



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

JUCILENE FERREIRA DOS REIS

**BIOSSÓLIDOS E POLÍMERO HIDRORETENTOR NA PRODUÇÃO DE ORELHA-
DE-NEGRO EM TUBETES**

Prof. Dr. JOSÉ CARLOS ARTHUR JUNIOR
ORIENTADOR

SEROPÉDICA, RJ
JUNHO - 2018



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

JUCILENE FERREIRA DOS REIS

**BIOSSÓLIDOS E POLÍMERO HIDRORETENTOR NA PRODUÇÃO DE ORELHA-
DE-NEGRO EM TUBETES**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Florestal, como requisito parcial para a obtenção do Título de Engenheira Florestal, Instituto de Florestas da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

SEROPÉDICA, RJ
JUNHO - 2018

**BIOSSÓLIDOS E POLÍMERO HIDRORETENTOR NA PRODUÇÃO DE
ORELHA-DE-NEGRO EM TUBETES**

JUCILENE FERREIRA DOS REIS

Monografia aprovada em 13 de junho de 2018.

Comissão Examinadora:

Prof. Dr. José Carlos Arthur Junior – UFRRJ
Orientador

Prof. Dr. Eduardo Vinícius da Silva – UFRRJ
Membro

Engenheiro Florestal - Elton Luís da Silva Abel - CEDAE
Membro

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a Deus
e a meus pais.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por me conceder força e sabedoria, sempre guiando meus passos e cuidando de mim.

A meus pais Anselmo e Cleusa, por todo o amor, por tantos esforços, cuidado e apoio infinito. Vocês são os melhores que eu poderia ter.

A meus tios Alberto e Antônia Ordonez, por toda ajuda, incentivo e orações.

A Luciano Tonin, por todo amor, por me acompanhar durante toda graduação, pela ajuda no experimento e desenvolvimento desse trabalho e principalmente por sempre estar ao meu lado.

A Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, pela experiência fantástica que tive durante a graduação e por proporcionar um ensino público e de qualidade.

Ao meu professor e orientador José Carlos Arthur Junior, por todo incentivo, pelos ensinamentos e pela paciência.

Aos membros da banca, Eduardo Vinicius e Elton Abel, pelas contribuições.

A CEDAE, pelo fornecimento do biossólido para o viveiro, permitindo nosso trabalho com ele.

A Tião do Viveiro “Luiz Fernando Oliveira Capellão” da UFRRJ, pela amizade e ajuda.

A Jayna, estagiária do Viveiro, pela responsabilidade e toda dedicação em me ajudar com o experimento.

Ao LAPER por estar sempre de portas abertas, permitindo que eu fizesse medições para o experimento.

As minhas amigas da república, que me acompanharam durante a graduação, Raquel Aparecida, Marina Soares, Corina Barrera, Larissa Vargas e Yasmin Santos.

A Gabriela Mastrangelo, pela amizade, por sempre me apoiar, aconselhar, acreditar em mim e também por ter ajudado com as adubações desse experimento.

A Suellen Feitosa pela amizade, apoio, confiança e por toda ajuda durante a graduação e na construção desse trabalho.

A Thais Rocha, pela amizade, por ter sido minha companheira em grande parte da graduação, inclusive em quase todos os finais de semana no Viveiro, ajudando com a irrigação, dando apoio, risadas e muitas ciladas.

A minha amiga Violaine Viégas, uma super parceira que me ajudou em todas as medições, independente do sol ou chuva estávamos sempre juntas.

Aos amigos, Bruna Oliveira, Glauca Crispim, Hudson Mota, Jéssica Feitosa, Luiz Fernando, Renata Knupp e Ricardo Junior, pela amizade, companheirismo, pelas risadas, conselhos, estudos, diversão, enfim, pela história construída com cada um de vocês.

E a todos os amigos que mesmo de longe sempre me apoiaram, sempre me receberam de braços abertos com uma palavra de incentivo.

RESUMO

Objetivou-se avaliar bioossólidos de diferentes estações de tratamentos de esgoto (ETEs) como substrato para produção de mudas de orelha-de-negro em tubetes, e o efeito de quatro doses crescentes de polímero hidroretentor (0, 250, 500 e 1000 g m⁻³ de substrato) misturados ao substrato em duas lâminas de irrigação (5 e 10 mm). O experimento foi conduzido no viveiro da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, formulando-se três substratos: ALE (100% bioossólido ETE Alegria), ILHA (100% bioossólido ETE Ilha do Governador) e SC (50% substrato comercial + 50% pó de coco). Casualizaram-se cinco repetições de 8 mudas para cada substrato. A mensuração da altura da parte aérea ocorreu entre 40-120 dias, e a do diâmetro de coleto ocorreu entre 60-120 dias, porém, utilizou-se apenas a medição de 120 dias nas análises. A massa de matéria seca da parte aérea, do sistema radicular e do total foram realizadas aos 120 dias após a semeadura. Com base nos parâmetros morfológicos calculou-se o índice de qualidade de Dickson. O bioossólido ALE, por apresentar maior teor de nutrientes apresentou mudas com desenvolvimento e qualidade superior ao ILHA e SC. O bioossólido ILHA apresentou qualidade igual ou superior ao SC. Os dois bioossólidos não receberam fertilização mineral. A poliacrilamida catiônica presente no bioossólido ALE não reduziu o desenvolvimento e a qualidade das mudas. A adição do polímero hidroretentor ao substrato não proporcionou maior crescimento e qualidade das mudas nas doses testadas nas duas lâminas de irrigação. As mudas produzidas na lâmina de irrigação de 10 mm obtiveram de forma geral, maior crescimento e qualidade.

Palavras chaves: *Enterolobium contortisiliquum*, hidrogel, lodo de esgoto

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate biosolids from different sewage treatment stations (TEEs) as substrate for black-ear seedlings in tubes and the effect of four increasing doses of hydro-polymer (0, 250, 500 and 1000 g m⁻³ of substrate) mixed into the substrate on two irrigation blades (5 and 10 mm). The experiment was carried out in the nursery of the Federal Rural University of Rio de Janeiro, formulating three substrates: ALE (100% biosolid ETE Alegria), ILHA (100% biosolid ETE Ilha do Governador) and SC (50% commercial substrate + 50% coconut powder). Five replications of 8 seedlings were randomized to each substrate. Measurement of the shoot height occurred between 40-120 days, and the collection diameter occurred between 60-120 days, but only the 120 day measurement was used in the analyzes. The dry matter mass of the aerial part, the root system and the total were done at 120 days after sowing. Based on the morphological parameters Dickson quality index was calculated. The ALE biosolidum, due to its higher nutrient content, presented seedlings with development and superior quality to ILHA and SC. The biosolid ILHA presented quality equal to or greater than SC. The two biosolids did not receive mineral fertilization. The cationic polyacrylamide present in the ALE biosolids did not reduce the development and quality of the seedlings. The addition of the water-holding polymer to the substrate did not provide higher seed growth and quality at the doses tested in the two irrigation layers. The seedlings produced in the 10 mm irrigation blade obtained in general, greater growth and quality.

Key words: *Enterolobium contortisiliquum*, hydrogel, sewage sludge

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	0
	...	1
2.	REVISÃO	0
	BIBLIOGRÁFICA.....	2
2.1	Produção de	0
.	mudas.....	2
2.2	Manejo	0
.	hídrico.....	3
2.3	Polímero	0
.	hidroretentor.....	4
2.4	Substrato.....	0
.	...	5
2.5	Biossólido.....	0
.	...	6
2.6	Orelha-de-	0
.	negro.....	7
3.	MATERIAL E	0
	MÉTODOS.....	8
4.	RESULTADOS E	1
	DISCUSSÃO.....	3
5.	CONCLUSÃO.....	3
	...	0

6. REFERÊNCIAS	3
BIBLIOGRÁFICAS.....	1

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Caracterização química de metais pesados dos substratos biossólido da ETE Alegria (ALE), biossólido da ETE Ilha do Governador (ILHA) e substrato comercial (SC).....	09
Tabela 2 - Caracterização química de macro e micronutrientes dos substratos biossólido da ETE Alegria (ALE), biossólido da ETE Ilha do Governador (ILHA) e substrato comercial (SC).....	10
Tabela 3 - Condutividade elétrica (CE) e pH dos substratos biossólido da ETE Alegria (ALE), biossólido da ETE Ilha do Governador (ILHA) e substrato comercial (SC).....	10
Tabela 4 - Crescimento médio em altura (H), diâmetro do coleto (DC) e relação altura x diâmetro do coleto (H:DC) de mudas de orelha-de-negro aos 120 dias após a semeadura sob as lâminas de irrigação de 5 e 10 mm , utilizando os substratos ALE, ILHA e SC e doses de 0, 250, 500 e 1000 g de polímero hidroretentor por metro cúbico de substrato.....	13
Tabela 5 - Acúmulo de massa de matéria seca da parte aérea (MSPA), do sistema radicular (MSR) e total (MST), e índice de qualidade de Dickson (IQD) de	23

mudas de orelha-de-negro aos 120 dias após a semeadura sob as lâminas de irrigação de 5 mm e 10 mm, utilizando os substratos ALE, ILHA e SC e doses de 0, 250, 500 e 1000 g de polímero hidroretentor por metro cúbico de substrato.....

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Crescimento médio em altura (H), em diâmetro do coleto e relação altura x diâmetro do coleto (H:DC) aos 120 dias após a semeadura de mudas de orelha-de-negro sob as lâminas de irrigação de 5 e 10 mm , utilizando os substratos ALE (A), ILHA (B) e SC (C) e doses de 0, 250, 500 e 1000 g de polímero hidroretentor por metro cúbico de substrato. n.s– não difere significativamente à 95% de probabilidade pelo teste t..... 17
- Figura 2 - Crescimento médio em altura (H) dos 40 aos 150 dias após a semeadura de mudas de orelha-de-negro sob as lâminas de irrigação de 5 mm (1) e 10 mm (2), utilizando os substratos ALE, ILHA e SC e doses de 0 (A), 250 g (B), 500 g (C) e 1000 g (D) de polímero hidroretentor por metro cúbico de substrato. ** Equação significativa à 1% de significância..... 19
- Figura 3 - Mudas de mudas de orelha-de-negro aos 120 dias após a semeadura sob as lâminas de irrigação de 5 mm (1) e 10 mm (2), utilizando os substratos ALE (A), ILHA (B) e SC (C) nas doses de 0, 250, 500 e 1000 g de polímero hidroretentor por metro cúbico de substrato..... 22
- Figura 4 - Acúmulo de matéria seca da parte aérea (MSPA), do sistema radicular (MSR) e total (MST) aos 120 dias após a semeadura de mudas de orelha-de-negro sob as lâminas de irrigação de 5 e 10 mm, utilizando os substratos ALE (A), ILHA (B) e SC (C) e doses de 0, 250, 500 e 1000 g de polímero hidroretentor por metro cúbico de substrato. n.s – não significativo à 95% de probabilidade pelo teste t.. 25
- Figura 5 - Índice de Qualidade de Dickson (IQD) de mudas de Orelha-de-negro aos 120 dias após a semeadura sob as lâminas de irrigação de 5 mm e 10 mm, utilizando os substratos ALE (A), ILHA (B) e SC (C) e doses de 0, 250, 500 e 1000 g de polímero hidroretentor por metro cúbico de substrato. n.s. – não significativo pelo teste t à 95% de probabilidade..... 29

1. INTRODUÇÃO

A degradação de ecossistemas e a importância da qualidade ambiental estimulam a produção de mudas florestais para fins de restauração (JOSÉ et al., 2005). As espécies escolhidas devem apresentar capacidade de sobreviver em condições adversas e ter desenvolvimento vigoroso pós-plantio (DELIGÖZ, 2011), sendo a qualidade da muda fator primordial para isso.

Os centros urbanos além de causarem degradação ambiental geram muitos resíduos, sendo estes os principais desafios dos gestores. Entre os resíduos que despertam atenção está o lodo de esgoto, oriundo do processo de tratamento de esgoto nas estações. Esse resíduo após tratamento, higienização e estabilização, passa ser denominado de biossólido (BRASIL, 2006), e pode ser utilizado na área florestal e agrícola como fertilizante ou substrato, por ser rico em matéria orgânica e nutrientes, melhorando os atributos físicos e químicos do solo e dos substratos (UESUGI, 2014).

Os biossólidos podem apresentar diferenças na sua composição físico-química entre as estações em função das características dos afluentes, tratamento realizado no esgoto e também no lodo, bem como sua estabilização. Entre os tratamentos realizados, a adição de poliacrilamida catiônica é comum, sendo usada na fase de adensamento para auxiliar na desidratação do lodo e aglutinação da matéria orgânica. Com isso, ocorre a redução da quantidade de água presente no biossólido e o aumento da quantidade de sólidos, facilitando o transporte do mesmo. Porém, o uso da poliacrilamida pode alterar a capacidade de retenção de água do biossólido.

O processo de produção de mudas exige um manejo hídrico adequado, pois o excesso pode aumentar a vulnerabilidade das plantas em relação a doenças e a falta de água pode levar a morte. Com o intuito de otimizar o uso da água, o polímero hidroretentor surge como alternativa para reduzir a frequência de irrigação. Os polímeros hidroretentores são capazes de armazenar uma quantidade de água significativa em relação ao seu peso, favorecendo o processo de produção de mudas visto que as condições hídricas seriam mais constantes (NAVROSKI, 2013).

Diante do contexto, objetivou-se avaliar biossólidos de diferentes estações como substrato assim como o uso do polímero hidroretentor misturado ao substrato em duas lâminas de irrigação para produção de mudas de orelha-de-negro em tubetes. Para o biossólido ALE, avaliar se a presença da poliacrilamida catiônica reduz o crescimento

das mudas e o efeito de doses crescentes de polímero hidroretentor em duas lâminas de irrigação.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Produção de mudas

A preocupação com a qualidade ambiental e a crescente degradação de ecossistemas estimula a produção de mudas florestais para fins de restauração (JOSÉ et al., 2005). Restaurar ecossistemas representa um desafio de iniciar um processo de sucessão o mais semelhante possível aos processos naturais, formando comunidades com biodiversidade e que tendam a uma rápida estabilização (REIS et al., 2003b).

Existem várias técnicas de restauração florestal desde as que não requerem intervenção direta até as mais intervencionistas (RODRIGUES; GANDOLFI, 2000). As técnicas não intervencionistas são aquelas que consistem na eliminação da fonte de degradação e dependem de características da paisagem, já as intervencionistas requerem ações mais diretas, como a semeadura direta, o plantio de mudas de espécies florestais e a eliminação da barreira à regeneração (MORAES et al., 2013).

Dentre as técnicas que necessitam do aporte de mudas estão: a nucleação, o plantio de enriquecimento e o plantio em área total. A nucleação consiste na capacidade que uma espécie tem de melhorar o ambiente, facilitando a ocupação dessa área por outras espécies (YARRANTON; MORRISON, 1974). O plantio de mudas é uma forma efetiva de ampliar este processo. O plantio enriquecimento visa ao aumento da diversidade vegetal através do plantio parcial de mudas onde a regeneração natural já existe e o plantio em área total consiste na introdução de mudas em toda a área, em densidade suficiente para recobrir o solo e formar uma fisionomia florestal, esta técnica possui o maior e mais custoso grau de intervenção (MORAES et al., 2013).

O sucesso de projetos de implantação florestal é altamente dependente da escolha correta da técnica a ser aplicada e da qualidade das mudas (LELES et al., 2006), as quais devem apresentar capacidade de sobreviver em condições adversas e ter desenvolvimento vigoroso pós-plantio (DELIGÖZ, 2011).

A obtenção de mudas de diferentes espécies e com qualidade morfofisiológica que facilitam o processo de plantio e adaptação ao campo são um dos principais problemas encontrados em projetos florestais (SANTARELI, 2004). Assim, a definição e otimização

da metodologia e do sistema utilizado durante o crescimento em viveiros é fundamental para melhorar a qualidade das mudas, produzir mudas mais rapidamente e reduzir os custos de produção.

A composição dos substratos é fator de grande importância, pois a germinação de sementes, a iniciação radicular e o enraizamento estão diretamente ligados às suas características químicas, físicas e biológicas (CALDEIRA et al., 2000). Devido a isso, o estudo da melhor combinação de materiais para compor um substrato a fim de promover maior crescimento inicial de mudas com qualidade e de forma rápida é fundamental para melhorar a produção na fase de viveiro (MORAIS et al., 1996).

Nos viveiros florestais, é comum a utilização de componentes orgânicos para a produção de mudas com o objetivo de melhorar os atributos físicos, químicos e biológicos dos substratos; porém, de forma geral, as formulações dos substratos são pobres em nutrientes essenciais para o crescimento da planta, sendo a adubação mineral necessária para que as mudas se desenvolvam de maneira satisfatória (DELARMELINA et al., 2014)

A produção de mudas de qualidade depende de vários fatores, destacando-se o substrato e o fornecimento de água por meio da irrigação. O estresse hídrico e o estresse nutricional causam alterações morfológicas e fisiológicas que interferem na capacidade da muda resistir às condições adversas do campo, conseqüentemente na sua qualidade.

2.2 Manejo hídrico

A irrigação é uma importante prática para a produção de mudas com qualidade. A água deve ser livre de patógenos, algas e teor excessivo de sais (WENDLING et al., 2002). Segundo Lopes (2004), conhecer a exigência hídrica é um fator determinante, pois a falta ou excesso de água pode limitar a produção de mudas.

Quando realizada de forma incorreta, a irrigação pode ser prejudicial para a produção de mudas, pois poderá causar estresse hídrico, aumento de patógenos e também interferir na nutrição da planta (PETRY et al., 2008). De acordo com Carvalho et al. (2013) o aumento da frequência de irrigação pode ocasionar a lixiviação dos nutrientes e assim prolongar o tempo de desenvolvimento das mudas, elevando os gastos com insumos, mão de obra e equipamentos.

A quantidade de água nas plantas não é constante, sofre variação durante o dia ou noite e nas diferentes estações e fases de desenvolvimento. Cerca de 5% da quantidade

total da água absorvida pelas plantas é utilizada no metabolismo e o restante, no processo de transpiração (KUDREV, 1994).

Silva (1998) concluiu em seu trabalho que características fisiológicas, principalmente a transpiração, devem fazer parte dos parâmetros para avaliar a qualidade da muda, já que se mostrou relacionada com a sobrevivência no campo. Os trabalhos demonstram a relação do estresse hídrico com alterações fisiológicas nas mudas, mas a relação dessas com o desempenho no campo nem sempre são consideradas.

O sistema de irrigação mais utilizado em viveiros é a microaspersão, porém esse método gera grande desperdício de água devido aos espaços vazios entre os tubetes, má distribuição dos microaspersores em relação as mudas e além disso, o vento também pode contribuir para o desperdício (AUGUSTO et al., 2007). A água é um recurso natural cada vez mais em escassez, dessa forma, o viveiro como utiliza significativos volumes de água na irrigação das mudas, deve buscar alternativas para racionalizar seu uso. Nesse sentido, os polímeros hidroretentores podem ser uma alternativa para a produção de mudas.

2.3 Polímero hidroretentor

Polímeros hidroretentores podem ser oriundos de matérias-primas naturais (derivados do amido) ou sintéticos (derivados do petróleo) que possuem a capacidade de absorver e armazenar água. Na forma seca, os polímeros apresentam forma granular e quebradiços e quando hidratados tornam-se macios e elásticos (MORAES, 2001).

A utilização de polímeros hidroretentores em plantios é uma alternativa, pois auxilia na retenção e na disponibilidade de água para minimizar o déficit hídrico na época seca. Isso vem sendo realizado nos plantios de mudas em campo, mas também vem sendo pesquisado para ser misturado ao substrato (MEWS et al., 2015; NAVROSKI et al., 2015; FELIPPE et al., 2016).

Na produção de mudas o objetivo é misturá-lo ao substrato e disponibilizar água e nutrientes de forma gradual e constante, reduzindo a frequência de irrigação no viveiro. A utilização do polímero pode contribuir na redução da perda de água por escoamento, aumentar a superfície de contato entre as raízes, a água e os nutrientes e reduzir a mortalidade das mudas (EL-REHIM et al., 2004; EKEBAFE et al., 2011).

As doses de polímeros variam de acordo com a necessidade das mudas e também as características do ambiente em que serão produzidas (CARVALHO et al., 2013). Pesquisas realizadas com espécies florestais apontam que a aplicação desses polímeros

proporcionou redução significativa na frequência de irrigação, principalmente para os solos de textura leve (ABEDI-KOUPAI; ASADKAZEMI, 2006). Foram obtidos resultados positivos em estudos realizados com a utilização dos polímeros hidrorretentores no substrato para a produção de mudas de espécies como *Coffea arabica* L., (LIMA et al., 2003; MELO et al., 2005; MARQUES et al., 2013). Estudos realizados por Bogarim (2014) constatou que o uso do polímero hidrorretentor em mudas de Jenipapo e Jatobá foi viável e contribuiu para o aumento da taxa de sobrevivência. Moreira et al. (2010) constataram que o uso do polímero hidrorretentor favoreceu o desenvolvimento de mudas de Amoreira (*Morus* sp.), e Bernardi et al. (2012) obteve maior crescimento da parte aérea em mudas de eucalipto (*Corymbia citriodora* F. Muell).

2.4 Substrato

Rosa Junior et al. (1998) explicam que os substratos para a produção de mudas podem ser definidos como sendo o meio adequado para sua sustentação e retenção de quantidades suficientes e necessárias de água, oxigênio e nutrientes, além de oferecer pH compatível, ausência de elementos químicos em níveis tóxicos e condutividade elétrica adequada. A fase sólida do substrato deve ser constituída por uma mistura de partículas minerais e orgânicas.

O substrato influencia a produção de mudas de qualidade (FILHO et al., 2003), contribuindo na retenção de água, na sustentação, no fornecimento de oxigênio e de nutrientes para a planta (TRIGUEIRO; GUERRINI, 2003).

Para compor o substrato, normalmente utiliza-se uma mistura de materiais visando à adequação para a espécie cultivada em relação à densidade, equilíbrio nutricional, retenção de água, e outros fatores (ANDREOLI et al., 2006). O substrato deve ter uma boa porosidade, para garantir boa aeração, drenagem e umidade adequada, assim, contribuindo para o desenvolvimento da planta (ZIETEMANN; ROBERTO, 2007).

Dessa maneira, para composição dos substratos para produção de mudas tem-se adicionado fontes de matéria orgânica, a qual contribui não só para o fornecimento de nutrientes, mas também para melhoria dos atributos físicos do meio de cultivo (LIMA et al., 2006). Além disso, segundo Cordell e Filer Jr (1984), a matéria orgânica aumenta consideravelmente a disponibilidade de nutrientes e a capacidade de retenção de água para as plantas.

Entre os principais componentes de substratos para fornecimento de matéria orgânica para produção mudas de espécies florestais podemos destacar o esterco bovino, compostos orgânicos vegetais, vermicomposto, bagaço de cana, turfa, casca de pinus decomposta, etc. No entanto, é cada vez mais frequente e recomendado a reciclagem de resíduos. Nesse sentido, o bio sólido pode ser uma alternativa na produção de mudas florestais (MELO et al., 1994), por constituir fonte de nutrientes e alto teor de matéria orgânica (TELES et al., 1999; TRIGUEIRO; GUERRINI, 2003), além do baixo custo, disponibilidade e fácil aquisição.

Com o crescimento acelerado de áreas urbanas no Brasil, tem-se agravado diversos problemas ambientais devido ao acúmulo de resíduos como o bio sólido, que é o lodo de esgoto higienizado. O aproveitamento desse material para uso agrícola é uma alternativa para sua destinação final (ABREU, 2014).

2.5 Bio sólido

Entre os problemas ambientais enfrentados no Brasil, o esgoto é considerado um dos principais poluidores de corpos d'água (PEDROZA et al., 2010).

Para ser utilizado em produções agrícolas e florestais, o lodo passa pelo processo de estabilização e higienização, conforme a Resolução CONAMA nº 375/2006 (BRASIL, 2006). O processo de higienização tem por objetivo reduzir as concentrações de microrganismos patogênicos, evitando-se os riscos à saúde e também contaminações no solo aplicado (LIMA, 2010). O lodo de esgoto estabilizado e higienizado é denominado de bio sólido (BRASIL, 2006).

Esse resíduo pode apresentar teores de 40 a 80% de matéria orgânica, além de nitrogênio e fósforo como macronutrientes e zinco, cobre, ferro, manganês e molibdênio como micronutrientes (BETTIOL; CAMARGO, 2006), tornando-se uma alternativa viável no processo de produção de mudas de espécies florestais (FILHO, 2014). O bio sólido se mostrou muito eficiente em espécies florestais, dados obtidos por Caldeira et al., (2009) mostraram melhores médias de altura nos tratamentos com as maiores doses de bio sólido (70 e 80%), utilizando também casca de arroz carbonizada no substrato para a espécie *Mimosa flocculosa*. Outras espécies que obtiveram bons resultados foram *Toona ciliata* (CALDEIRA, 2012), *Schinus terebinthifolius* (NÓBREGA et al., 2007) e *Acacia* sp. (CUNHA et al., 2006). Esse potencial já foi constatado também para culturas como cana-de-açúcar (MARQUES et al., 2007) e milho (GOMES et al., 2007).

O biossólido pode apresentar composição variável, pois está relacionada com o esgoto bruto e o tratamento da fase líquida utilizado (ANDREOLI, 2001). Quando o esgoto é estritamente urbano, ou seja, apenas composto de efluentes domésticos, o biossólido possui concentração normalmente baixa de metais pesados. Já quando existe contribuição de despejos industriais ou águas pluviais no sistema, a concentração de metais pesados pode aumentar (BERTON, 2000; METCALF; EDDY, 2003).

As principais etapas do gerenciamento do lodo utilizadas pelas estações de tratamento de esgoto (ETE) são: adensamento ou espessamento, estabilização, condicionamento, desidratação ou desaguamento, higienização ou desinfecção e disposição final (ECCO, 2012). A poliacrilamida catiônica é um polímero utilizado no processo de desidratação, seu uso auxilia a formação dos flocos fazendo com que as partículas de lodo de esgoto sejam agregadas com mais facilidade (FONSECA, 2012). A desidratação do lodo é facilitada devido ao aglutinamento das partículas (PEGORARO, 2016) e após o processo de desidratação final, o material apresenta 80 a 90% de teor de sólidos (ABREU, 2014). Devido a sua característica aglutinante, a poliacrilamida pode resultar em menor retenção de água no substrato e com isso prejudicar o desenvolvimento da planta.

2.6 Orelha-de-negro

Enterolobium contortisiliquum (vell.) Morong. é uma espécie pertencente à família Leguminosae-Mimosoideae, sendo popularmente conhecida por tamboril, orelha-de-macaco, orelha-de-negro, tambori, timbaúba, timbó, tambaré, timbaúva, ximbó e pacará (LORENZI, 2002).

Espécie pioneira de rápido crescimento inicial e muito rústica, apropriada para áreas de reflorestamento, arborização urbana e recomposição de áreas degradadas (CARVALHO, 2003). A altura varia entre 20 e 35 m, o tronco de 80-160 cm de diâmetro à altura do peito, e sua ocorrência acontece desde os estados do Pará, Maranhão e Piauí até o Mato Grosso do Sul e Rio Grande do Sul (LORENZI, 2002). A espécie é uma alternativa econômica em algumas regiões, pois sua madeira leve pode ser utilizada para fabricação de barcos e canoas (MICLOS et al., 2008).

As sementes apresentam dormência tegumentar que acarreta em germinação lenta e desuniforme e o uso de escarificação em superfície abrasiva é um método eficiente recomendado (ALEXANDRE et al., 2009). A temperatura afeta a porcentagem,

velocidade e uniformidade de germinação e está relacionada com os processos bioquímicos (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012), sendo considerada ótima entre 20 a 30°C e a máxima entre 35 e 40°C (MARCOS FILHO, 2005).

Entre as leguminosas arbóreas tropicais, com capacidade para estabelecer simbiose eficiente com bactérias fixadoras de nitrogênio nodulíferas em leguminosas (BFNNL), o *Enterolobium contortisiliquum* destaca-se (MOREIRA et al., 2010; SOUSA et al., 2013; JESUS et al., 2014). Além disso, é uma espécie tolerante a metais pesados (RANGEL et al., 2014), o que a torna muito utilizada em reflorestamento e recuperação de áreas degradadas (CHAER et al., 2011).

3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no período de junho a outubro de 2017, no Viveiro Florestal “Luiz Fernando Oliveira Capellão” do Departamento de Silvicultura do Instituto de Florestas da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, situada na cidade de Seropédica/RJ (latitude 22°45’S e longitude 43°41’W). Segundo classificação de Köppen (1980), o clima da região é do tipo Aw, tropical com inverno seco e chuvas de verão, e a temperatura média anual do local de 23,8° C. Durante o período do experimento, a temperatura média foi de 21,5° C. A média da umidade relativa do ar foi de 47%, sendo que nos meses de setembro a março, são considerados como nível de conforto abafado (INMET, 2017).

Os componentes utilizados para formular os substratos foram os biossólidos de lodo de esgoto das estações de tratamento de esgoto (ETE) Alegria e Ilha do Governador, pó de coco e substrato comercial a base de casca de pinus decomposta e vermiculita. Os biossólidos foram disponibilizados pela Companhia Estadual de Águas e Esgoto do Rio de Janeiro (CEDAE).

A ETE Alegria está localizada no bairro Caju e a ETE Ilha do Governador, no bairro Ilha do Governador, ambas no município do Rio de Janeiro/RJ. O esgoto tratado pelas ETES é derivado de áreas urbanas domiciliares e comerciais, não contendo resíduos industriais. As ETES possuem sistema de tratamento secundário de lodos ativados e adensamento de lodo secundário por meio de centrífugas.

No lodo secundário da ETE Ilha do Governador o adensamento e o desaguamento são realizados nos leitos de secagem a céu aberto por um período de aproximadamente

60 dias. No biossólido produzido pela ETE Alegria o processo de adensamento ocorre na centrífuga com adição da poliacrilamida catiônica, e o desaguamento é realizado em secador térmico chegando até 200°C, e o lodo sai com teor de sólidos de 80 a 90%. Para o estudo em questão o lodo proveniente da ETE Alegria não passou pelo secador térmico, sendo o desaguamento realizado a céu aberto por um período de 90 dias.

Conforme determina a Resolução CONAMA nº 375/2006 (CONAMA, 2006) foi realizada a caracterização química dos diferentes biossólidos, sendo avaliados os teores de metais pesados (Tabela 1) e macro e micronutrientes (Tabela 2). Os elementos avaliados foram: P, K, Ca, Mg, As, Ba, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb e Zn. O método aplicado foi o EPA 3050, com digestão ácida (HNO₃ + H₂O₂) em blocos digestores em temperatura de 95°C. A determinação de K foi realizada por fotometria de chama e os demais elementos por espectrometria de emissão atômica por plasma acoplado indutivamente (ICP-OES).

Os teores de C e N foram determinados pelo método de combustão a seco, em um autoanalisador CHN-600. A matéria orgânica (MO) foi calculada a partir do teor de carbono total presente em cada amostra, usando o fator de conversão de 2,20 verificado por Carmo e Silva (2012) para diferentes amostras de lodo de esgoto. O pH e condutividade elétrica (CE) (Tabela 3) foram determinados usando 5 g de cada amostra diluída em 50 ml de água deionizada, agitado por 30 minutos e em seguida medidos em pHgâmetro e condutivímetro de bancada.

Tabela 1 - Caracterização química de metais pesados dos substratos biossólido da ETE Alegria (ALE), biossólido da ETE Ilha do Governador (ILHA) e substrato comercial (SC)

SUBSTRATO	As	Ba	Cd	Pb	Cu	Cr	Ni	Zn
	mg kg ⁻¹							
ALE	0,9	383,1	2,5	127,8	330,0	133,7	50,8	1212,6
ILHA	<0,01	204,1	1,4	55,8	170,0	40,2	19,8	947,6
SC	0,2	47,6	0,2	6,3	12,5	24,2	13,3	28,1
CONAMA*	41	1300	39	300	1500	1000	420	2800

*valores máximos permitidos pela Resolução CONOMA nº 375/ 2006 (mg kg⁻¹, base seca).

Tabela 2 - Caracterização química de macro e micronutrientes dos substratos biossólido da ETE Alegria (ALE), biossólido da ETE Ilha do Governador (ILHA) e substrato comercial (SC)

SUBSTRATO	N	P	K	Ca	Mg	C/N	MO	Fe	Mn	Cu	Zn	Na	Co
	%					-	mg kg ⁻¹						
ALE	3,4	1,8	0,2	2,1	0,5		53,	3490	247,	330,	1212,	731,	5,
	3	9	8	6	5	7,0	4	5	8	0	6	3	4
ILHA	1,9	0,7	0,1	1,7	0,2		38,	3129	173,	170,		241,	4,
	2	0	3	5	5	8,9	3	0	8	0	947,6	3	2

SC	0,7 9	0,2 2	0,2 1	0,3 7	0,3 5	28, 2	49, 3	1220 5	156, 8	12,5	28,1	121, 3	3, 4
----	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	-----------	-----------	------	------	-----------	---------

Tabela 3 – Condutividade elétrica (CE) e pH dos substratos biossólido da ETE Alegria (ALE), biossólido da ETE Ilha do Governador (ILHA) e substrato comercial (SC)

SUBSTRATO	pH	CE mS cm ⁻¹
ALE	4,57	3,72
ILHA	5,03	3,84
SC	6,06	0,65

A espécie utilizada no experimento foi a *Enterolobium contortisiliquum* (orelha-de-negro), as sementes foram coletas em matrizes dentro do Campus da UFRRJ e não foi realizado tratamento para quebra de dormência.

O polímero hidroretentor utilizado é um produto natural derivado do amido de milho, usado para absorver, reter e disponibilizar água e nutrientes às plantas. Conforme informações do fabricante, cada grama de partícula do polímero hidroretentor retém mais de 500 vezes seu peso em água e libera em torno de 95% da mesma, sob demanda das plantas, possuindo vida útil de aproximadamente um ano.

O experimento foi composto por 24 tratamentos, sendo um fatorial triplo 3 x 4 x 2, com três substratos: ALE - 100% biossólido da ETE Alegria; ILHA - 100% biossólido da ETE Ilha do Governador e SC – (50% substrato comercial + 50% pó de coco); quatro doses de polímero hidroretentor (0, 250, 500 e 1000 g m⁻³ de substrato); e duas lâminas de irrigação, 5 e 10 mm diários.

Foram montadas duas parcelas separadas, em função das duas lâminas de irrigação (Figura 1), sendo que dentro de cada parcela os fatores substrato e dose de polímero foram totalmente casualizados em 5 repetições de 8 mudas.

Os recipientes foram os tubetes de polipropileno com capacidade de 280 cm³ e como suporte foram usadas bandejas planas de 54 células. Os biossólidos foram previamente peneirados, adicionado as doses do polímero hidroretentor, umedecidos, homogeneizados e então utilizados para enchimento dos recipientes. Para o substrato comercial (SC) foi adicionado o pó de coco em 50% da mistura, adicionado as doses do polímero hidroretentor, a fertilização de base, umedecidos, homogeneizados e então utilizados para enchimento dos recipientes. Foram colocadas duas sementes centralizadas em cada recipiente, após 30 dias realizou-se o desbaste, repicagem e alternagem com tubetes ocupando 50% da bandeja. A semeadura foi realizada no dia 16/06/2017.

O experimento foi mantido em estrutura coberta para que recebesse apenas a irrigação controlada, sem intervenções. As lâminas de irrigação (5 e 10 mm) foram fracionadas em duas vezes ao dia com aplicação manual utilizando regador. Na primeira semana após semeadura (16/06/2017) foi realizada irrigação de forma abundante com o objetivo de hidratar totalmente o polímero hidroretentor misturado ao substrato. Após uma semana até 22/06/2017, o volume aplicado foi 50% da lâmina inicialmente prevista pois na fase de plântula a demanda era visivelmente menor. De 22/06 até 20/08 a lâmina aplicada foi de 5 e 10 mm, no entanto a partir de 21/08 foi observado que a demanda hídrica era superior a aplicada, as mudas apresentavam sintoma de forte estresse hídrico, devido ao aumento da temperatura e condições de umidade relativa do ar nessa época do ano. Dessa forma, de 21/08 até 14/10 a lâmina de irrigação foi aumentada em 50% (7,5 e 15 mm respectivamente).

A fertilização de base foi realizada no substrato comercial, para isso misturou-se 150 g de N, 300 g de P₂O₅, 100 g de K₂O e 150 g de FTE BR12 (3,9% S; 1,8% B; 0,85% Cu; 2,0% Mn; 9,0% Zn) para cada m³ de substrato. A fertilização de cobertura foi realizada somente nas mudas com substrato SC, aplicando-se 5 ml por muda de uma solução nutritiva composta por 200 g de N e 180 g de K₂O para 100 litros de água. A aplicação foi realizada com auxílio de seringa graduada. A primeira fertilização de cobertura ocorreu após 30 dias da semeadura, repetindo-se a cada quinze dias para a fertilização nitrogenada e a cada 30 dias para fertilização potássica.

Foram realizadas mensurações dos parâmetros morfológicos altura da parte aérea (H) com o auxílio de régua graduada, iniciada aos 40 dias após a semeadura com intervalos de 20 dias até 120 dias. O diâmetro do coleto (DC) foi mensurado com auxílio de paquímetro digital de 60 a 120 dias, porém utilizou-se apenas os dados dos 120 dias nas análises. A partir dos dados da mensuração da H dos 120 dias selecionaram-se quatro mudas mais próximas da média de cada repetição, para mensuração da massa de matéria seca da parte aérea (MSPA) e massa de matéria seca do sistema radicular (MSR). Após o corte da parte aérea, realizou-se a lavagem em água corrente do sistema radicular para retirada do substrato. Na sequência foram acondicionadas individualmente em sacos de papel e secas em estufa de circulação de ar por 72 horas à 65° C. A pesagem foi em balança de precisão para determinação de MSPA e MSR.

Para a avaliação da qualidade da muda foi calculado o índice de qualidade de Dickson et al. (1960) (IQD) a partir dos parâmetros morfológicos mensurados e por meio da fórmula:

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

Em que:

MST - massa de matéria seca total em gramas = (MSPA+MSR);

MSPA - massa de matéria seca da parte aérea em gramas;

MSR - massa da matéria seca do sistema radicular em gramas;

H - altura da parte aérea em cm;

DC - diâmetro de coleto em mm.

As mudas remanescentes da amostragem realizada aos 120 dias foram conduzidas até 150 dias, quando uma nova mensuração da H e do DC foi realizada.

Os dados da parcela da lâmina de 5 e de 10 mm foram submetidos separadamente à análise de variância, ocorrendo diferença pelo teste F, aplicou-se o teste de médias de Tukey a 95% de probabilidade. Para testar a diferença entre o mesmo tratamento nas lâminas de 5 e 10 mm, aplicou-se o teste t a 95% de probabilidade.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A H média das mudas de orelha-de-negro aos 120 dias após semeadura foi de 28,0 cm para lâmina de 5 mm e 33,4 cm para a lâmina de 10 mm (Tabela 4).

Tabela 4 - Crescimento médio em altura (H), diâmetro do coleto (DC) e relação altura x diâmetro do coleto (H:DC) de mudas de orelha-de-negro aos 120 dias após a semeadura sob as lâminas de irrigação de 5 e 10 mm, utilizando os substratos ALE, ILHA e SC e doses de 0, 250, 500 e 1000 g de polímero hidroretentor por metro cúbico de substrato.

DOSE	H				DC				H:DC			
	ALE	ILHA	SC	MED	ALE	ILHA	SC	MED	ALE	ILHA	SC	MED
g m ⁻³	cm				mm							
					5 mm							
0	33,5 a	24,3 b	27,4 b	28,4	4,75 ab	4,27 b	5,14 a	4,72	7,12 a	5,78 b	5,43 b	6,11
250	32,7 a	26,0 b	25,7 b	28,2	4,91 a	4,82 a	5,10 a	4,94	6,77 a	5,51 b	5,12 b	5,80
500	30,5 a	25,5 b	26,1 b	27,4	4,38 a	4,74 a	4,71 a	4,61	7,02 a	5,45 b	5,62 b	6,03
1000	32,2 a	25,0 b	26,6 b	27,9	4,55 b	4,64 b	5,25 a	4,81	7,13 a	5,46 b	5,14 b	5,91
MÉDIA	32,2 a	25,2 b	26,4 b	28,0	4,65 b	4,62 b	5,05 a	4,77	7,01 a	5,55 b	5,33 b	5,96
CV (%)	8,2				8,0				10,9			
					10 mm							
0	40,9 a	28,5 c	32,3 b	33,9	5,64 b	5,34 b	6,30 a	5,76	7,34 a	5,41 b	5,19 b	5,98
250	39,6 a	29,7 b	29,6 b	32,9	5,74 a	5,16 b	5,87 a	5,59	6,95 a	5,85 b	5,18 c	5,99
500	39,6 a	29,1 b	30,0 b	32,9	5,79 a	5,27 a	5,74 a	5,60	6,95 a	5,56 b	5,27 b	5,93
1000	40,7 a	29,6 b	31,2 b	33,8	5,66 ab	5,21 b	5,99 a	5,62	7,27 a	5,72 b	5,26 b	6,09
MÉDIA	40,2 a	29,2 c	30,8 b	33,4	5,70 b	5,24 c	5,97 a	5,64	7,13 a	5,64 b	5,23 c	6,00
CV (%)	5,6				6,2				6,9			

CV – Coeficiente de Variação; Médias seguidas por letras distintas, minúscula na linha e maiúscula na coluna, diferem entre si ao nível de 95% de probabilidade no teste de Tukey. Médias que não apresentam letras maiúsculas, não apresentaram diferenças.

No trabalho desenvolvido por Maas (2010) utilizando substrato composto por produto comercial e biossólido em proporções crescentes, as mudas de orelha-de-negro apresentaram em H média de 30,4 cm aos 120 dias após a semeadura, valor próximo ao resultado obtido no presente trabalho. Já no trabalho de Costa (2017) ao testar diferentes recipientes para a produção de mudas de *E. contortisiliquum*, (saco plástico de 1960 cm³, cilindros de bambu com e sem cortes laterais com 210 cm³) não foram obtidas diferenças significativas nas médias de H, que foram 28,6, 22,4 e 23,3 cm respectivamente. Esses valores são relativamente menores que o obtido no presente estudo, no entanto essa altura foi realizada aos 60 dias após semeadura.

Segundo Moraes et al. (2013), o crescimento em H de uma muda com qualidade para expedição é de 25 a 30 cm. Embora esse padrão deva ser tratado em função de cada espécie, as mudas de todos os tratamentos nas duas lâminas de irrigação atingiram resultados dentro desse intervalo de H até os 120 dias após a semeadura.

Na lâmina de 5 mm, na média geral, a altura das mudas do substrato ALE (32,2 cm) foi superior aos substratos ILHA e SC (25,2 e 26,4 cm respectivamente), que foram iguais. Já na lâmina de 10 mm o ALE (40,2 cm) também foi superior aos demais, e o SC (30,8 cm) foi superior ao ILHA (29,2 cm).

O maior crescimento em H das mudas no substrato ALE se justifica em parte pelos maiores teores de matéria orgânica e de nutrientes do biossólido ALE em comparação aos demais (Tabela 2). Os teores de N, P, K, Ca e Mg foram 78, 170, 115, 23 e 120% maiores

no ALE comparado ao ILHA, e este também é mais fértil do que o SC, exceto em Mg. Abreu et al. (2017) observaram que quanto maior a proporção de biossólido no substrato, maior foi o teor de nutrientes, principalmente N, P e K, e maior foi a capacidade de retenção de água. Viégas (2017) no estudo com a espécie *Schinus terebinthifolius* observou que o tratamento com 100% de biossólido, da mesma ETE ALE, obteve as maiores médias de H em relação as outras composições de substrato, corroborando com o resultado obtido. Caldeira et al. (2009) testando doses de biossólidos + casca de arroz carbonizada para a espécie *Mimosa flocculosa* obteve as maiores médias em H nos tratamentos com as maiores doses de biossólido. Teles et al. (1999) obtiveram resultados satisfatórios com a espécie *E. contortisiliquum* em H, DC e MSPA em função do aumento das doses de biossólidos. Maas (2010) produzindo mudas de *E. contortisiliquum* obteve médias de H iguais variando a composição do substrato de 15 até 45% de biossólido. De acordo com Caldeira et al. (2007), substratos ricos em matéria orgânica (MO) propiciam melhor crescimento das mudas. A diferença da composição química entre os biossólidos é devido ao esgoto que é tratado nas estações assim como os tratamentos aos quais são submetidos, podendo influir diretamente no teor da matéria orgânica e nutrientes presentes nos mesmos.

Entre os tratamentos submetidos à lâmina de 10 mm, as mudas produzidas no SC foram superiores as do ILHA. A possível explicação para esse resultado é que ao longo do seu desenvolvimento, as mudas absorveram os nutrientes dos substratos e também houve perdas pelo processo de lixiviação, devido à irrigação. Somente as mudas produzidas no SC receberam fertilizações de cobertura, ou seja, houve reposição gradual dos nutrientes. Apesar de o substrato ILHA ser mais fértil que o SC, não houve reposição de nutrientes absorvidos e lixiviados e conseqüentemente, houve menor crescimento em altura no ILHA. Esse resultado não ocorreu na lâmina de 5 mm, pois possivelmente a absorção e a lixiviação foram menores em função do menor volume de irrigação.

A hipótese inicial de que a poliacrilamida catiônica adicionada ao biossólido ALE causa menor retenção de água nesse substrato não ocorreu. O biossólido da ILHA se mostrou inferior ao ALE. A poliacrilamida catiônica poderia afetar o crescimento das mudas, por ser um aglutinador de partículas e ajudar na desidratação do lodo de esgoto, mas no presente trabalho ocorreu o contrário, as mudas produzidas com esse polímero apresentaram maiores crescimentos em H.

Na média geral e para os diferentes substratos, não houve diferença de H das mudas produzidas nas doses do polímero hidretentor para ambas as lâminas de irrigação (Tabela 4).

Mews (2015) testou doses de 0 a 4 g litro^{-1} de polímero hidretentor misturado ao substrato na produção de mudas da espécie *Handroanthus ochraceus* (Cham.) e obteve o maior crescimento em H com a dose de 3 g litro^{-1} , média de 20,9cm. Estudos realizados por Bernardi et al. (2012), observaram que a incorporação do polímero hidretentor e fertilização proporcionaram efeitos positivos no crescimento de mudas de *Corymbia citriodora* ((Hook.) K. D. Hill e L. A. S. Johnson). Os referidos autores observaram maior incremento em altura e diâmetro do colo em aproximadamente 23% no tratamento utilizando 6 g litro^{-1} de substrato do polímero hidretentor quando comparadas com mudas produzidas sem a adição do produto, na mesma fertilização. Navroski (2013) utilizou as doses de polímero hidretentor de 0, 2, 4 e 6 g litro^{-1} de substrato para a espécie *Eucalyptus dunnii*. A lâmina de irrigação adotada para esse experimento foi 4 mm por dia, e os melhores resultados em altura foram com as doses de 2 e 4 g litro^{-1} . Segundo o autor, doses mais elevadas do polímero podem ter causado acúmulo excessivo de água, e isso ter dificultado a absorção de nutrientes pelo sistema radicular, prejudicando assim o crescimento da muda em altura. O não uso do polímero também ocasionou formação de mudas com altura reduzida. Maldonado-Benitez et al. (2011) estudaram a combinação de polímero hidretentor com diferentes substratos em mudas de *Pinus* e obtiveram resultados positivos nas variáveis altura, diâmetro do coleto, matéria seca da parte aérea, matéria seca radicular e índice de qualidade de Dickson.

Diferente das demais referências, no presente estudo não foi observado efeito positivo do polímero hidretentor incorporado ao substrato. Acredita-se que foi em função das doses testadas serem possivelmente menores do que a necessária. Na conversão de unidades, as doses do estudo foram de 0; 0,25 g; 0,50 g e 1,0 g litro^{-1} de substrato, ou seja, inferiores as doses que os diversos autores observaram efeitos positivos.

Outro fator a ser considerado é a salinidade dos substratos medidas indiretamente pela condutividade elétrica, nos biossólidos os valores foram de 3,72 e 3,84 mS cm^{-1} para ALE e ILHA respectivamente e 0,65 para o SC, no entanto este último recebeu fertilizações constantes e possivelmente sua condutividade também se elevou. Cavalcanti (2013) testou o efeito da salinidade na expansividade dos polímeros hidretentores. Os tratamentos contaram com a hidratação dos polímeros em soluções de cloreto de sódio,

equivalentes às condutividades elétricas de: 0, 4, 8, 12 e 16 dS m⁻¹. Obteve-se como resultado, que conforme o aumento da salinidade ocasionou na redução do armazenamento de água em todos os polímeros testados.

O crescimento médio em H das mudas na lâmina de 10 mm foi superior aos da lâmina de 5 mm em todas as doses de polímero hidroretentor e nos três substratos (Figura 1).

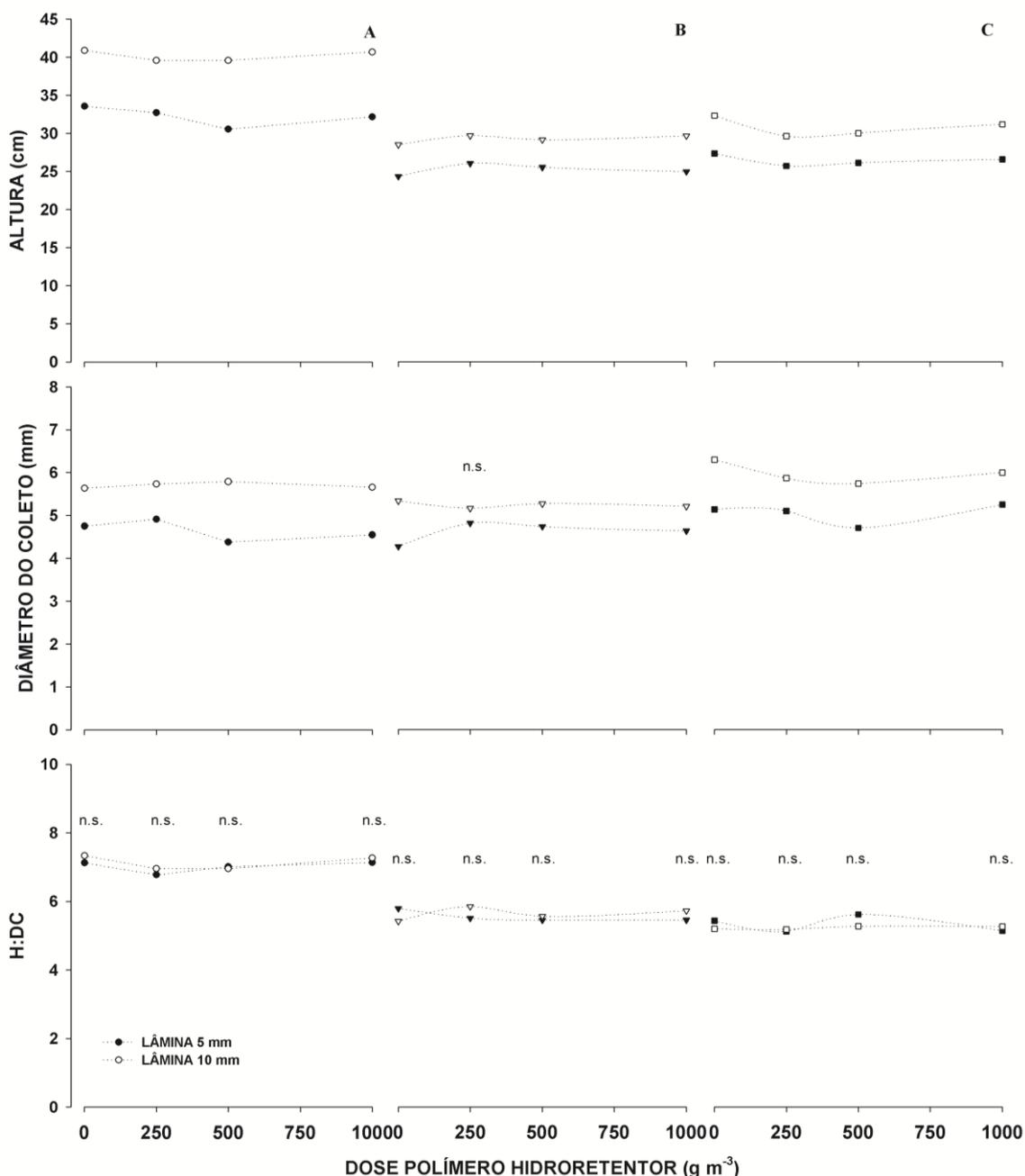


Figura 1 - Crescimento médio em altura (H), em diâmetro do coleto e relação altura x diâmetro do coleto (H:DC) aos 120 dias após a semeadura de mudas de orelha-de-negro sob as lâminas de irrigação de 5 e 10 mm, utilizando os substratos ALE (A), ILHA (B) e SC (C) e doses de 0, 250, 500 e 1000 g de polímero hidroretentor por metro cúbico de substrato. n.s.– não difere significativamente à 95% de probabilidade pelo teste t.

Fauerharmel (2014) utilizou a espécie *E. contortisiliquum* para avaliar o desenvolvimento em função de diferentes substratos e lâminas de irrigação. As lâminas diárias adotadas para o experimento foram de 4, 8, 12, 16 e 20 mm dia⁻¹. Todas as avaliações foram realizadas aos 120 dias e apresentaram melhores resultados em H nas lâminas de 4 e 12 mm dia⁻¹. No presente estudo, as lâminas utilizadas na maior parte do período de produção das mudas, 5 e 10 mm dia⁻¹, foram próximas das de melhor resultado obtido por Fauerharmel (2014). No entanto, no período final do experimento houve necessidade do aumento do volume para 7,5 e 15 mm dia⁻¹, o que pode ser resultado das condições climáticas do local e da capacidade de retenção de água dos substratos testados nos diferentes estudos. O estudo de Fauerharmel (2014) foi desenvolvido em Santa Maria, Rio Grande do Sul, com temperatura média variando de 14,4 a 25,3°C durante o período de estudo do experimento, diferente de Seropédica, Rio de Janeiro, onde a temperatura variou de 21,1 a 27,9°C. Essa maior temperatura gerou maior demanda hídrica no local do estudo e potencializou o efeito das lâminas de irrigação, obtendo-se maior crescimento em H na maior lâmina.

O crescimento em H dos 40 aos 150 dias apresentou comportamento exponencial para os substratos ALE e ILHA e linear para o SC para todas as doses de polímero hidroretentor nas duas lâminas de irrigação (Figura 2). Observa-se que a partir de 60 a 80 dias as mudas do substrato ALE começam a apresentar maior crescimento e se distanciar das mudas dos substratos ILHA e SC, sustentando a hipótese de que a maior fertilidade desse substrato proporcionou maior crescimento. Aos 120 dias a H média das mudas do SC apresentavam-se maiores ou muito próximas as mudas do substrato ILHA, já aos 150 dias as mudas do substrato ILHA inverteram esse comparativo. Isso pode ser justificado pelo fato de que entre 120 e 150 dias o SC não recebeu fertilização de cobertura demonstrando a dependência do mesmo da fertilização mineral de cobertura para sustentar o crescimento das mudas (Figura 2).

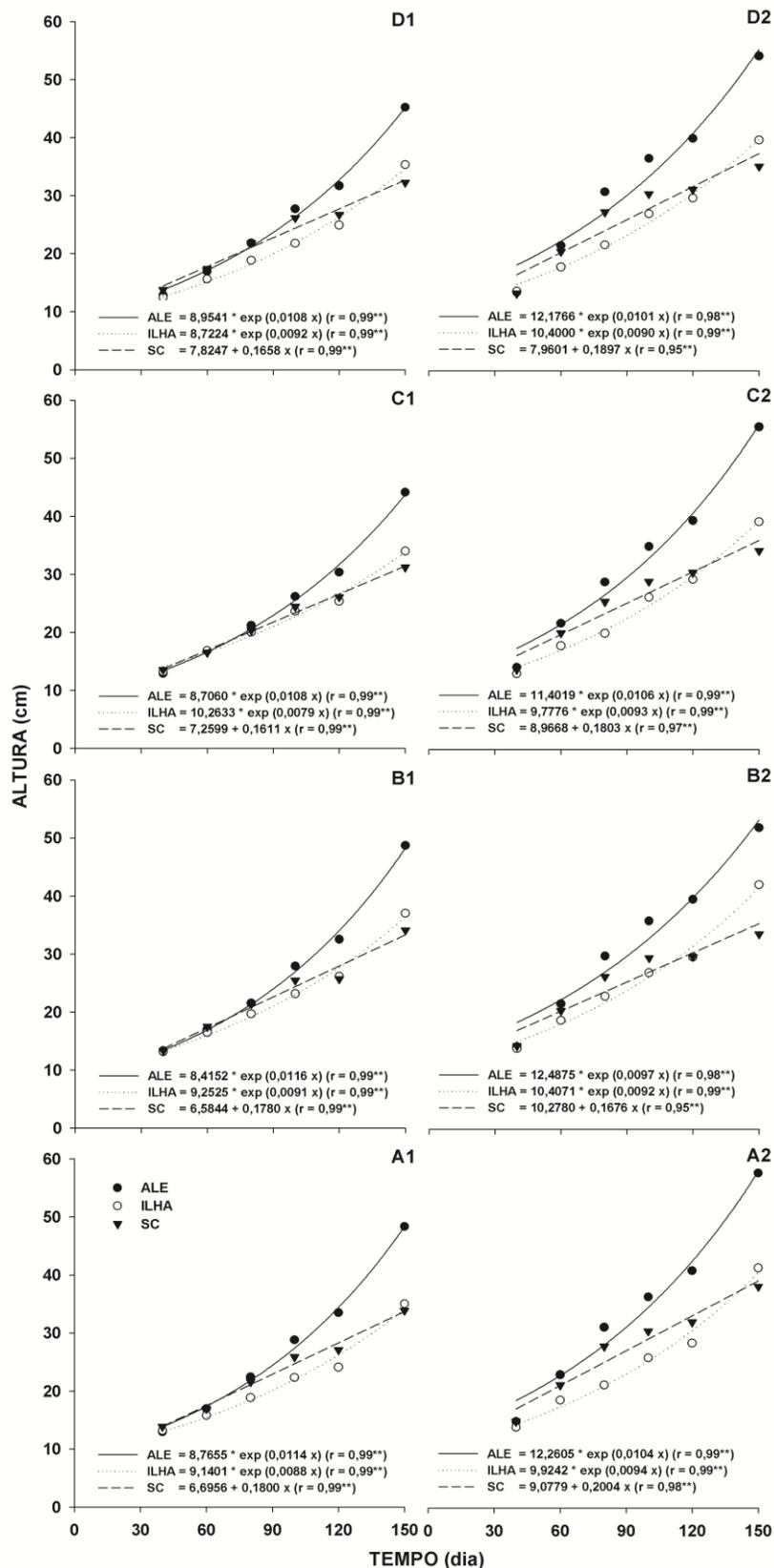


Figura 2 - Crescimento médio em altura (H) dos 40 aos 150 dias após a semeadura de mudas de orelha-de-negro sob as lâminas de irrigação de 5 mm (1) e 10 mm (2), utilizando os substratos ALE, ILHA e SC e doses de 0 (A), 250 g (B), 500 g (C) e 1000 g (D) de polímero hidroretentor por metro cúbico de substrato. ** Equação significativa à 1% de significância.

O crescimento médio em DC das mudas aos 120 dias após a semeadura foi de 4,77 mm para lâmina de 5 mm e 5,64 mm para a lâmina de 10 mm (Tabela 4). Maas (2010) produzindo mudas de *E. contortisiliquum*, obteve a maior média de DC (3,46 mm) aos 120 dias no tratamento com 45% de bioossólido e a menor média se deu no tratamento sem adição de bioossólido (3,01 mm).

Na lâmina de 5 mm, na média geral, as mudas do SC (5,05 mm) foram superiores as mudas do ALE e ILHA (4,65 e 4,62 mm respectivamente). Para a lâmina de 10 mm o SC (5,97 mm) foi superior aos demais, e o ALE (5,70 mm) foi superior ao ILHA (5,24 mm).

Viégas (2017) obteve a maior média de DC (6,31 mm) no tratamento com 100% bioossólido da ETE ALE com a espécie *Schinus terebinthifolius*. Em sua pesquisa com espécies nativas, Caldeira (2012) verificou que o tratamento com maior teor de bioossólido (80%) apresentou os melhores resultados em DC e altura, isso pode ter ocorrido em função dos altos teores de N e P na composição desse substrato. Diferentes dos trabalhos acima citados, o maior crescimento em DC não foi obtido nos substratos com bioossólidos. Apesar da maior fertilidade do ALE que resultou num maior crescimento em H, o mesmo não ocorreu no DC. Uma possível justificativa para o resultado obtido seria no processo de rustificação altera-se o manejo hídrico e nutricional, ou seja, reduz o volume de irrigação, encerra-se a fertilização de cobertura nitrogenada e aumenta-se a fertilização potássica, com o objetivo de preparar a muda para as condições adversas que irá enfrentar ao ser plantada no campo. Esse manejo, mais limitante, proporciona maior crescimento e lignificação da região do colo da muda. Logo, pelas condições de fertilidade mais limitantes do SC comparado aos bioossólidos, infere-se que as mudas desenvolveram maior DC no SC.

Na média geral e para os diferentes substratos, não houve diferença de DC das mudas produzidas nas diferentes doses do polímero hidroretentor para ambas as lâminas de irrigação (Tabela 4). O crescimento médio em DC das mudas na lâmina de 10 mm foi superior aos da lâmina de 5 mm em todas as doses de polímero hidroretentor e nos três substratos, exceto na dose de 250 g m⁻³ no substrato ILHA (Figura 1). O mesmo comportamento obtido no crescimento em H, conforme discutido anteriormente.

Segundo Gonçalves et al. (2000), o valor entre 5 e 10 mm de DC são adequados para caracterizar um bom padrão de qualidade para mudas de espécies florestais serem levadas para o campo. No presente trabalho, todas as mudas submetidas a lâmina de 10 mm atingiram o valor de referência, no entanto na lâmina de 5 mm apenas as mudas do

SC conseguiram atingir o valor mínimo, demonstrando a resposta a maior disponibilidade hídrica da lâmina de 10 mm.

A relação H:DC média das mudas aos 120 dias após a semeadura foi de 5,96 e 6,00 mm para as lâminas de 5 e 10 mm respectivamente (Tabela 4). Na lâmina de 5 mm, na média geral, as mudas do ALE (7,01) foram superiores as mudas do ILHA e SC (5,55 e 5,33 respectivamente), que foram iguais. Para a lâmina de 10 mm o ALE (7,13) foi superior aos demais, e o ILHA (5,64) foi superior ao SC (5,23).

Na média geral e para os diferentes substratos, não houve diferença da relação H:DC das mudas produzidas nas diferentes doses do polímero hidroretentor para ambas as lâminas de irrigação (Tabela 4). Diferente da H e do DC, não houve diferença dos tratamentos nas duas lâminas testadas (Figura 1), o que indica que as mudas tiveram incrementos em H e DC equivalentes, porém maiores na lâmina de 10 mm conforme já discutido.

A relação H:DC é descrita como apontador da qualidade de mudas após o processo de rustificação (CRUZ et al., 2011). Para Sturion e Antunes (2000), essa relação reflete o acúmulo de reservas, assegurando maior resistência e melhor fixação no solo das mudas, quando levadas ao campo. Mudas com relação H:DC muito elevadas podem apresentar dificuldades de se manter eretas em campo, podendo ocasionar o tombamento e a consequente mortalidade delas após o plantio (JOSÉ; DAVIDE; OLIVEIRA, 2005). Birchler et al. (1998) recomenda que mudas de qualidade apresentem valores de relação H:DC inferiores a dez. Considerando essa referência podemos inferir que todas as mudas dos diferentes tratamentos estão abaixo desse valor, não demonstrando visualmente estiolamento do caule (Figura 3).



Figura 3 – Mudanças de mudas de orelha-de-negro aos 120 dias após a semeadura sob as lâminas de irrigação de 5 mm (1) e 10 mm (2), utilizando os substratos ALE (A), ILHA (B) e SC (C) nas doses de 0, 250, 500 e 1000 g de polímero hidroretentor por metro cúbico de substrato.

Para o acúmulo de MSPA, a média geral das mudas aos 120 dias após a semeadura foi de 3,07 g muda⁻¹ para a lâmina de 5 mm e 3,82 g muda⁻¹ para a lâmina de 10 mm (Tabela 5). Nas lâminas de 5 e 10 mm, na média geral, as mudas do substrato ALE (3,87 e 5,38 g muda⁻¹) foram superiores aos substratos ILHA e SC (2,78 e 3,04; 2,56 e 3,04 g muda⁻¹ respectivamente para as lâminas de 5 e 10 mm), que foram estatisticamente iguais.

Tabela 5 - Acúmulo de massa de matéria seca da parte aérea (MSPA), do sistema radicular (MSR) e total (MST), e índice de qualidade de Dickson (IQD) de mudas de orelha-de-negro aos 120 dias após a semeadura sob as lâminas de irrigação de 5 mm e 10 mm, utilizando os substratos ALE, ILHA e SC e doses de 0, 250, 500 e 1000 g de polímero hidroretentor por metro cúbico de substrato

DOSE	MSPA				MSR				MST				IQD			
	ALE	ILHA	SC	MED	ALE	ILHA	SC	MED	ALE	ILHA	SC	MED	ALE	ILHA	SC	MED
g m ⁻³	g muda ⁻¹															
	5 mm															
0	4,14 a	2,53 b	2,69 b	3,12	0,85 ABb	1,10 ab	1,29 a	1,08 AB	4,99 ABa	3,64 b	3,98 b	4,21	0,40 b	0,46 ab	0,55 a	0,47 AB
250	4,11 a	2,95 b	2,45 b	3,17	1,12 Aa	1,30 a	1,29 a	1,23 A	5,23 Aa	4,24 b	3,74 b	4,40	0,48 a	0,56 a	0,54 a	0,53 A
500	3,59 a	2,96 ab	2,30 b	2,95	0,69 Bb	1,14 a	1,28 a	1,03 AB	4,28 Ba	4,09 a	3,57 a	3,98	0,35 b	0,51 a	0,48 a	0,45 B
1000	3,62 a	2,69 b	2,81 b	3,04	0,78 ABb	0,95 b	1,32 a	1,02 B	4,41 ABa	3,64 a	4,13 a	4,06	0,37 b	0,43 b	0,57 a	0,46 AB
MÉDIA	3,87 a	2,78 b	2,56 b	3,07	0,86 c	1,12 b	1,30 a	1,09	4,73 a	3,90 b	3,86 b	4,16	0,40 b	0,49 a	0,54 a	0,48
CV (%)	14,3				19,4				12,8				17,1			
	10 mm															
0	5,42 a	3,06 b	3,31 b	3,93	1,22 b	1,48 ab	1,70 a	1,46	6,64 a	4,53 b	5,01 b	5,39	0,57 a	0,62 a	0,70 a	0,63
250	5,14 a	3,08 b	2,76 b	3,66	1,24 a	1,20 a	1,35 a	1,26	6,38 a	4,27 b	4,11 b	4,92	0,56 a	0,51 a	0,58 a	0,55
500	5,46 a	2,86 b	2,93 b	3,75	1,24 a	1,27 a	1,45 a	1,32	6,70 a	4,13 b	4,37 b	5,07	0,60 a	0,53 a	0,60 a	0,58
1000	5,50 a	3,17 b	3,16 b	3,94	1,41 a	1,31 a	1,57 a	1,43	6,90 a	4,49 b	4,73 b	5,37	0,62 a	0,55 a	0,66 a	0,61
MÉDIA	5,38 a	3,04 b	3,04 b	3,82	1,28 b	1,32 ab	1,52 a	1,37	6,66 a	4,36 b	4,56 b	5,19	0,59 ab	0,55 b	0,64 a	0,59
CV (%)	12,8				19,3				13,5				16,6			

CV – Coeficiente de Variação; MED – Média das cinco repetições; Médias seguidas por letras distintas, minúscula na linha e maiúscula na coluna, diferem entre si ao nível de 95% de probabilidade no teste de Tukey

Maas (2010) encontrou maior média de MSPA em mudas de Orelha-de-negro para o tratamento com 45% de bio sólido, com o valor de 1,87 g muda⁻¹, resultado inferior ao do presente estudo. Viégas (2017) utilizando mudas da espécie *Schinus terebinthifolius*, obteve a maior média de MSPA no tratamento da ETE ALE (6,80 g muda⁻¹). Cabreira (2017) utilizou sacolas plásticas com dimensões 9,7 x 20 cm (diâmetro x altura) na produção de mudas nativas e obteve os melhores resultados para MSPA no tratamento com 80% de bio sólido para as espécies farinha seca, dedaleiro e paineira (18,85, 9,04 e 8,84 g muda⁻¹ respectivamente). O mesmo resultado de Abreu et. al. (2017), que encontraram as maiores médias nos tratamentos com 50 e 100% de bio sólido utilizando as espécies *Schinus terebinthifolius* e *Handroanthus heptaphyllus* (5,68 e 3,90 g muda⁻¹, respectivamente). De forma geral, os dados de literatura das diferentes espécies mostram a mesma tendência de resultado do presente estudo.

Segundo Gomes e Paiva (2006), a MSPA indica a rusticidade da muda e está relacionada com a maior disponibilidade de N, P, Ca, Mg e K e também com o pH. O substrato ALE apresenta maior disponibilidade desses nutrientes (Tabela 2), logo proporcionou maiores valores de MSPA em relação aos demais tratamentos.

Na média geral e para os diferentes substratos, não houve diferença de MSPA das mudas produzidas nas doses do polímero hidrorretentor para ambas as lâminas de irrigação (Tabela 5). Avaliando as lâminas de irrigação (Figura 4), os valores obtidos na lâmina de 10 mm foram superiores a lâmina de 5 mm para o tratamento ALE, já no substrato ILHA não houve diferença nas doses 250 e 500 g m⁻³, e no SC nas doses 250 e 1000 g m⁻³ (Figura 4). De forma geral, o acúmulo de MSPA respondeu a maior disponibilidade hídrica.

Maas (2010) utilizando a mesma espécie do presente trabalho, encontrou a maior acúmulo médio de MSPA na lâmina de 8 mm com o valor de 2,74 g muda⁻¹. Este valor foi maior apenas ao SC na lâmina de 5 mm (2,56 g muda⁻¹), nos demais tratamentos do presente estudo os valores foram maiores (Tabela 5).

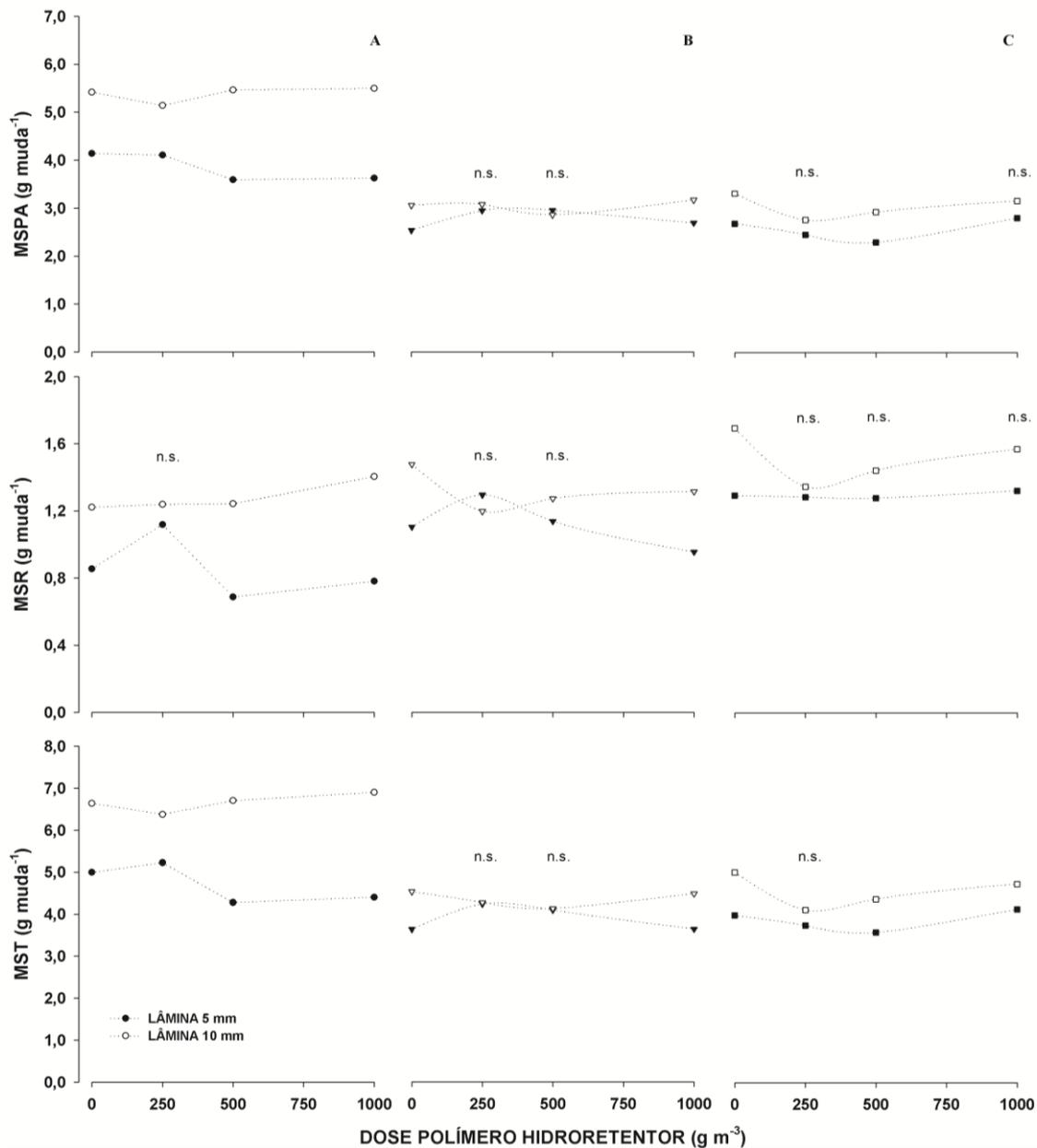


Figura 4 – Acúmulo de matéria seca da parte aérea (MSPA), do sistema radicular (MSR) e total (MST) aos 120 dias após a semeadura de mudas de orelha-de-negro sob as lâminas de irrigação de 5 e 10 mm, utilizando os substratos ALE (A), ILHA (B) e SC (C) e doses de 0, 250, 500 e 1000 g de polímero hidroretentor por metro cúbico de substrato. n.s – não significativo à 95% de probabilidade pelo teste t.

O acúmulo de MSR médio das mudas aos 120 dias após a semeadura foi de 1,09 g muda⁻¹ para a lâmina de 5 mm e 1,37 g muda⁻¹ para a lâmina de 10 mm (Tabela 5). Maas (2010) com diferentes proporções de biossólido como substrato na produção de mudas de Orelha-de-negro, obteve resultado médio maior para MSR com o valor de 2,23 g muda⁻¹. Esse resultado pode ser efeito do menor volume de recipiente utilizado (tubete de 180 cm³) o que normalmente influencia a muda a desenvolver mais raízes para absorver o máximo possível de água e de nutrientes nesse menor volume de substrato.

Para a lâmina de 5 mm, as mudas do substrato SC (1,30 g muda⁻¹) foram superiores as do ILHA (1,12 g muda⁻¹), que foram superiores as do ALE (0,86 g muda⁻¹) (Tabela 5). Na lâmina de 10 mm, as mudas do substrato SC (1,52 g muda⁻¹) foram superiores as do ALE (1,28 g muda⁻¹), e as do ILHA (1,32g muda⁻¹) foram iguais ao SC e ao ALE.

No estudo de Abreu (2014) utilizando biossólido na produção de mudas florestais, concluiu que o maior acúmulo de MSR está associado com a maior concentração de nutrientes no biossólido. Viégas (2017) encontrou os mesmos resultados utilizando substrato ALE que é mais fértil, e apresentou melhor resultado de MSR com o valor de 2,77 g muda⁻¹ em mudas de *Schinus terebinthifolius*. Caldeira (2017) encontrou as maiores médias de MSR para o tratamento com 80% de biossólido (5,2; 3,2 e 4,6 g muda⁻¹ respectivamente). O resultado obtido no presente estudo foi diferente das encontradas pelos autores referenciados. Isso pode ser justificado pelo maior teor de nutrientes presentes no substrato ALE, dessa forma, com a maior disponibilidade de nutrientes, a planta investiu na formação da parte aérea e menos no sistema radicular. Situação diferente do SC, que por ser menos fértil e mais dependente da fertilização mineral, investiu mais na formação das raízes. Segundo Cruz et al. (2006) a qualidade da muda será melhor quanto maior for a MST, e com isso maior será a chance de sobreviver no campo. Dessa forma, apesar de maior crescimento em H, DC e MSPA das mudas do substrato ALE é possível que pelo menor acúmulo de MSR essas possam apresentar alguma dificuldade de estabelecimento no campo, onde a disponibilidade de nutrientes e de água será mais limitante.

Na lâmina de 5 mm, houve diferença na média geral da MSR das mudas entre doses do polímero hidrotentor. As mudas da dose de 250 g m⁻³ foram superiores as da dose de 1000 g m⁻³, e as demais comparações foram iguais (Tabela 5). Para o substrato ALE as mudas da dose de 250 g m⁻³ foram superiores as da dose de 500 g m⁻³, e as demais comparações foram iguais (Tabela 5). Para a lâmina de 10 mm não houve diferença entre as doses na média e em cada substrato. Navroski (2013) estudando o desenvolvimento das mudas de *Eucalyptus dunnii* com doses crescentes de polímero hidrotentor em diferentes substratos, constatou maiores médias de MSPA e de MSR nas doses de 2 e 4 g L⁻¹, resultado diferente do presente estudo que possivelmente não obteve resposta em função das doses utilizadas serem menores conforme discutido anteriormente.

Na comparação das doses de polímero hidrotentor nas duas lâminas de irrigação, observou-se que no substrato ALE apenas na dose de 250 g m⁻³ não houve diferença entre as lâminas de 5 e 10 mm para o acúmulo de MSR (Figura 4). Para o substrato ILHA não

houve diferença na dose de 250 e 500 g m⁻³, e no substrato SC somente houve diferença na dose 0. Houve uma tendência nos substratos ILHA e SC das mudas da lâmina de 5 mm igualar o acúmulo de MSR da lâmina de 10 mm, o que era esperado em função da menor disponibilidade hídrica.

O acúmulo de MST médio das mudas de Orelha-de-negro aos 120 dias após a semeadura foi de 4,16g muda⁻¹ para a lâmina de 5 mm e 5,19 g muda⁻¹ para a lâmina de 10 mm (Tabela 5).

Para a lâmina de 5 mm, as mudas do substrato ALE (4,73 g muda⁻¹) foram superiores as do substratos ILHA e SC (3,90 e 3,86 g muda⁻¹, respectivamente) que foram iguais. Na lâmina de 10 mm, os resultados foram os mesmos, as mudas do substrato ALE (6,66 g muda⁻¹) foram superiores as do ILHA e do SC (4,36 e 4,56 g muda⁻¹, respectivamente) (Tabela 5).

Assim como discutido para outras variáveis, esse resultado pode estar associado ao substrato ALE ser mais fértil que os outros. No estudo utilizando biossólido como substrato para produção de mudas de *Toona ciliata*, Caldeira et al. (2012) observaram os maiores valores de MST nos substratos com biossólidos na sua composição. Viégas (2017) em seu estudo também encontrou a maior média para MST (9,57 g muda⁻¹) utilizando o substrato ALE para mudas de aroeira-pimenteira. Abreu (2017) em sua pesquisa constatou as maiores médias de MST no tratamento com 100% biossólido para as espécies aroeira-pimenteira e ipê-roxo (9,78 e 7,25 g muda⁻¹, respectivamente). Tanto na lâmina de 5 como na de 10 mm, a maior fertilidade do ALE sustentou maior crescimento e acúmulo de matéria seca. Já o substrato ILHA apesar de inicialmente ser mais fértil que o SC apresentou crescimento igual pelo fato deste ter recebido suplementação mineral por meio das fertilizações de base e de cobertura.

Na lâmina de 5 mm houve diferença de acúmulo de MST apenas entre as mudas do substrato ALE nas doses 250 e 500 g m⁻³ (Tabela 5). Na lâmina de 10 mm não houve diferença de acúmulo de MST das mudas nas doses do polímero hidroretentor (Tabela 5). Da mesma forma que as variáveis anteriores, fica evidenciado que as doses do polímero não foram suficientes para promover maior crescimento e acúmulo de matéria seca.

Na comparação das doses de polímero hidroretentor nas duas lâminas de irrigação, observou-se que no substrato ALE o acúmulo de MST das mudas na lâmina de 10 mm foram superiores as da lâmina de 5 mm para todas as doses (Figura 4). Para o substrato ILHA não houve diferença na dose de 250 e 500 g m⁻³, e no substrato SC não houve diferença na dose 250 g m⁻³. Houve uma tendência de maior acúmulo de MST nas mudas

produzidas na lâmina de 10 mm, porém o incremento produzido pelo aumento da lâmina foi proporcionalmente menor no substrato ILHA e SC, e maior no substrato ALE, possivelmente pela maior disponibilidade de nutrientes deste.

O IQD médio das mudas de Orelha-de-negro aos 120 dias após a semeadura foi de 0,48 para a lâmina de 5 mm e 0,59 para a lâmina de 10 mm (Tabela 5). Para a lâmina de 5 mm, as mudas do SC (0,54) não diferiram das do ILHA (0,49) e essas foram superiores ao ALE (0,40). Na lâmina de 10 mm, as mudas do substrato SC (0,64) não diferiram do ALE (0,59) e essas foram superiores as do ILHA (0,55).

Utilizando a espécie orelha-de-negro, Abreu (2014) encontrou o valor de IQD de 0,66, ligeiramente superior aos valores do presente estudo. Viégas (2017) utilizando mudas de aroeira-pimenteira verificou em sua pesquisa maiores valores de IQD para o tratamento da ETE ALE (1,07). Abreu et al. (2017) encontraram o maior valor de IQD (1,30) no tratamento com 100% bio sólido na produção de mudas de aroeira-pimenteira. Caldeira (2017) obteve maiores médias de IQD no tratamento com 80% de bio sólido para as espécies nativas farinha seca, dedaleiro e paineira (2,37, 0,84 e 1,84, respectivamente). Comparativamente, o valor de IQD do presente estudo obteve resultado diferente da maioria da literatura, onde as mudas do substrato ALE, mais fértil, foram inferiores na lâmina de 5 mm e iguais ao SC na lâmina de 10 mm.

Na lâmina de 5 mm, as mudas da dose de 250 g m⁻³ apresentaram valor médio de IQD superiores as da dose 500 g m⁻³ de polímero hidroretentor, não havendo diferenças nas demais comparações. Na lâmina de 10 mm, as doses não apresentaram diferenças (Tabela 5). Esse resultado, assim como as demais variáveis analisadas, demonstra não haver efeito das doses crescentes do polímero hidroretentor conforme já discutido.

Na comparação das doses de polímero hidroretentor nas duas lâminas de irrigação, observou-se que no substrato ALE apenas na dose de 250 g m⁻³ não houve diferença entre as lâminas de 5 e 10 mm para o IQD (Figura 5). Para o substrato ILHA não houve diferença na dose de 250 e 500 g m⁻³, e no substrato SC não houve diferença na dose de 250 e 1000 g m⁻³. Houve uma tendência de maiores valores de IQD na lâmina de 10 mm, o que era esperado em função da menor disponibilidade hídrica.

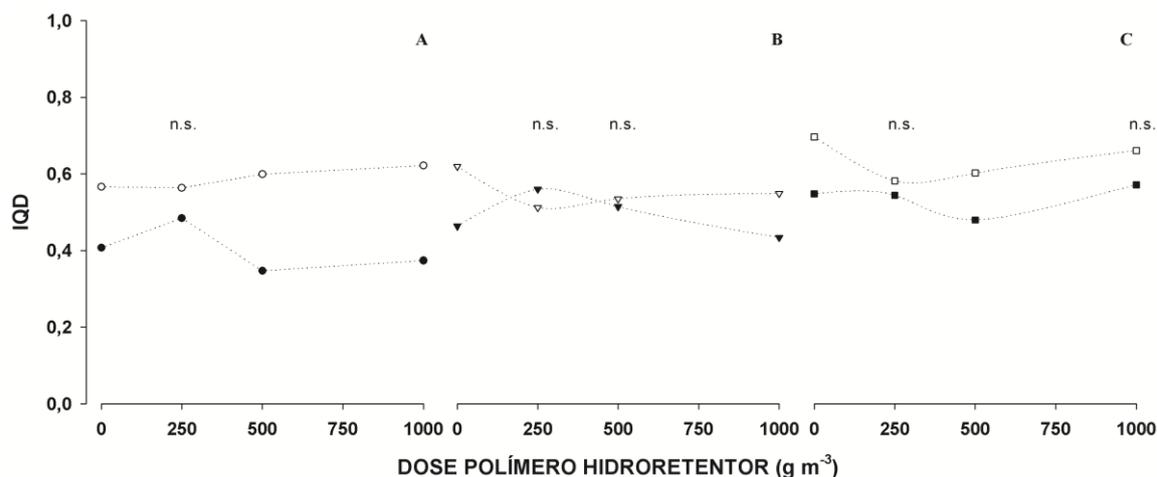


Figura 5 – Índice de Qualidade de Dickson (IQD) de mudas de Orelha-de-negro aos 120 dias após a semeadura sob as lâminas de irrigação de 5 mm e 10 mm, utilizando os substratos ALE (A), ILHA (B) e SC (C) e doses de 0, 250, 500 e 1000 g de polímero hidrorretentor por metro cúbico de substrato. n.s. – não significativo pelo teste t à 95% de probabilidade.

Fauerharmel (2014) utilizou mudas de *E. contortisiliquum* para testar lâminas de irrigação de 4, 8, 12, 16 e 20 mm dia⁻¹ e obteve maiores médias de IQD para as lâminas de 8 e 12 mm dia⁻¹, com valores acima de 1,38.

O IQD considera a robustez e o equilíbrio da distribuição da biomassa na muda para avaliar sua qualidade, por isso, é considerado um dos parâmetros mais completos. E quanto maior o valor de IQD, melhor será a qualidade da muda Abreu (2014).

Apesar do substrato SC ter apresentado maiores valores de IQD, a interpretação não pode ser feita de forma isolada, deve-se levar em conta as outras variáveis morfológicas avaliadas, como por exemplo, H, DC, MSPA e MSR. E nesse estudo, o tratamento ALE obteve melhores resultados nos parâmetros avaliados em relação aos demais substratos, exceto DC e MSR.

Considerando conjuntamente os resultados dos parâmetros morfológicos avaliados na produção das mudas de *E. contortisiliquum*, o uso dos bioossólidos como substrato obtiveram resultados satisfatórios, semelhante aos resultados obtidos por Viégas (2017). O bioossólido ALE proporcionou resultados superiores na maioria dos parâmetros, e o bioossólido ILHA com resultados na maioria das comparações semelhantes ao do SC. No entanto, é importante destacar que o SC obteve tal crescimento em função do regime de fertilização mineral utilizado já que naturalmente é bem menos fértil, diferente dos bioossólidos que não receberam fertilização. Cabreira et al. (2017) observaram que os tratamentos com maiores teores de bioossólido apresentaram menor tempo para formação das mudas. Para os viveiristas este é um ponto positivo, pois ao produzir em menor tempo,

reduz os gastos de produção e aumenta o espaço no viveiro, podendo resultar em mais ciclos de produção.

A utilização do biossólido para produção de mudas como forma de destinação final minimiza um problema ambiental e também é economicamente vantajoso pois é uma alternativa para locais próximos de centros urbanos onde pode haver falta de esterco e também para regiões com grande procura por mudas florestais (TRIGUEIRO; GUERRINI, 2003; QUINTANA; CARMO; MELO, 2009; 2011). O biossólido pode ser considerado uma alternativa viável para o aumento da qualidade, crescimento e nutrição das mudas, devido a sua alta fertilidade, bem como diminuir gastos na produção Abreu et al. (2014).

5. CONCLUSÃO

Nas condições do presente estudo, considerando os parâmetros morfológicos e de qualidade avaliados na produção de mudas de orelha-de-negro (*Enterolobium contortisiliquum*), conclui-se que:

Os biossólidos de lodo de esgoto das ETEs Alegria (ALE) e Ilha do Governador (ILHA) apresentaram mudas com desenvolvimento e qualidade igual ou superior ao substrato comercial, sem necessidade de receber fertilização mineral;

Entre os biossólidos, o ALE, pela maior fertilidade natural, produziu mudas com crescimento superior e qualidade semelhante ao ILHA;

A presença da poliacrilamida catiônica no biossólido ALE não reduziu o crescimento e a qualidade das mudas;

A adição do polímero hidroretentor ao substrato não proporcionou maior crescimento e qualidade das mudas nas doses testadas nas duas lâminas de irrigação.

As mudas produzidas na lâmina de irrigação de 10 mm obtiveram de forma geral, maior crescimento e qualidade.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, A. H. M. **Biossólido na produção de mudas florestais da Mata Atlântica**. 2014. 79 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.

ALBUQUERQUE FILHO, J. A. C. et al. Características vegetativas do coentro submetido a doses do polímero hidroabsorvente e lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, Campina Grande, v.3, n.6, p.671-679, nov./dez. 2009.

ALEXANDRE, R.S.; GONÇALVES, F.G.; ROCHA, A.P.; ARRUDA, M. de P.; LEMES, E. de Q. Tratamentos físicos e químicos na superação da dormência em sementes de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.4, n.2, p.159-159, 2009.

ANDRADE, C. A. **Nitratos e metais pesados no solo e em plantas de *Eucalyptus grandis* após aplicação de biossólido da ETE de Barueri**. 1999. 65 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1999.

ARAÚJO, E.F. et al. Crescimento e balanço nutricional de mudas de *Enterolobium contortisiliquum* com aplicação de substratos orgânicos e água residuária. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 36, n. 86, p. 169-177, 2016.

BERNARDI, Marlon Rodrigo et al. Crescimento de mudas de *Corymbia citriodora* em função do uso de hidrogel e adubação. **Revista Cerne**, v.18, n.1, 2012.

BETTIOL, W.; CAMARGO, O. DE. **Lodo de esgoto: Impactos ambientais na agricultura**. Jaguariuna: EMBRAPA Meio Ambiente, 2006. 349p.

BUZETTO, F. A. et al. Avaliação de um polímero adsorvente a base de acrilamida no fornecimento de água no fornecimento de água em mudas de *Eucalyptus urophylla* em pós-plantio. **Circular Técnica IPEF**, n.195, 2002.

CALDEIRA MVW, SCHUMACHER M.V., BARICHELO L.R., VOGEL H.L.M., OLIVEIRA L.S. Crescimento de mudas de *Eucalyptus saligna* Smith em função de diferentes doses de vermicomposto. **Revista Floresta**, 28(1-2), p.19-30, 2000

CALDEIRA MVW, Rosa GN, Fenilli TAB, Harbs RMP. Composto orgânico na produção de mudas de aroeira vermelha. **Scientia Agraria**, 9(1): 27-33, 2008.

CALDEIRA MVW, PERONI L., GOMES D.R., DELARMELINA W.M., TRAZZI P.A. Diferentes proporções de biossólido na composição de substratos para a produção de mudas de timbó (*Ateleia glazioviana* Baill). **Scientia Forestalis** 2012; 40(93): 15-022.

CARMO, D.L.; SILVA, C.A. Métodos de quantificação de carbono e matéria orgânica em resíduos orgânicos. **Revista Brasileira de Ciências do solo**, Viçosa, v. 36, p. 1211 – 1220, 2012.

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

CAVALCANTI, N. B.; BRITO, L. T. de L. Perda de solo e água em diferentes sistemas de cultivo na caatinga. **Engenharia Ambiental**, v. 9, p. 105-118, 2012.

COSTA, T. L. N.; SILVA, B. R. F.; BARBOSA JUNIOR, V. C.; COSTA, M. P.. Comparação do desenvolvimento de plântulas de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong em recipientes biodegradáveis. In: II CONGRESSO INTERNACIONAL DA DIVERSIDADE DO SEMIÁRIDO, 2017, Campina Grande/PB. **Anais... II CONIDIS**, 2017.

DELARMELINA, M. W., CALDEIRA, M.V.W., FARIA, J.C.T., GONÇALVES, E.O., ROCHA, R.L.F. Diferentes Substratos para a Produção de Mudanças de *Sesbania virgata*. **Floresta e Ambiente**, Seropédica/RJ, vol. 21, n. 2, p. 224-233, 2014.

DELIGOZ, A. Seasonal changes in the physiological characteristics of Anatolian black pine and the effect on seedling quality. **Turk J Agric For**, v. 35, p. 23-30, 2011.

DURIGAN, G.; NISHIKAWA, D.L.L.; ROCHA, E.; SILVEIRA, E.R. da; PULITANO, F.M.; REGALADO, L.B.; CARVALHAES, M.A.; PARANAGUÁ, P.A.; RANIERI, V.E.L. Caracterização de uma vegetação de cerrado no município de Brotas, SP, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v.16, n.3, p.251-262, 2002.

FAUERHARMEL, M. **Crescimento inicial de *Enterolobium contortisiliquum* (vell.) morong. em diferentes substratos e laminas de irrigação.** 2014. 68 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

FERRAZ, A. V. & ENGEL, V. L. 2011. Efeito do tamanho de tubetes na qualidade de mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L. var. *stilbocarpa* (Hayne) Lee et Lang.), Ipê-amarelo (*Tabebuia chrysotricha* (Mart. ex DC.) Sandl.) e Guaruaia (*Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan). **Revista Árvore**, 35: 413-423.

GOMES, J. M.; PAIVA, H. N. **Viveiros florestais: propagação sexuada.** Viçosa: UFV; 2006.

GHINI, R.; BETTIOL, W. Uso agrícola de lodo de esgoto pode ter efeitos na ocorrência de doenças de plantas. **EMBRAPA. Meio Ambiente.** Jaguariuna-SP. 2009. Disponível em <http://www.usp.br/cirra/arquivos/raquel_lodo.doc>.

HUTTERMANN, A. et al. **Addition of hydrogels to soil for prolonging the survival of *Pinus halepensis* seedlings subjected to drought.** Soil and Tillage Research, Amsterdam, v.50, n.3-4, p.295-304, maio 1999.

JOSÉ, A. C., DAVIDE, A. C. & OLIVEIRA, S. L. 2005. Produção de mudas de aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi) para recuperação de áreas degradadas pela mineração de bauxita. **Revista Cerne**, 11: 187-196.

KLAR, A. E. **A água no sistema solo-planta-atmosfera.** São Paulo: Nobel, 1984. 408 p.

KRAMER, P. J., BOYER, J. S. **Evolution and Agricultural water user.** In: Water relations of plant and soils. San Diego - Califórnia: Academic Press, 1995. p.377-405.

- KRAMER, P. J., BOYER, J. S. **Functions and properties of water**. In: Water relations of plant and soils. San Diego – Califórnia: Academic Press, 1995. p.16-41.
- KUDREV, T. G. **Água: vida das plantas**. São Paulo: Ícone, 1994. 178 p.
- LARCHER, W. **Plantas sob estresse**. In: Ecofisiologia Vegetal. São Carlos: Editora RIMA, 2000, p.341-430.
- LELES, P.S.S.; LISBOA, A.C., OLIVEIRA NETO, S.N., GRUGIKI, M.N. & FERREIRA, M. A. 2006. Qualidade de mudas de quatro espécies florestais produzidas em tubetes. **Floresta e Ambiente**,13: 69-78.
- LIMA, W. P. **Impacto ambiental do eucalipto**. 2.ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1993, 301p.
- LOPES, A. S. et al. Manejo da irrigação (tensiometria e balanço hídrico climatológico) para a cultura do feijoeiro em sistemas de cultivo direto e convencional. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 24, n. 1, p. 89-100, jan./abr. 2004.
- LORENZI, H. **Árvores Brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 2. ed. Nova Odessa: Editora Plantarum, 1998. 352p.
- MAAS, K. D. B. **Biossólido como Substrato na Produção de Mudas de Timburi**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) Universidade Federal do Mato Grosso. Cuiabá-MT. 2010.
- MALDONADO-BENITEZ, K.R.; ALDRETE, A.; LÓPEZ-UPTON, J.; VAQUERA-HUERTA, H.; CETINA-ALCALÁ, V.M. Producción de Pinus greggii Engelm. em mezclas de sustrato com hidrogel y riego, em vivero. **Agrociencia**, 45: 389-398, 2011.
- MCDONALD, S.E., RUNNING, S. W. **Monitoring irrigation in western forest tree nurseries**. In: LANDIS, T.D et al. Seedling nutrition and irrigation - the container tree nursery manual, USDA-Forest Service. Handbook 674, v.4, p.1-8. 1988.
- MELO W.J., MARQUES M.O., SANTIAGO G., CHELLI R.A. Efeito de doses crescentes de lodo de esgoto sobre frações da matéria orgânica e CTC de um Latossolo cultivado com cana-de-açúcar. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 1994; 18(3): 449-455.
- MELO, W. J., MARQUES, M. O. Potencial do lodo de esgoto como fonte de nutrientes para as plantas. In: BETTIOL, W., CAMARGO, O. A. **Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto**. Jaguariúna: EMBRAPA Meio Ambiente, 2000. p.109-142.
- MEWS, C.L.; SOUSA, J.R.L.; AZEVEDO, G.T.O.S.; SOUZA, A.M. Efeito do hidrogel e ureia na produção de mudas de *Handroanthus ochraceus* (Cham.) Mattos. **Floresta e Ambiente**, 22(1): 107- 116, 2015.
- MORAES, M. T.; SILVA, V. R.; ARNUTI, F. **Resíduos líquidos de efluentes de agroindústria de carnes na produtividade de girassol**. Enciclopédia Biosfera, Goiânia, v. 8, n. 14, p. 843-853, 2012.

MORAIS S.M.J., ATAIES P.R.V., GARCIA D.C., KURTZ F.C., OLIVEIRA O.S., WATZLAWICK L.F. Uso do lodo de esgoto da Corsan - Santa Maria (RS), comparado com outros substratos orgânicos. **Sanare**, 6(6): 44-49, 1996.

NAVROSKI, M.C.; ARAÚJO M.M.; REININGER, L.R.S.; MUNIZ, M.F.B.; PEREIRA, M.O. Influência do hidrogel no crescimento e no teor de nutrientes das mudas de *Eucalyptus dunnii*. **Floresta**, 45(2): 315 - 328, 2015a.

NAVROSKI, M.C.; ARAÚJO M.M.; FIOR, C.S.; CUNHA, F.S.; BERGHETTI, A.L.P.; PEREIRA, M.O. Uso de hidrogel possibilita redução da irrigação e melhora o crescimento inicial de mudas de *Eucalyptus dunnii* Maiden. **Scientia Forestalis**, 43(106): 467-476, 2015b.

REIS, A.; BECHARA, F.C.; ESPINDOLA, M.B.; VIEIRA, N.K.; SOUZA, L.L. Restauração de áreas degradadas: a nucleação como base para incrementar os processos sucessionais. **Natureza & Conservação**, Curitiba, v.1, n.1, p. 28-36, 85-92, abr. 2003b.

RODRIGUES, R.R.; GANDOLFI, S. Conceitos, tendências e ações para recuperação de Florestas Ciliares. In: RODRIGUES, R.R.; LEITÃO-FILHO, H. de F. (Ed.). **Matas Ciliares: conservação e recuperação**. 3. ed. São Paulo: EDUSP, 2000. cap. 15.1, p. 235-247.

SAAD, J.C.C. Fundamentos e critérios para o manejo da irrigação. In: SALOMÃO, L.C.; SANCHES, L.V.C. SAAD, J.C.C.; BÔAS, R.L.V. **Manejo de irrigação: um guia prático para o uso racional da água**. Botucatu: FEPAF, 2009, capítulo 1, p. 1-13.

SÁNCHEZ-DIAZ, M., AGUIRREOLEA, J. **Relaciones hídricas**. In: BIETO J.A.(coord.). *Fisiología y Bioquímica Vegetal*. Madrid: Ed. Mcgraw-Hill-InterAmericana de Espana, 1993. p.49-89.

SANTARELLI, E. G. 2004. **Produção de mudas de espécies nativas**. In: R. R. RODRIGUES & H. F. LEITÃO FILHO (Eds.). *Matas ciliares: conservação e recuperação*. São Paulo: EDUSP/Fapesp. p. 313-318.

STAPE, J. L. Irrigação de plantio. Lençóis Paulista: IPEF, 1989. 8p

SILVA, M.R. **Caracterização morfológica, fisiológica e nutricional de mudas de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden submetidas a diferentes níveis de estresse hídrico durante a fase de 99 rustificação**. Curitiba, 1998. 105p. Dissertação (Mestrado) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

SILVA, A.C. da; CRUZ, E.D.; SOUZA, G.T. de; ALBUQUERQUE, G.D.P. Germinação de sementes de matrizes de taxi-branco (*Sclerolobium paniculatum* Vogel.). Belém, Seminário de Iniciação Científica, 14, Embrapa Amazônia Oriental, 4p, 2010.

SILVA, M.R. **Efeitos do manejo hídrico e da aplicação de potássio na qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis* w. (Hill ex. Maiden)**. Botucatu, 2003. 100 p. Tese (Doutorado em Agronomia / Irrigação e Drenagem) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

TELES, C.R.; COSTA, A.N.; GONCALVES, R.F. Produção de lodo de esgoto em lagoas de estabilização e o seu uso no cultivo de espécies florestais na região sudoeste do Brasil. **Sanare**, Paraná, v.12, n. 12, p. 53-60, 1999.

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

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

TSUKAMOTO FILHO, A. A.; CARVALHO, J. L. O.; COSTA, R. B.; DALMOLIN, A. C.; BRONDANI, G. E. Regime de regas e cobertura de substrato afetam o crescimento inicial de mudas de *Myracrodruon urundeuva*. **Floresta e Ambiente**, Seropédica/RJ, v.20, n.4, p. 521-529, 2013.

VIEGAS, V. F. Bio sólidos na Produção de Mudanças de Aroeira-Pimenteira em Tubetes. 2017. 30p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal) Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Seropédica-RJ.

VOLKMAR, K. M.; CHANG, C. Influence of hydrophilic gel polymers on water relation and growth and yield of barley and canola. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v.75, n.3, p. 605-611, jul./set. 1995.

WENDLING, I., GATTO, A., PAIVA, H. N. & GONÇALVES, W. 2001. **Planejamento e instalação de viveiros**. Viçosa: Aprenda Fácil. 120p.

WENDLING, I. et al. **Substratos, adubação e irrigação na produção de mudas**. (Coleção Jardinagem e Paisagismo. Série Produção de Mudanças Ornamentais). Viçosa: Aprenda Fácil Editora, 2002, v.2., 165p.

YARRANTON, G.A.; R.G. MORRISON.1974. Spatial dynamics of a primary succession: nucleation. **Journal of Ecology**, 62(2): 417-428.