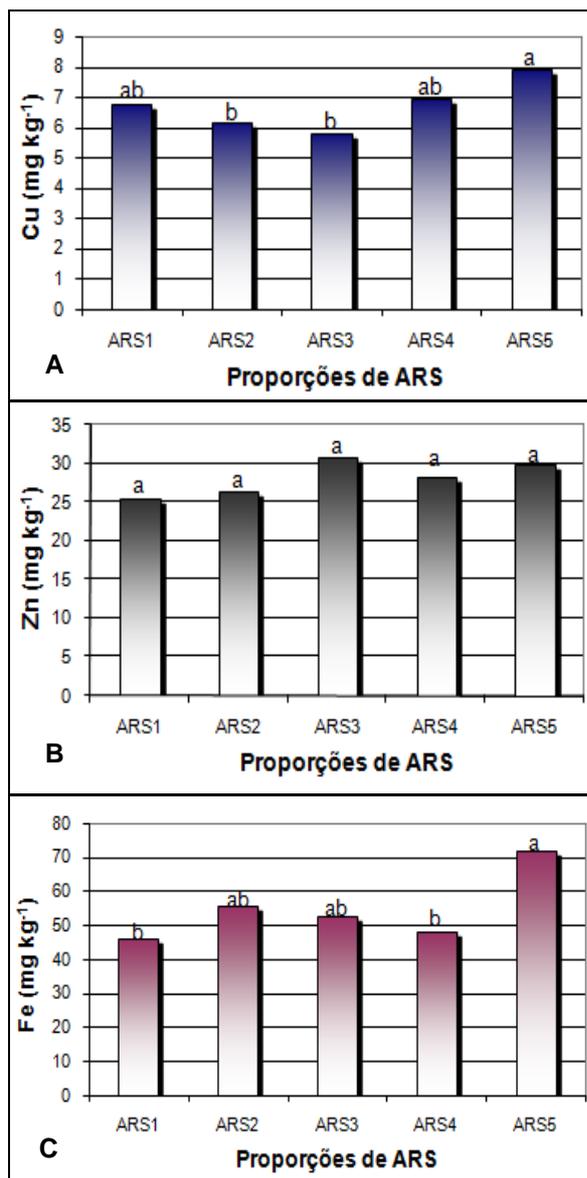
evidenciaram que as concentrações de Cu e Zn na folha e de apenas Fe no caule foram afetadas pelas proporções de ARS. Verifica-se influência das idades das mudas para todos os micronutrientes em questão apenas nas raízes. Apresenta-se também ausência de interação proporções de ARS-DAS para todos os micronutrientes obtidos nas diferentes partes da planta.

Quadro 28 – Resumo da análise de variância entre proporções de ARS, idades das mudas e das interações entre as proporções e as idades para as concentrações de micronutrientes e sódio na folha, no caule e na raiz das mudas de *Eucalyptus urophylla*

FV	G.L.	Quadrados médios				
		Fe	Cu	Zn	Mn	Na
----- Folha -----						
Bloco	3	40531,36	0,5820	7,1636	9,5506	1,4536
Proporção ARS (PARS)	4	58621,90ns	4,9176**	30,9962*	430,0653ns	0,1904ns
Idades das mudas (DAS)	1	51897,95ns	34,3509**	85,4810**	491,7930ns	30,5973**
PARS x DAS	4	56707,75ns	0,4741ns	21,7943ns	52,2829ns	0,4331ns
Resíduo	21	68001,74	0,8377	9,5499	204,0599	0,7591
CV (%)		151,71	13,51	10,99	14,62	40,21
----- Caule -----						
Bloco	3	78,3942	3,7074	28,2647	138,0681	0,0761
Proporção ARS (PARS)	4	746,4893*	3,2284ns	8,8920ns	134,7425ns	0,0138ns
Idades das mudas (DAS)	1	2545,7050**	59,7403**	89,5270**	2823,2360**	0,0297ns
PARS x DAS	4	251,0088ns	1,9529ns	20,0396ns	325,5552ns	0,0128ns
Resíduo	21	177,4236	1,2696	10,4845	153,4605	0,0444
CV (%)		23,71	17,96	13,89	36,71	31,11
----- Raiz -----						
Bloco	3	1360040,0	33,3626	510,8154	1853,1210	0,0337
Proporção ARS (PARS)	4	311725,0ns	21,8902ns	109,8965ns	478,8040ns	0,0391ns
Idades das mudas (DAS)	1	20870050,0**	825,1414**	13211,91**	32336,15**	1,1926**
PARS x DAS	4	350997,8ns	23,4908ns	79,0488ns	382,1098ns	0,0078ns
Resíduo	21	881983,6	23,3199	241,7148	712,4570	0,0181
CV (%)		62,57	35,48	35,21	47,33	15,64

*Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F; ** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F; ns - não significativo a 5% de probabilidade; FV – fonte de variação; G.L. - graus liberdade; CV (%) - coeficiente de variação.

O Quadro 3B apresenta todos os valores médios desses nutrientes determinados para as diferentes partes da planta, para cada proporção de ARS. As concentrações dos micronutrientes que responderam significativamente às proporções de ARS estão na Figura 12.



*ARS₁: 0% do N fornecido pela ARS e 100% pela adubação mineral; ARS₂: 25% do N fornecido pela ARS e 75% pela adubação mineral; ARS₃: 50% do N fornecido pela ARS e 50% pela adubação mineral; ARS₄: 75% do N fornecido pela ARS e 25% pela adubação mineral; ARS₅: 100% do N fornecido pela ARS e 0% pela adubação mineral.

*Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste "Tukey".

Figura 12 – Concentrações médias de cobre (A) e zinco (B) na folha e ferro (C) no caule em função das proporções de ARS.

Observa-se, na Figura 12A, que a proporção ARS₅ apresentou uma maior concentração de cobre nas folhas, porém este valor não difere estatisticamente das médias indicadas com as proporções ARS₁ e ARS₄. Neste caso, o maior contribuinte para o teor de cobre nas mudas foi o substrato (Quadro 9), pois a concentração foliar de Cu das mudas que receberam esse nutriente via ARS em maior proporção (ARS₅ – 100% de ARS) não difere daquelas que não receberam esse dejetos (ARS₁). O Zn obtido nas folhas não apresentou diferença significativa com as proporções de ARS. No caule, a maior concentração de Fe foi observada nas plantas submetidas à proporção ARS₅, não diferindo das apresentadas com a ARS₂ e a ARS₃. Apesar dessa maior concentração apresentada com a proporção de 100% de ARS, que continha Fe em sua constituição (589,8 mg, conforme Quadro 11), o composto de resíduos sólidos urbanos foi o que proporcionou maior disponibilidade desse nutriente às mudas (434,04 mg por tubete, conforme Quadro 9).

O efeito das idades das mudas no teor dos micronutrientes e sódio presentes nas diferentes partes das mudas encontra-se no Quadro 29. Nota-se que as concentrações foliares de Fe e Cu, avaliadas antes e após a fase de rustificação, estão um pouco acima dos intervalos considerados adequados para uma boa nutrição, no que se refere a esses micronutrientes. Durante a fase experimental, não foram verificados sintomas de fitotoxicidade nas mudas. O Cu, por sua vez, não ultrapassou o limite que indica toxicidade, sendo de 20 mg kg⁻¹, conforme indicado por Kabata-Pendias e Pendias (1985). Com a utilização de diferentes doses de lodos de esgoto úmido (torta) e seco (granulado), complementados com K e B e aplicados ao solo para o plantio de *Eucalyptus grandis*, Silva et al. (2008) obtiveram concentrações foliares máximas de Fe e Cu por volta de 173,7 e 10,30 mg kg⁻¹, respectivamente.

Quadro 29 – Valores médios dos teores dos micronutrientes e sódio na folha, caule e raiz das mudas em função da idade das mudas, aos 75 e 90 dias após a semeadura

Idade das mudas (dias) ¹	mg kg ⁻¹				
	Fe	Cu	Zn	Mn	Na
	----- Folha -----				
DAS ₁	135,05a ²	7,81a	26,57b	101,75a	1,22b
DAS ₂	126,70a	5,74b	29,61a	93,66a	3,10a
	----- Caule -----				
DAS ₁	46,87b	7,59a	21,62b	42,54a	0,71a
DAS ₂	65,47a	4,94b	24,98a	24,94b	0,65b
	----- Raiz -----				
DAS ₁	2291,87a	18,57a	64,12a	88,01a	1,04a
DAS ₂	709,94b	8,63b	24,18b	24,76b	0,67b

1 - Dias após a semeadura: DAS₁ (75 dias) e DAS₂ (90 dias).

2 - Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, a 1% de probabilidade, pelo teste "F".

Em contrapartida, as concentrações de Zn e Mn nas folhas avaliadas nas duas idades das mudas foram adequadas, conforme comparação com as faixas ideais estabelecidas por Dell et al. (1995). Trigueiro e Guerrini (2003), utilizando o substrato composto por 80% de bio sólido e 20% de casca de arroz carbonizada, determinaram na parte aérea médias de 104 mg kg⁻¹ para o Zn e 353 mg kg⁻¹ de Mn, em que a concentração de Zn foi superior ao limite considerado adequado para o desenvolvimento de plantas, conforme estabelecido por Kabata-Pendias e Pendias (1985). De acordo com o trabalho desenvolvido por Lopes (2008), foram relatadas concentrações foliares de 259,8 mg kg de Mn e 16,2 mg kg de Zn com a utilização do substrato composto por casca de arroz carbonizada e vermiculita e uma lâmina de água diária obtida por meio da medição diária, em escala graduada. O sódio, por sua vez, foi encontrado com maiores concentrações nas folhas das mudas.

A relação da massa seca da parte aérea com a massa seca da raiz (MSPA/MSR) foi a única característica morfológica significativa, no teste F, mediante as proporções de ARS, em que se verificou maior média na

proporção ARS_1 . A idade mais indicada das mudas para o plantio no campo foi aos 90 dias, visto que aos 75 dias o diâmetro do coleto (DC) não atingiu o padrão desejável.

As concentrações de macronutrientes nas mudas foram superiores com a proporção ARS_1 . O enxofre foi a única característica significativa em todas as partes das mudas. A maioria dos macronutrientes avaliados nas folhas aos 75 dias após a semeadura apresentou concentrações médias compatíveis com padrões adequados, com exceção do Ca e Mg, que estiveram acima.

Aos 90 dias, o N, o P e o S estão adequados, porém o K está abaixo, e o Ca e o Mg estão acima do recomendado. Apesar dessa não adequação aos padrões recomendados, as mudas não apresentaram concentrações desses nutrientes que indicassem deficiência ou toxicidade. A maioria dos macronutrientes apresentou maiores concentrações aos 75 dias na folha, no caule e na raiz.

Os micronutrientes avaliados nas diferentes partes da muda apresentaram maiores concentrações com a proporção ARS_5 . Na avaliação das duas idades das mudas, o Fe e o Cu estavam acima do recomendado, porém não se enquadraram no limite que indica toxicidade; e o Zn e o Mn estão adequados.

A proporção ARS_3 (50% de ARS) seria a mais indicada para a adubação das mudas de *Eucalyptus urophylla*, pois são verificadas maiores concentrações para a maioria dos nutrientes avaliados nas diferentes partes das mudas que não diferem estatisticamente da maior média apresentada pela proporção ARS_1 para macronutrientes e ARS_5 para micronutrientes.

5. CONCLUSÕES

De acordo com as condições em que se desenvolveu esta pesquisa pode-se concluir que:

Substrato à base de casca de Pinus (SCP)

- A proporção correspondente a 50% de ARS é a que resulta em maiores valores das características morfológicas e nutricionais das mudas de eucalipto;
- Valores das características morfológicas considerados adequados ao plantio das mudas no campo são alcançados aos 90 dias após a semeadura;
- A maioria dos nutrientes avaliados nas mudas aos 75 DAS apresentou maiores concentrações quando comparados aos 90 DAS;
- Nas duas idades das mudas, verifica-se um bom estado nutricional das mesmas, pois não apresentaram concentrações que indicassem deficiência e toxicidade.

Substrato composto por Resíduos Sólidos Urbanos (SRSU)

- As diferentes proporções de ARS não influenciam todas as características morfológicas, exceto a relação da massa seca da parte aérea com a massa seca da raiz (MSPA/MSR), que apresenta maior média com as plantas submetidas à proporção ARS₁ (0% do N fornecido pela ARS e 100% pela adubação mineral);

- A proporção de 50% de ARS é a que resulta em maiores concentrações de nutrientes nas mudas;
- As mudas atingem padrões morfológicos adequados para o plantio no campo aos 90 dias após a semeadura; e
- Aos 75 e 90 dias após a semeadura, as mudas apresentam teores adequados para a maioria dos nutrientes.

REFERÊNCIAS

ALFENAS, A.C.; SANFENTES, E.; TEIXERA, A.D.; MILANI, D. Mofocinzeno, causado por *Botrytis cinerea* (Persoon ex Fries) em estacas e microestacas de *Eucalyptus sp.*, resistência a benomil e erradicação de inóculo do patógeno com água quente. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 4, n. 23, p. 497-500, 1999.

ALVES, W.L.; PASSONI, A.A. Composto e vermicomposto de lixo na produção de mudas de oiti (*Licania tomentosa* (BENTH) para arborização). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 32, n. 10, p. 1053-1058, 1997.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION – APHA. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 20.ed. New York: APHA, AWWA, WPCR, 1998.

ARAÚJO, A.P.; MACHADO, C.T.T. **Fósforo**. In: FERNANDES, M.S. **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. Cap. 10, p. 253-280.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA PRODUTORA E EXPORTADORA DE CARNE SUÍNA – ABIPECS. **Relatório anual 2008**. São Paulo, 2009. 22 p. Disponível em: <http://www.abipecs.org.br/relatorios/rela2008_P.pdf>. Acesso em: 20 set. 2009.

ASSOCIAÇÃO MINEIRA DE SILVICULTURA – AMS. **N. 55, 15 de junho de 2009**. Disponível em: <<http://www.silviminas.com.br/arquivo/publicacoes.aspx?ano=23>>. Acesso em: 21 out. 2009.

AUGUSTO, D.C.C.; GUERRINI, I.A.; ENGEL, V.L.; ROUSSEAU, G.X. Utilização de águas residuárias provenientes do tratamento biológico de esgotos domésticos na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* Hill. Ex. Maiden. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 31, n. 4, p. 8, 2007.

BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F. **Relação solo-eucalipto**. Viçosa: Folha de Viçosa, 1990. 338 p.

BARROSO, D.G.; CARNEIRO, J.G.A.; LELES, P.S.S. Qualidade de mudas de *Eucalyptus camaldulensis* e *E. urophylla* produzidas em tubetes e em blocos prensados, com diferentes substratos. **Floresta e Ambiente**, v. 7, n. 1, p. 238-250, 2000.

BATAGLIA, O.C.; SANTOS, W.R. Efeitos da adubação NPK na fertilidade do solo, nutrição e crescimento da seringueira. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 23, p. 881-890, 1999.

BATISTA, R.O. **Desempenho de sistema de irrigação por gotejamento utilizado na aplicação de água residuária de suinocultura**. 2007. 146 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

BINOTTO, A.F. **Relação entre variáveis de crescimento e o Índice de Qualidade de Dickson em mudas de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maid e *Pinus elliottii* var. *elliottii* – Engelm.** 2007. 54 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS.

BOTELHO, S.A. **Princípios e métodos silviculturais**. Lavras: FAEPE, 2003. 151 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: Departamento Nacional de Produção Vegetal – SNA/DNPV/CLAV, 1992. 365 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Métodos analíticos oficiais para análise de substratos para plantas e condicionadores de solo**. Instrução Normativa SDA n. 17. Diário Oficial da União - Seção 1, n. 99, 24 de maio de 2007. Brasília, 2007.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução normativa n. 27, de 05 de junho de 2006**. Disponível em <<http://extranet.agricultura.gov.br/sislegisconsulta/consultarLegislacao.do?operacao=visualizar&id=16951>>. Acesso em: 24 set. 2009.

CAMARGO, M.A.F. **Matéria seca, concentração e conteúdo de macronutrientes em mudas de clones de eucalipto, em função da idade.** 1997. 94 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.

CANTARELLA, H. **Nitrogênio.** In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. **Fertilidade do solo.** Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. Cap. 7, p. 375-470.

CARNEIRO, J.G.A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais.** Curitiba: UFPR/FUPEF, 1995. 451 p.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO – CFS. **Recomendações de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina.** 3.ed. Passo Fundo: SBCS/Núcleo Regional Sul; EMBRAPA-CNPT, 1995. 32 p.

CONSELHO ESTADUAL DE POLÍTICA AMBIENTAL – COPAM. **Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG n. 1 de 05 de maio de 2008.** Belo Horizonte, 2008. Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=8151>>. Acesso em: 12 jan. 2010.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. **Resolução n. 357, de 17 de março de 2005.** Brasília, 2005. Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=2747>>. Acesso em: 24 dez. 2009.

CRUZ, C.A.F.; PAIVA, H.N.; GUERRERO, C.R.A. Efeito da adubação nitrogenada na produção de mudas de sete-cascas (*Samanea inopinata* (Harms) Ducke). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 4, 2006.

CRUZ, M.C.M.; RAMOS, J.D.; OLIVEIRA, D.L.; MARQUES, V.B.; HAFLE, O.M. Utilização de água residuária de suinocultura na produção de mudas de maracujazeiro-azedo cv redondo amarelo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 30, n. 4, p. 1107-1112, 2008.

DAVIDE, A.C.; FARIA, J.M.R. **Viveiros florestais.** In: DAVIDE, A.C.; SILVA, E.A.A. **Produção de sementes e mudas de espécies florestais.** Lavras: UFLA, 2008. Cap. 2, 175 p.

DECHEN, A.R.; NACHTIGALL, G.R. **Micronutrientes.** In: FERNANDES, M.S. **Nutrição mineral de plantas.** Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. Cap. 13, p. 327-354.

DECHEN, A.R.; HAAG, H.P.; CARMELLO, Q.A.C. **Funções dos micronutrientes nas plantas.** In: FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P. (Eds.). **Micronutrientes na agricultura.** Piracicaba: POTAFOS, 1991. p. 65-78.

DELL, B.; MALAJACZUK, N.; GROVE, T.S. **Nutrient disorders in plantation eucalypts**. Canberra: Australian Centre for International Agricultural Research, 1995. 104 p.

DIESEL, R.; MIRANDA, C.R.; PERDOMO, C.C. **Coletânea de tecnologias sobre dejetos de suínos**. Concórdia, SC: EMBRAPA-CNPSEA/EMATER-RS, 2002. 31 p. (Boletim Informativo, 14).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997. 212 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Embrapa Informática Agropecuária. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília, 1999. 370 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Produção de mudas de eucalipto**. Disponível em: <www.cnpf.embrapa.br/publica/publica.htm>. Acesso em: 20 out. 2009.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A.J. **Mineral nutrition of plants: principles and perspective**. 2.ed. Sunderland: Sinauer Associates, 2005. 380 p.

ERNANI, P.R.; ALMEIDA, J.A.; SANTOS, F.C. Potássio. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. **Fertilidade do solo**. Viçosa-MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. Cap. 9, p. 551-594.

ERTHAL, V.J.T. **Fertirrigação de capim-Tifton 85 e aveia preta com águas residuárias de bovinocultura: efeitos no solo e nas plantas**. 2008. 96 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

FIDELES FILHO, J.; NÓBREGA, J.Q.; SOUZA, J.T.; DANTAS, J.P. Comparação dos efeitos de água residuária e de poço no crescimento e desenvolvimento do algodoeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9 (Suplemento), p. 328-332, 2005.

FONSECA, E.P. **Padrão de qualidade de mudas de *Trema micrantha* (L.) Blume., *Cedrela fissilis* Vell. e *Aspidosperma polyneuron* Müll. Arg. produzidas sob diferentes períodos de sombreamento**. 2000. 113 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, SP.

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

FONSECA, F.A. **Produção de mudas de *Acacia mangium* Wild. e *Mimosa artemisiana* Heringer & Paula, em diferentes recipientes, utilizando compostos de resíduos urbanos, para a recuperação de áreas degradadas.** 2005. 61 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ.

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

FONTES, P.C.R. **Diagnóstico do estado nutricional das plantas.** Viçosa: UFV, 2001. 122 p.

FREITAS, W.S.; OLIVEIRA, R.A.; PINTO, F.A.; CECON, P.R.; GALVÃO, J.C.C. Efeito da aplicação de águas residuárias de suinocultura sobre a produção de milho silagem. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 8, n. 1, p. 120-125, 2004.

GALBIATTI, J.A.; LUI, J.J.; SABONARO, D.Z.; BUENO, L.F.; SILVA, V.L. Formação de mudas de eucalipto com utilização de lixo orgânico e níveis de irrigação calculados por dois métodos. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. 2, p. 445-455, 2007.

GALVÃO, A.P.M. **Reflorestamento de propriedades rurais para fins produtivos e ambientais:** um guia para ações municipais e regionais. Colombo, PR: Embrapa Florestas, 2000. (Comunicação para transferência de tecnologia).

GOMES, J.M. **Parâmetros morfológicos na avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*, produzidas em diferentes tamanhos de tubete e de dosagens de N-P-K.** 2001. 126 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

GOMES, J.M.; PAIVA, H.N. **Viveiros florestais:** propagação sexuada. 3.ed. Viçosa: UFV, 2004. 116 p.

GOMES, J.M.; COUTO, L.; BORGES, R.C.C.; FONSECA, E.P. Efeito de diferentes substratos na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden, em "Win-Strip". **Revista Árvore**, Viçosa, v. 15, n. 1, p. 35-42, 1991.

GOMES FILHO, R.R.; MATOS, A.T.; SILVA, D.D.; MARTINEZ, H.E.P. Remoção de carga orgânica e produtividade da aveia forrageira em cultivo hidropônico com águas residuárias da suinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 5, n. 1, p. 131-134, 2001.

GONÇALVES, J.L.M. Recomendações de adubação para *Eucalyptus*, *Pinus* e espécies típicas da Mata Atlântica. **Documentos Florestais**, Piracicaba, v. 15, p. 1-23, 1995.

GONÇALVES, J.L.M.; POGGIANI, F. Substratos para produção de mudas florestais. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 13., 1996, Águas de Lindóia. **CD-ROM...** Águas de Lindóia: USP/ESALQ/SBCS/CEA/SLACS/SBM, 1996.

GONÇALVES, M.R.; PASSOS, C.A.M. Crescimento de cinco espécies de eucalipto submetidas a déficit hídrico em dois níveis de fósforo. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 10, n. 2, p. 145-161, 2000.

GRAVE, F.; FRANCO, E.T.H.; PACHECO, J.P.; SANTOS, S.R. Crescimento de plantas jovens de açoita-cavalo em quatro diferentes substratos. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 17, n. 4, p. 289-298, 2007.

GRUBER, Y.B.G. **Otimização da lâmina de irrigação na produção de mudas clonais de eucalipto (*Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus urophylla* var. *plathyphylla*)**. 2006. 145 p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.

GUEDES, M.C.; POGGIANI, F. Variação dos teores de nutrientes foliares em eucalipto fertilizado com bioossólido. **Scientia Forestalis**, n. 63, p. 188-201, 2003.

GUERREIRO, C.A.; COLLI JÚNIOR, G. **Controle de qualidade de mudas de *Eucalyptus* spp. na Champion Papel e Celulose S.A.** In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE MÉTODOS DE PRODUÇÃO E CONTROLE DE QUALIDADE DE SEMENTES E MUDAS FLORESTAIS, 1984, Curitiba. **Anais...** Curitiba: UFPR/FUPEF, 1984. p. 127-133.

HARUVY, N. Agricultural reuse of wastewater: nation-wide costbenefit analysis. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 66, p. 119-133, 1997.

HUSSAR, G.J.; PARADELA, A.L.; BASTOS, M.C.; REIS, T.K.B.; JONAS, T.C.; SERRA, W.; GOMES, J.P. Efeito do uso do efluente de reator anaeróbio compartimentado na fertirrigação da beterraba. **Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v. 2, n. 1, p. 35-45, 2005.

JOHNSON, J.D.; CLINE, P.M. **Seedling quality of southern pines**. In: DUREYA, M.L.; DOUGHERTY, P.M. (Eds.). **Forest regeneration manual**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1991. p. 143-162.

JONGBLOED, A.W.; POULSEN, H.D.; DOURMAD, J.Y.; VAN DER PEET-SCHWERING, C.M.C. Environmental and legislative aspects of pig production in The Netherlands, France and Denmark. **Livestock Production Science**, v. 58, n. 3, p. 243-249, 1999.

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

KIEHL, E.J. **Fertilizantes orgânicos**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1985. 492 p.

KOZLOWSKI, T.T.; KRAMER, P.J., PALLARDY, S.G. **The physiological ecology of woody plants**. New York: Academic Press, 1991. 657 p.

KROLOW, I.R.C. **Produção de mudas de eucalipto em substratos obtidos a partir de resíduos agroindustriais, compostados e vermicompostados**. 2007. 73 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, RS.

LANG, D.Z.; BOTREL, M.C.G. Desenvolvimento de mudas de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden em diferentes substratos. **Cultivando o Saber**, Cascavel, v. 1, n. 1, p. 107-117, 2008.

LIMA, G.J.M.M. **Nutrição de suínos**: ferramenta para reduzir a poluição causada pelos dejetos e aumentar a lucratividade do negócio. In: SEGANFREDO, M.A. **Gestão ambiental na suinocultura**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2007. Cap. 3, p. 63-101.

LOPES, J.L.W. **Qualidade de mudas clonais do híbrido de *Eucalyptus grandis* vs. *Eucalyptus urophylla*, submetidas a diferentes regimes hídricos**. 2008. 171 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, SP.

LOPES, J.L.W.; GUERRINI, I.A.; SAAD, J.C.C.; SILVA, M.R. Efeitos da irrigação na sobrevivência, transpiração e no teor relativo de água na folha em mudas de *Eucalyptus grandis* em diferentes substratos. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 68, p. 97-106, 2005.

LOPES, J.L.W.; GUERRINI, I.A.; SAAD, J.C.C. Qualidade de mudas de eucalipto produzidas sob diferentes lâminas de irrigação e dois tipos de substrato. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 31, n. 5, p. 835-843, 2007.

MAEDA, S.; ANDRADE, G.C.; FERREIRA, C.A.; SILVA, H.D.; AGOSTINI, R.B. Resíduos industriais e dejetos da caprinocultura como componentes de substratos para produção de mudas de *Eucalyptus badjensis*. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 53, p. 3-20, 2006.

MARANA, J.P.; MIGLIORANZA, E.; FONSECA, E.P.; KAINUMA, R.H. Índices de qualidade e crescimento de mudas de café produzidas em tubetes. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 1, p. 39-45, 2008.

MARENCO MENDOZA, R.A.; LOPES, N.F. **Fisiologia vegetal**. 2.ed. Viçosa: UFV, 2007. 469 p.

MATOS, A.T. **Disposição de águas residuárias no solo**. Viçosa-MG: UFV, 2007. 141 p. (AEAGRI, 38).

MATOS, A.T.; SEDIYAMA, M.A.N.; FREITAS, S.P.; VIDIGAL, S.M.; GARCIA, N.C.P. Características químicas e microbiológicas do solo influenciadas pela aplicação de dejetos líquidos de suínos. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 44, n. 254, p. 399-410, 1997.

MENGEL, K.; KIRKBY, E.A. **Principles of plant nutrition**. 4.ed. Bern: International Potash Institute, 1987. 687 p.

MIRANDA, C.R. Aspectos ambientais da suinocultura brasileira. In: SEGANFREDO, M.A. **Gestão ambiental na suinocultura**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2007. Cap. 1, p. 13-36.

MONTOVANI, J.R.; FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P. Alterações nos atributos de fertilidade do solo adubado com composto de lixo urbano. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 5, p. 817-824, 2005.

MORA, A.L.; GARCIA, C.H. **A cultura do eucalipto no Brasil**. São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 2000. 112 p.

OLIVEIRA, P.A.V.; MARTINS, R.R.; PEDROSO, D.; LIMA, G.J.M.M.; LINDNER, E.A.; BELLI FILHO, P.; CASTILHO JÚNIOR, A.B.; SILVEIRA, V.R.; BALDISERA, I.; MATTOS, A.C.; GOSSMANN, H.; CRISTMANN, A.; BONETT, E.; HESS, A. **Manual de manejo e utilização dos dejetos de suínos**. Concórdia: EMBRAPA-CNPSA, 1993. 188 p. (Documentos, 27).

PAIVA, H.N.; GOMES, J.M. **Viveiros florestais**. Viçosa: UFV, 1993. 56 p.

PALHARES, J.C.P. Legislação ambiental e suinocultura: barreiras, leis e futuro. In: SEGANFREDO, M.A. **Gestão ambiental na suinocultura**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2007. Cap. 2, p. 37-61.

PALHARES, J.C.P. **Licenciamento ambiental na suinocultura: o caso brasileiro e mundial**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2008. 52 p. (Documentos, 123).

PARVIAINEN, J.V. Qualidade e avaliação de mudas florestais. In: SEMINÁRIO DE SEMENTES E VIVEIROS FLORESTAIS, 1, 1981, Curitiba. **Anais...** Curitiba: FUPEF, 1981. p. 59-90.

PELISSARI, R.A.Z.; SAMPAIO, S.C.; GOMES, S.D.; CREPALLI, M.S. Lodo têxtil e água residuária da suinocultura na produção de mudas de *Eucalyptus grandis*. (*W, Hill ex Maiden*). **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 29, n. 2, p. 288-300, 2009.

PERDOMO, C.C.; LIMA, G.J.M.M.; NONES, K. Produção de suínos e meio ambiente. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO DA SUINOCULTURA, 9., 2001, Gramado. **Anais...** Gramado: EMBRAPA-CNPSA, 2001. p. 8-24.

PERDOMO, C.C.; OLIVEIRA, P.A.V.; KUNZ, A. **Sistema de tratamento de dejetos suínos**: inventário tecnológico. Concórdia: EMBRAPA Suínos e Aves, 2003a. 85 p. (Documentos, 85).

PERDOMO, C.C.; OLIVEIRA, P.A.V.; KUNZ, A. **Metodologia sugerida para estimar o volume e a carga de poluentes gerados em uma granja de suínos**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2003b. (Comunicado Técnico, 332).

PEREIRA NETO, J.T. **Manual de compostagem**: processo de baixo custo. Viçosa: UFV, 2007. 81 p.

POGGIANI, F.; GUEDES, M.C.; BENEDETTI, V. Aplicabilidade de biossólido em plantações florestais: 1 - reflexo no ciclo de nutrientes. In: BETTIOL, W.; CAMARGO, O.A. (Ed.). **Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto**. Jaguariúna: EMBRAPA Meio Ambiente, 2000. p. 163-178.

PORKWORLD. **Perspectivas para a suinocultura em 2009**. Edição 48, 2009. Disponível em: <<http://www.porkworld.com.br/index.php?pasta=35>>. Acesso em: 21 out. 2009.

REGO, J.L.; OLIVEIRA, E.L.L.; CHAVES, A.F.; ARAÚJO, A.P.B.; BEZERRA, F.M.L.; SANTOS, A.B.; MOTA, S. Uso de esgoto doméstico tratado na irrigação da cultura da melancia. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9 (Suplemento), p. 155-159, 2005.

REZENDE, A.A.P. **Fertirrigação do eucalipto com efluente tratado de fábrica de celulose Kraft branqueada**. 2003. 161 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

RIBEIRO, G.T.; PAIVA, H.N.; JACOVINE, L.S.G.; TRINDADE, C. **Produção de mudas de eucalipto**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2001. 122 p.

RODRIGUES, S.B.S. **Análise do uso de água em unidades de produção de mudas de eucalipto**. 2007. 93 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

RODRIGUES, R. **Floresta plantada**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 2009. Disponível em: <http://www.sbs.org.br/destaques_floresta_plantada.html>. Acesso em: 21 ago. 2009.

ROMERO, R.R. **Resposta fisiológica de plantas de *Eucalyptus grandis* à adubação com potássio e sódio**. 2008. 56 p. Dissertação (Mestre em Fisiologia e Bioquímica de Plantas) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.

SABONARO, D.Z. **Utilização de composto de lixo urbano na produção de mudas de espécies arbórea nativas com dois níveis de irrigação**. 2006. 95 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2006.

SEGANFREDO, M.A. **Modelo simplificado de avaliação de risco ambiental na reciclagem dos dejetos de suínos como fertilizante do solo**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2003. (Comunicado Técnico, 343).

SEGANFREDO, M.A. Uso de dejetos suínos como fertilizante e seus riscos ambientais. In: SEGANFREDO, M.A. **Gestão ambiental na suinocultura**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2007. Cap. 6, p. 149-175.

SILVA, J.C.; MATOS, J.L.M. A madeira de eucalipto na indústria moveleira. **Revista de Madeira**, Curitiba, n. 70, p. 36-40, 2003.

SILVA, F.C.; BERTON, R.S.; CHITOLINA, J.C.; BALESTEIRO, S.D. **Uso agrícola do composto de lixo no Estado de São Paulo: recomendações técnicas**. Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, 2002. (Circular Técnica).

SILVA, P.H.M.; POGGIANI, F.; GONÇALVES, J.L.M.; STAPE, J.L. Volume de madeira e concentração foliar de nutrientes em parcelas experimentais de *Eucalyptus grandis* fertilizadas com lodos de esgoto úmido e seco. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 32, n. 5, 2008.

SILVEIRA, R.L.V.A.; HIGASHI, E.N.; GONÇALVES, A.N.; MOREIRA, A. Avaliação do estado nutricional do *Eucalyptus*: Diagnose visual, foliar e suas interpretações. In: GONÇALVES, J.L.M. BENEDETTI, V. **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000. Cap. 4, p. 79- 104.

SILVEIRA, R.L.V.A.; MOREIRA, A.; TAKASHI, E.N.; SGARBI, F.; BRANCO, E.F. Sintomas de deficiência de macronutrientes e de boro em clones híbridos de *Eucalyptus grandis* com *Eucalyptus urophylla*. **Cerne**, Lavras, v. 8, n. 2, p. 107-116, 2002.

SILVEIRA, R.L.V.A.; LUCA, E.F.; SILVEIRA, L.V.A.; LUZ, H.F. Matéria seca, concentração e acúmulo de nutrientes em mudas de *Eucalyptus grandis* em função da idade. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 64, p. 136-149, 2003.

SOARES, C.R.F.S.; SIQUEIRA, J.O.; CARVALHO, J.G.; MOREIRA, F.S.; GRAZZIOTTI, P.H. Crescimento e nutrição mineral de *Eucalyptus maculata* e *Eucalyptus urophylla* em solução nutritiva com concentração crescente de cobre. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Lavras, v. 12, p. 213-225, 2000.

SOARES, C.R.F.S.; GRAZZIOTTI, P.H.; SIQUEIRA, J.O.; CARVALHO, J.G.; MOREIRA, F.M.S. Toxidez de zinco no crescimento e nutrição de *Eucalyptus maculata* e *Eucalyptus urophylla* em solução nutritiva. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 2, p. 339-348, 2001.

SOUZA, J.A.R. **Efeitos da fertirrigação com efluente do tratamento primário da água residuária da suinocultura no solo e na produtividade e qualidade do tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.)**. 2009. 119 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG.

SOUZA, S.R.; FERNANDES, M.S. Nitrogênio. In: FERNANDES, M.S. **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa-MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. Cap. 9, p. 215-252.

SOUZA, J.A.A.; RAMOS, M.M.; SOARES, A.A.; NEVES, J.C.L.; MEDEIROS, S.S.; SOUZA, J.A. Efeitos da fertirrigação com água residuária de origem urbana sobre a produtividade do cafeeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9 (Suplemento), p. 128-132, 2005.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.

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

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA – UFV. **Sistema para Análises Estatísticas – SAEG**: versão 9.1. Viçosa, 2007.

VALERI, S.V.; CORRADINI, L. Fertilização em viveiro para produção de mudas de *Eucalyptus* e *Pinus*. In: GONÇALVES, J.L.M.; BENEDETTI, V. (Eds.). **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000. Cap. 7, p. 168-190.

VALVERDE, S.R. **As plantações de eucalipto no Brasil**. CIFLORESTAS, 2009. 7p. Disponível em: <<http://www.ciflorestas.com.br/documentos.php?t=E>>. Acesso em: 23 set. 2009.

VITTI, G.C.; LIMA, E.; CICARONE, F. Cálcio, magnésio e enxofre. In: FERNANDES, M.S. **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. Cap. 12, p. 298-325.

WENDLING, I.; GATTO, A. **Substratos, adubação e irrigação na produção de mudas**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2002. 166 p.

APÊNDICES

APÊNDICE A

SUBSTRATO COMERCIAL

Quadro 1A – Valores médios das características morfológicas das mudas com o uso do substrato à base de casca de pinus em função das proporções de ARS

Proporção ARS	H (cm)	DC (mm)	H/DC	MSPA (g)	MSR (g)	MST (g)	MSPA/MSR	IQD
ARS ₁	22,81a	2,27	10,10a	0,89a	0,23a	1,12a	3,81	0,080a
ARS ₂	21,66a	2,19	9,87ab	0,72ab	0,21ab	0,94ab	3,28	0,070abc
ARS ₃	20,62ab	2,18	9,42ab	0,70abc	0,22ab	0,93ab	3,17	0,074ab
ARS ₄	19,82ab	2,02	9,82ab	0,63bc	0,19ab	0,82bc	3,27	0,062bc
ARS ₅	17,97b	2,01	9,02b	0,51c	0,17b	0,68c	3,08	0,057c

* ARS₁: 0% do N fornecido pela ARS e 100% pela adubação mineral; ARS₂: 25% do N fornecido pela ARS e 75% pela adubação mineral; ARS₃: 50% do N fornecido pela ARS e 50% pela adubação mineral; ARS₄: 75% do N fornecido pela ARS e 25% pela adubação mineral; ARS₅: 100% do N fornecido pela ARS e 0% pela adubação mineral.

*Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste "Tukey".

Quadro 2A – Valores médios de macronutrientes determinados nas diferentes partes das mudas com a utilização do substrato à base de casca de pinus em função das proporções de ARS

Proporção ARS	g kg ⁻¹					
	N	P	K	S	Ca	Mg
----- Folha -----						
ARS ₁	24,0	1,56c	18,64a	2,11	3,71	1,65b
ARS ₂	24,8	1,71bc	18,40ab	2,18	3,65	1,84ab
ARS ₃	24,0	1,73bc	18,26ab	1,90	3,81	1,89ab
ARS ₄	26,1	2,14b	17,68ab	1,94	4,08	2,01ab
ARS ₅	26,6	3,01a	17,00b	1,76	4,58	2,10a
----- Caule -----						
ARS ₁	13,58a	1,85c	21,43a	1,90a	4,10b	1,15b
ARS ₂	13,48a	2,36bc	21,33a	1,28ab	4,70b	1,26b
ARS ₃	13,57a	2,76bc	21,42a	1,17ab	5,25b	1,36b
ARS ₄	13,22a	3,21b	21,29a	1,07ab	5,66b	1,45b
ARS ₅	15,79a	4,75a	22,89a	0,70b	7,35a	1,95a
----- Raiz -----						
ARS ₁	11,86	1,28b	6,02a	1,84a	4,34	1,21
ARS ₂	12,45	1,37b	5,36a	1,72a	3,51	1,29
ARS ₃	11,76	1,38b	5,16a	1,45ab	3,69	1,37
ARS ₄	11,53	1,41b	4,73ab	1,22bc	3,65	1,40
ARS ₅	12,69	1,78a	3,75b	0,79c	4,14	1,47

* ARS₁: 0% do N fornecido pela ARS e 100% pela adubação mineral; ARS₂: 25% do N fornecido pela ARS e 75% pela adubação mineral; ARS₃: 50% do N fornecido pela ARS e 50% pela adubação mineral; ARS₄: 75% do N fornecido pela ARS e 25% pela adubação mineral; ARS₅: 100% do N fornecido pela ARS e 0% pela adubação mineral.

* Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste "Tukey".

Quadro 3A – Valores médios de micronutrientes determinados nas diferentes partes das mudas com a utilização do substrato à base de casca de pinus em função das proporções de ARS

Proporção ARS	mg kg ⁻¹				
	Fe	Cu	Zn	Mn	Na
----- Folha -----					
ARS ₁	72,58c	2,19	23,26b	386,67b	1,58
ARS ₂	98,20bc	2,02	23,92b	465,38ab	2,33
ARS ₃	103,08abc	2,00	25,44ab	464,15ab	2,72
ARS ₄	126,43ab	2,04	26,24ab	526,52a	2,65
ARS ₅	131,58a	2,57	31,03a	558,78a	2,46
----- Caule -----					
ARS ₁	38,65	1,19b	25,20c	172,05b	0,72
ARS ₂	41,93	1,42b	30,28b	196,62ab	0,82
ARS ₃	29,37	1,87ab	30,71ab	212,25ab	0,82
ARS ₄	39,95	3,01a	31,86ab	219,25ab	0,82
ARS ₅	43,14	3,07a	35,17a	236,34a	0,83
----- Raiz -----					
ARS ₁	818,26	6,15	30,91b	50,06c	0,89
ARS ₂	568,58	5,21	32,87ab	72,33b	0,98
ARS ₃	545,56	4,67	35,67ab	78,78ab	0,98
ARS ₄	438,78	5,16	36,98ab	95,77a	0,96
ARS ₅	603,70	7,83	45,93a	89,23ab	0,91

* ARS₁: 0% do N fornecido pela ARS e 100% pela adubação mineral; ARS₂: 25% do N fornecido pela ARS e 75% pela adubação mineral; ARS₃: 50% do N fornecido pela ARS e 50% pela adubação mineral; ARS₄: 75% do N fornecido pela ARS e 25% pela adubação mineral; ARS₅: 100% do N fornecido pela ARS e 0% pela adubação mineral.

* Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste "Tukey".

APÊNDICE B

COMPOSTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

Quadro 1B – Valores médios das características morfológicas das mudas com o uso do composto de resíduos sólidos urbanos em função das proporções de ARS

Proporção ARS	H (cm)	DC (mm)	H/DC	MSPA (g)	MSR (g)	MST (g)	MSPA/MSR	IQD
ARS ₁	18,9	1,92	9,83	0,71	0,14	0,84	5,16a	0,056
ARS ₂	18,13	1,88	9,63	0,55	0,13	0,68	4,22b	0,049
ARS ₃	18,98	2,01	9,45	0,60	0,16	0,76	3,76b	0,057
ARS ₄	19,72	1,92	10,27	0,62	0,17	0,78	3,66b	0,056
ARS ₅	19,35	2,04	9,52	0,67	0,16	0,83	4,28b	0,060

* ARS₁: 0% do N fornecido pela ARS e 100% pela adubação mineral; ARS₂: 25% do N fornecido pela ARS e 75% pela adubação mineral; ARS₃: 50% do N fornecido pela ARS e 50% pela adubação mineral; ARS₄: 75% do N fornecido pela ARS e 25% pela adubação mineral; ARS₅: 100% do N fornecido pela ARS e 0% pela adubação mineral.

* Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste "Tukey".

Quadro 2B – Valores médios de macronutrientes determinados nas diferentes partes das mudas com a utilização do composto de resíduos sólidos urbanos em função das proporções de ARS

Proporção ARS	g kg ⁻¹					
	N	P	K	S	Ca	Mg
----- Folha -----						
ARS ₁	27,24	2,76	17,58a	2,26a	7,04	2,54
ARS ₂	27,85	2,83	16,35ab	2,41a	7,27	2,62
ARS ₃	26,95	2,56	14,51bc	2,19a	7,22	2,57
ARS ₄	26,91	2,68	14,64bc	2,18a	7,50	2,74
ARS ₅	26,39	3,00	13,16c	1,49b	7,67	2,96
----- Caule -----						
ARS ₁	13,40	4,41	19,93	1,66a	12,08	2,27
ARS ₂	15,50	4,23	20,49	1,59ab	12,54	2,15
ARS ₃	13,14	3,90	19,65	1,48ab	10,07	2,02
ARS ₄	13,40	4,27	21,66	1,29b	10,89	2,08
ARS ₅	14,7	4,73	21,86	0,93c	10,92	2,30
----- Raiz -----						
ARS ₁	13,10	2,31	5,41	1,97a	11,84	2,52
ARS ₂	13,33	2,01	5,39	1,69ab	10,36	2,38
ARS ₃	12,01	1,95	6,07	1,44abc	8,9	2,30
ARS ₄	11,85	2,04	6,84	1,28bc	9,59	2,34
ARS ₅	12,17	2,21	5,94	0,98c	10,83	2,50

* ARS₁: 0% do N fornecido pela ARS e 100% pela adubação mineral; ARS₂: 25% do N fornecido pela ARS e 75% pela adubação mineral; ARS₃: 50% do N fornecido pela ARS e 50% pela adubação mineral; ARS₄: 75% do N fornecido pela ARS e 25% pela adubação mineral; ARS₅: 100% do N fornecido pela ARS e 0% pela adubação mineral.

* Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste "Tukey".

Quadro 3B – Valores médios de micronutrientes determinados nas diferentes partes das mudas com a utilização do composto de resíduos sólidos urbanos em função das proporções de ARS

Proporção ARS	mg kg ⁻¹				
	Fe	Cu	Zn	Mn	Na
----- Folha -----					
ARS ₁	123,38	6,78ab	25,60a	108,47	2,14
ARS ₂	112,53	6,15b	26,40a	103,20	1,99
ARS ₃	116,19	5,77b	30,82a	85,53	2,17
ARS ₄	96,36	6,93ab	28,22a	96,38	2,47
ARS ₅	111,84	7,93a	29,95a	94,90	2,20
----- Caule -----					
ARS ₁	45,94b	5,47	22,92	41,13	0,74
ARS ₂	55,68ab	5,84	24,87	36,63	0,64
ARS ₃	52,47ab	6,11	23,07	32,57	0,63
ARS ₄	47,98b	6,11	23,97	27,63	0,65
ARS ₅	71,71a	7,24	22,05	33,74	0,70
----- Raiz -----					
ARS ₁	1718,50	15,23	48,74	61,90	0,78
ARS ₂	1505,19	12,94	44,15	66,08	0,85
ARS ₃	1120,61	10,97	37,54	42,64	0,79
ARS ₄	1460,59	12,93	42,42	56,03	0,96
ARS ₅	1665,77	15,59	47,47	59,83	0,93

* ARS₁: 0% do N fornecido pela ARS e 100% pela adubação mineral; ARS₂: 25% do N fornecido pela ARS e 75% pela adubação mineral; ARS₃: 50% do N fornecido pela ARS e 50% pela adubação mineral; ARS₄: 75% do N fornecido pela ARS e 25% pela adubação mineral; ARS₅: 100% do N fornecido pela ARS e 0% pela adubação mineral.

* Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste "Tukey".