



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

VICTÓRIA VIEIRA FANTAUSS PINTO

**MUDAS DE *Poincianella pluviosa* (DC.) L.P. QUEIROZ PRODUZIDAS EM
DIFERENTES LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO E SUBSTRATOS COMPOSTOS POR
LODO DE ESGOTO E OUTROS RESÍDUOS.**

Orientador: Prof. Dr. JOSÉ CARLOS ARTHUR JÚNIOR
Coorientador: Dr. GUSTAVO WYSE ABAURRE

SEROPÉDICA, RJ
SETEMBRO – 2022



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

VICTÓRIA VIEIRA FANTAUSS PINTO

**MUDAS DE *Poincianella pluviosa* (DC.) L.P. QUEIROZ PRODUZIDAS EM
DIFERENTES LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO E SUBSTRATOS COMPOSTOS POR
LODO DE ESGOTO E OUTROS RESÍDUOS.**

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

Orientador: Prof. Dr. JOSÉ CARLOS ARTHUR JÚNIOR
Coorientador: Dr. GUSTAVO WYSE ABAURRE

SEROPÉDICA, RJ
SETEMBRO – 2022

**MUDAS DE *Poincianella pluviosa* (DC.) L.P. QUEIROZ PRODUZIDAS EM
DIFERENTES LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO E SUBSTRATOS COMPOSTOS POR
LODO DE ESGOTO E OUTROS RESÍDUOS.**

VICTÓRIA VIEIRA FANTAUSS PINTO

APROVADA EM: 13/09/2022

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. José Carlos Arthur Júnior
UFRRJ / IF / DS
Orientador

Gustavo Wyse Abaurre
Engenheiro Florestal, Dr. Jardim Botânico UFRRJ
Coorientador

Alan Henrique Marques de Abreu
Engenheiro Florestal, Dr. Cedae
Membro

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, Rose e Paulo, e aos meus tios, Tânia e Geraldo, por todo suporte durante a graduação e toda a vida.

Ao meu noivo, por sua compreensão e por me acompanhar em todas as jornadas.

À minha sogra e amiga, por todo apoio na reta final.

À GWA, por proporcionar minha primeira experiência extracurricular na graduação e fornecer os subsídios para realização deste trabalho.

Ao Gustavo, pela orientação do início ao fim do estágio e até hoje pela amizade profissional construída.

Ao Professor e Orientador José Carlos Arthur Júnior, por todos os ensinamentos e orientação durante a graduação.

À Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, por ser a porta de entrada de tantas oportunidades e experiências que tive, com qualidade e gratuitas.

Aos membros da banca, Alan Henrique Marques de Abreu pelas contribuições.

A todos os amigos que fiz durante a graduação, pela amizade, companheirismo, compreensão e suporte em todos os momentos.

E a todos que de alguma forma contribuíram para a realização do estudo e formação.

RESUMO

O Brasil tem hoje uma demanda por 2,1 milhões de hectares de restauração florestal, e como consequência, uma enorme demanda por mudas nativas. Desta forma, torna-se essencial o uso de técnicas que possam maximizar o uso dos substratos e da água de irrigação, visando a produção de mudas de alta qualidade. Diante deste cenário, o presente estudo teve como objetivo avaliar o crescimento de mudas de *Poincianella pluviosa* (DC.) L.P. Queiroz produzidas em quatro substratos elaborados a partir de diferentes resíduos (subsolo, lodo de esgoto, serragem compostada e moinha de carvão) e sob duas lâminas de irrigação (0,03 L/h e 0,05 L/h) por dia. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado com esquema fatorial 4 x 2 (quatro tipos de substratos e duas lâminas d'água), totalizando oito tratamentos. Os materiais foram misturados na proporção 1:1 de modo a compor os substratos S1 – lodo de esgoto puro, S2 – lodo de esgoto + subsolo argiloso, S3 – lodo de esgoto + moinha de carvão e S4 – lodo de esgoto + serragem compostada. Os substratos foram avaliados quanto às suas características físicas e químicas. Foram mensuradas a altura, o diâmetro de colo e a massa seca da parte aérea e radicular das mudas após 105 dias de emergência. Os substratos S1 e S4 apresentaram melhores características físicas e os substratos S1 e S3 exibiram melhor composição nutricional. Para crescimento em altura não foram observadas diferenças entre os substratos e lâminas de irrigação testados. Os substratos constituídos por 50% de lodo e 50% de moinha de carvão ou serragem e com a maior lâmina de irrigação resultaram em mudas com maior diâmetro, biomassa e qualidade, sendo os mais indicados à produção de *P. pluviosa*.

Palavras-chave: bio sólido, resíduos sólidos, restauração florestal, viveiros florestais.

ABSTRACT

Currently, Brazil has a demand for 21 million hectares of forest restoration, and consequently, a great demand for good quality native species seedlings. It is important to employ techniques that reduce the costs of productive inputs as substrates and the irrigation water. In this context, the paper aimed to evaluate the growth of *Poincianella pluviosa* (DC.) L.P. Queiroz seedlings produced in four substrates elaborated with different solid wastes (sewage sludge, composted sawdust, and charcoal powder) and under two irrigation depths (0,03 L/h and 0,05 L/h). The experiment was conducted in completely randomized design with a 4×2 factorial arrangement (four substrates and two irrigation depths), eight treatments in total. The physical (porosity, density etc) and chemical (nutrients and organic matter contents) properties of substrates were evaluated. The seedlings shoot height, collar diameter, shoot, root, and total dry mass were measured. The substrates S1- pure sewage sludge and S2- sludge + sawdust (1:1) presented the better physical characteristics and substrates S1- pure sewage sludge and S3- sludge + charcoal powder (1:1) showed the better nutritional composition. For the growth in height there were no difference between the substrates and the irrigation depths. The substrates formulated with 50% of sludge and 50% of sawdust or charcoal powder, combined with the higher irrigation depth, resulted in seedlings with higher collar diameter, biomass, and quality, for which they are recommended to produce *P. pluviosa*.

Keywords: biosolid, solid wastes, forest restoration, forest nurseries

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	2
2.1 Produção de mudas	2
2.2. Lâminas d'água na produção de mudas.....	2
2.3 Substrato na produção de mudas.....	3
2.4 Lodo de esgoto como substrato.....	3
2.5 Caracterização da espécie.....	4
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	4
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	7
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	12
6 CONCLUSÕES.....	12
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	13

1- INTRODUÇÃO

O processo de uso e ocupação dos solos no Brasil passou por muitas transformações ao longo de sua história, deixando como herança a degradação ambiental. Vastas áreas com vegetação nativa foram desmatadas para atender às demandas geradas pelo crescimento populacional, provocando a alteração dos biomas e de suas funções ecológicas. Com isso, existe a necessidade de promover a restauração florestal e de outros ecossistemas em diferentes regiões do país (COUTINHO *et al.*, 2019).

Devido a estes impactos, atualmente, o bioma Mata Atlântica apresenta grande parte de sua vegetação remanescente distribuída em pequenos fragmentos florestais isolados uns dos outros (RIBEIRO *et al.*, 2009), sendo que sua cobertura vegetal se limita a apenas 12,4% da original (SOS MATA ATLÂNTICA; INPE, 2019). Só no estado do Rio de Janeiro, a área total de compromisso de restauração junto ao Instituto Estadual do Ambiente (INEA) é de aproximadamente 16 000 ha, incluindo plantios não iniciados, mas que se encontram em fase de manutenção (INEA, 2019).

A demanda por mudas de espécies florestais nativas destinadas principalmente às atividades de restauração florestal, aumentou e com isso surge a necessidade de pesquisas que visem aprimorar os processos de produção. As principais metas são reduzir os custos de produção e aumentar a qualidade final das mudas, visando atender aos objetivos dos plantios (JOSÉ; DAVIDE; OLIVEIRA, 2005). O sucesso dos plantios florestais está relacionado com a qualidade das mudas produzidas, a qual depende do tipo de recipiente, da qualidade das sementes, do substrato utilizado, dentre outros fatores (CALDEIRA *et al.*, 2012).

O substrato tem a função de dar sustentação para a planta, além de fornecer água, nutrientes e oxigênio durante o período de produção das mudas (WENDLING; GATTO, 2012). A utilização de resíduos agrícolas, florestais, industriais ou urbanos, como matérias-primas na formulação de substratos, representa uma alternativa economicamente viável e ambientalmente adequada, tendo em vista que podem reduzir os custos do viveiro com a aquisição de substratos comerciais, além de promover o reaproveitamento de materiais que seriam descartados (ABREU *et al.*, 2017b).

Resíduos como lodo de esgoto, serragem e moinha de carvão já foram testados na produção de mudas de espécies florestais (ABREU *et al.* 2017a; KRATZ *et al.*, 2017; CALDEIRA *et al.*, 2008), em geral os estudos têm observado que esses materiais podem ser utilizados, desde que sejam observadas suas características e determinada a sua proporção adequada na composição dos substratos.

Outro fator que influencia o crescimento das mudas no viveiro é a irrigação, já que o mau planejamento pode resultar em perdas significativas para o viveiro. Por outro lado, o seu manejo correto é determinante para a qualidade das mudas, podendo reduzir seu tempo de formação (WENDING; GATTO, 2012). A irrigação exerce influência direta na qualidade das mudas, a quantificação hídrica na fase de formação é imprescindível considerando que a falta ou o excesso comprometem a produção, conforme Morais *et al.*, (2012); Silva *et al.*, (2020).

A *Poincianella pluviosa* (DC.) L.P. Queiroz (sibipiruna), pertencente à família *Fabaceae*, subfamília *Caesalpinioideae*, é uma espécie nativa da Mata Atlântica, muito indicada para o paisagismo e arborização urbana. Carvalho, (2008) corrobora considerando suas características estéticas, de floração e resistência às pragas, doenças e poluição. Diz ainda que é conhecida popularmente como sibipiruna, sendo uma árvore semidecídua, de médio a rápido crescimento, e por essas características é muito indicada para projetos de restauração florestal.

Nesse sentido, este trabalho tem como objetivo avaliar o crescimento de mudas de *Poincianella pluviosa* (DC.) L.P. Queiroz produzidas em diferentes lâminas de irrigação e substratos composto por lodo de esgoto e outros resíduos.

2-REVISÃO DE LITERATURA

2.1- Produção de mudas

Em 2012, foi sancionada a Lei 12.651, que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. O marco estabeleceu novas regras para que produtores rurais regularizem suas propriedades, alterando, assim, a dimensão das Áreas de Preservação Permanente – APP e de Reserva Legal – RL. Embora a legislação tenha reduzido a área total a ser regularizada no país, também criou instrumentos que podem estimular a recomposição dessas áreas, como o Cadastro Ambiental Rural e o Programa de Regularização Ambiental, além de instrumentos econômicos, com acesso a créditos agrícolas e linhas de financiamento (IPEA, 2015).

Aliado a isso, a ação para regularizar os passivos de RL e APP's é a recomposição florestal, que pode ser realizada através da regeneração natural ou por meio de projetos implantação (FEDRIZZI, 2020). Diante desses cenários, espera-se uma contínua demanda por mudas de espécies florestais.

Nas palavras de Johnson e Cline (1991), a qualidade das mudas é um fator imprescindível para que haja êxito no plantio, e isso independe da sua finalidade. Mudas de boa qualidade são aquelas produzidas a um custo mínimo, em conformidade com os sistemas de preparo e plantio no local, além de sobreviver e se desenvolver bem após o plantio. Dessa forma, para que se produza mudas de melhor qualidade, mais rapidamente e a um menor custo de produção, a otimização e definição dos métodos e sistemas utilizados no viveiro durante o crescimento é fundamental. Reis (2018), acrescenta que o substrato e a irrigação, são um dos principais fatores que afetam na qualidade das mudas, pois interferem na morfologia e fisiologia das mesmas e, conseqüentemente, na sua capacidade de resistência e sobrevivência no campo.

2.2- Lâminas d'água na produção de mudas

Taiz e Zeiger (2009), ressaltam que a planta necessita de água para um bom crescimento e desenvolvimento, sendo um recurso abundante é o recurso mais abundante, em contra partida é o mais limitante para a produtividade agrícola, fato que justifica a existência de práticas de irrigação de culturas. A limitação desse recurso tão farto pode ser explicada pela crescente demanda por água doce subterrânea, devido, principalmente, ao crescimento desordenado da população, ao grande consumo por parte do setor industrial e da agricultura (OLIVO e ISHIKI, 2014).

No entanto, assim como na agricultura, na silvicultura o uso da água é fundamental para o crescimento das mudas, afetando diretamente sua qualidade. O excesso de umidade pode proporcionar um ambiente adequado ao desenvolvimento de doenças, enquanto a escassez pode interferir no metabolismo da planta através do fechamento dos estômatos, a fim de evitar a perda de água por transpiração. Nesse sentido, a busca pelo uso eficiente da água através do manejo de irrigação deve ser aprimorada visando a redução de perdas e, ao mesmo tempo, manutenção da qualidade das mudas (ALMEIDA, 2021).

Estudando as espécies *Luehea divaricata* e *Parapiptadenia rigida* sob diferentes substratos e lâmina de irrigação, foi constatado por Dutra, (2012) que a lâmina de 4 mm/dia e substrato composto de 80% de turfa e 20% de casca de arroz carbonizada proporcionaram o melhor crescimento e desenvolvimento de açoita-cavalo, resultados diferentes encontrados para angico vermelho, que obteve melhor desempenho na lâmina de 16 mm/dia e substrato composto 100%

por turfa. Segundo a autora, essa resposta reflete a diferença na necessidade hídrica das espécies, além de gerar a hipótese de que espécies que ocorrem naturalmente em ambientes úmidos necessitam de maior quantidade de água para produção em viveiros.

2.3- Substrato na produção de mudas

O substrato é o meio no qual as raízes se desenvolvem e possibilita o suporte estrutural para a parte aérea das mudas, além de mediar o fornecimento de água, nutrientes e oxigênio (RIBEIRO, 2017). Suas características físicas e químicas devem promover a retenção de umidade e a disponibilidade de nutrientes, respectivamente, atendendo as necessidades das plantas, visto que nos estágios iniciais de desenvolvimento das mudas, no qual a planta é mais suscetível, um bom substrato proporciona o crescimento de mudas evitando problemas fitossanitários e déficit hídrico (CUNHA *et al.* 2007).

Dessa forma, para composição de substratos, é comum utilizar uma mistura de materiais em diferentes proporções de acordo com a espécie cultivada, sendo um dos principais a matéria orgânica, que fornece nutrientes e aumenta a capacidade de retenção de água, podendo ser fornecida por esterco bovino, compostos orgânicos vegetais, vermicomposto, bagaço de cana, turfa, casca de pinus decomposta, entre outros. Um fator que deve ser levado em consideração na escolha do substrato é sua viabilidade econômica, relacionada a sua disponibilidade em quantidade adequada e custos (REIS, 2018). Nesse sentido, o lodo de esgoto pode ser uma alternativa para produção de mudas florestais.

2.4- Lodo de esgoto como substrato

Pedroza *et al.* (2010) afirma que o principal agente poluidor de corpos hídricos em áreas urbanas é o esgoto, que frequentemente é lançado diretamente nas águas. Siqueira *et al.*, (2019) contribui explicando que durante o processo de tratamento do esgoto, é gerado um resíduo denominado lodo de esgoto, no qual maior parte é destinada a aterros sanitários, um procedimento complexo e de altos custos.

O lodo apresenta alto teor de matéria orgânica, nitrogênio, cálcio e fósforo, além de micronutrientes (VEGA *et al.*, 2004; SANTOS *et al.*, 2014), em virtude disso, quando depositado de forma inadequada nos corpos hídricos, contribui para eutrofização da água (SIQUEIRA, 2019).

Após tratado na unidade de gerenciamento de lodo de esgoto, o material passa a ser chamado de biossólido, um material rico em matéria orgânica, macro e micronutrientes, que pode ser usado na composição de substratos, proporcionando qualidade física e química aos solos, segundo Ribeiro (2017). Como componente de substratos, o biossólido proporciona benefícios às plantas, como a melhora no aproveitamento de nutrientes quando comparado com adubação mineral (MALDONADO, 2005).

A alternativa de destinar o biossólido na formulação de substratos para o setor florestal é promissora, existindo muitas pesquisas relacionadas ao efeito de diferentes proporções de lodo de esgoto em substratos sobre a qualidade das mudas florestais produzidas, no qual busca-se uma adequação à sustentabilidade, redução do tempo e dos custos no processo produtivo (SIQUEIRA *et al.*, 2019).

Mudas de *Schinus terebinthifolius* apresentaram resultados satisfatórios nos parâmetros de qualidade, altura, diâmetro do colo e acúmulo de matéria seca de parte aérea e raiz em substratos formulados com teores de lodo de esgoto em estudo conduzido por Trigueiro e Guerrini (2014). Enquanto Caldeira *et al.* (2012), avaliando os efeitos da utilização de biossólido como

componente do substrato para produção de mudas de *Ateleia glazioveana*, também encontraram um resultado satisfatório na produção de mudas em substrato com 80% de bio sólido.

Estudando o comportamento de *Acacia polyphylla* em diferentes composições de substratos e lâminas de irrigação, Lanzeti *et al.* (2021) observaram que os melhores tratamentos continham 100%, 75% e 50% de bio sólido, proporcionando melhor crescimento das mudas, com aporte no diâmetro do colo, na altura e maior desenvolvimento radicular, enquanto as lâminas de irrigação não apresentaram influência significativa nos parâmetros avaliados.

2.5- Caracterização da espécie

A *Poincianella pluviosa* (DC.) L.P. Queiroz, conhecida popularmente como sibipiruna, também pode ser chamada de mucitaiba-verdadeira, coração-de-negro, falso-pau-brasil, maria-preta e pau-brasil-do-amarelo, dependendo do estado no qual ocorre. Sua altura pode variar de 8 a 16 metros, com tronco de 30 a 40 centímetros de diâmetro, ocorrendo naturalmente na região da Mata Atlântica do Rio de Janeiro, no sul da Bahia e no Pantanal Mato-grossense. É uma das árvores nativas mais utilizadas na arborização urbana no centro-sul do país, devido sua copa muito ornamental. (LORENZI, 1992).

Lorenzi (1992), acrescenta que sua madeira pode ser utilizada na construção civil e na estrutura de móveis, possui um crescimento de médio a rápido, sendo, portanto, indicada para plantios mistos em áreas degradadas de preservação permanente. Sobre sua fenologia, floresce a partir do final de agosto até meados de novembro, com seus frutos amadurecendo do final de julho a meados de setembro. Seus frutos devem ser colhidos diretamente da árvore assim que iniciarem a abertura.

As sementes da espécie devem ser semeadas em sementeira e, posteriormente, repicadas para sacos de polipropileno ou tubetes de polipropileno, de tamanho grande. Sua germinação ocorre 6 a 12 dias após semeadura, com 60% de poder germinativo, atingindo porte adequado para plantio cerca de 6 meses após a germinação (CARVALHO, 2008).

Avaliando o efeito de diferentes substratos na produção e qualidade de mudas de *P. pluviosa*, Oliveira *et al.*, (2017) observaram melhores resultados em substratos formados por uma combinação de materiais, principalmente naqueles com teor de 10 e 15% de composto orgânico, estando as mudas aptas à comercialização e plantio no campo.

3- MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado durante outubro de 2018 a fevereiro de 2019 (126 dias), em um viveiro comercial localizado aproximadamente nas coordenadas 22°46'36" S e 43°39'50" O, e com altitude média de 20 metros. O clima da região é classificado como Aw (classificação Köppen), com altas temperaturas e chuvas no verão e clima seco com temperaturas amenas no inverno. As chuvas estão concentradas no período de novembro a março, com médias anuais para precipitação de 1213 mm e temperatura de 24,5°C, conforme Carvalho *et al.* (2006). As mudas foram produzidas sob telas agrícolas poliolefinas comerciais, já utilizadas no viveiro, que proporcionaram o sombreamento médio de 60% da luminosidade recebida.

As matérias-primas utilizadas para compor os substratos foram o lodo de esgoto, subsolo argiloso (barro), moínha de carvão e serragem compostada. O lodo de esgoto foi fornecido pela Cedae (Companhia Estadual de Águas e Esgoto) e era proveniente da Estação de Tratamento de Esgotos (ETE) da Ilha do Governador, localizada no Rio de Janeiro – RJ. Esta ETE trata esgoto de origem domiciliar e possui sistema de tratamento secundário por lodos ativos. O lodo

passa por adensamento, estabilização e depois por desidratação, ficando por mais de 90 dias em leitos de secagem a pleno sol, de onde sai com teor de umidade abaixo de 20%.

O subsolo argiloso foi adquirido localmente. A moinha de carvão foi fornecida pela empresa Pinga Fogo, esse resíduo é resultado do transporte e manuseio do carvão vegetal, onde ocorre fragmentação de parte do material em pedaços pequenos. A serragem foi fornecida pela empresa Bob Ambiental, sendo o resíduo proveniente de diferentes espécies madeireiras, bem como de chapas de aglomerados e MDF, tendo sido compostada por pelo menos 90 dias em ambiente protegido.

Esses materiais foram misturados nas proporções de volume (1:1), de modo a compor os substratos utilizados no experimento, sendo eles: S1 – lodo de esgoto puro; S2 – lodo de esgoto + subsolo argiloso; S3 – lodo de esgoto + moinha de carvão e S4 – lodo de esgoto + serragem. Para garantir a homogeneização dos materiais, cada substrato formulado foi misturado em betoneira e peneirados em malha de 0,5 cm x 0,5 cm.

O manejo de irrigação foi realizado conforme procedimento já adotado no viveiro, que consiste no acionamento do sistema por 25 minutos três vezes ao dia, sendo realizada por meio de microaspersores invertidos.

Para fins deste estudo utilizou-se o Setor A e Setor B de irrigação, com intensidade de aplicação de 9,6 mm/h e 16,6 mm/h, respectivamente. Para cada setor, foi realizado o teste de uniformidade de distribuição de água para determinação da vazão (L/h) e calculados o Coeficiente de Uniformidade (CUD) e Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC), conforme metodologia proposta por Frizzzone (2008) (Figura 1).



Figura 1. Teste de uniformidade de distribuição de água.

Tabela 1. Tratamentos compostos a partir de quatro substratos e dois setores de irrigação.

<i>Tratamento</i>	<i>Substrato</i>	<i>Setor de irrigação</i>
T1	S1	A
T2	S2	
T3	S3	

T4	S4	
T5	S1	
T6	S2	B
T7	S3	
T8	S4	

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial (4x2). O primeiro fator correspondeu as quatro formulações de substratos e o segundo aos dois setores de irrigação, totalizando oito tratamentos. Para cada tratamento havia cinco repetições e cada unidade amostral foi composta por seis plantas, totalizando 240 mudas.

Foram coletados dados de pluviosidade da região através do site do Instituto Nacional de Meteorologia (Instituto Nacional de Meteorologia [Inmet], 2019), provenientes da Estação Meteorológica Automática de Seropédica. Os dados de pluviosidade diários foram somados a cada sete dias para formar a pluviosidade semanal, além disso foi somada a quantidade de dias de chuva em cada semana (Fig. 1).

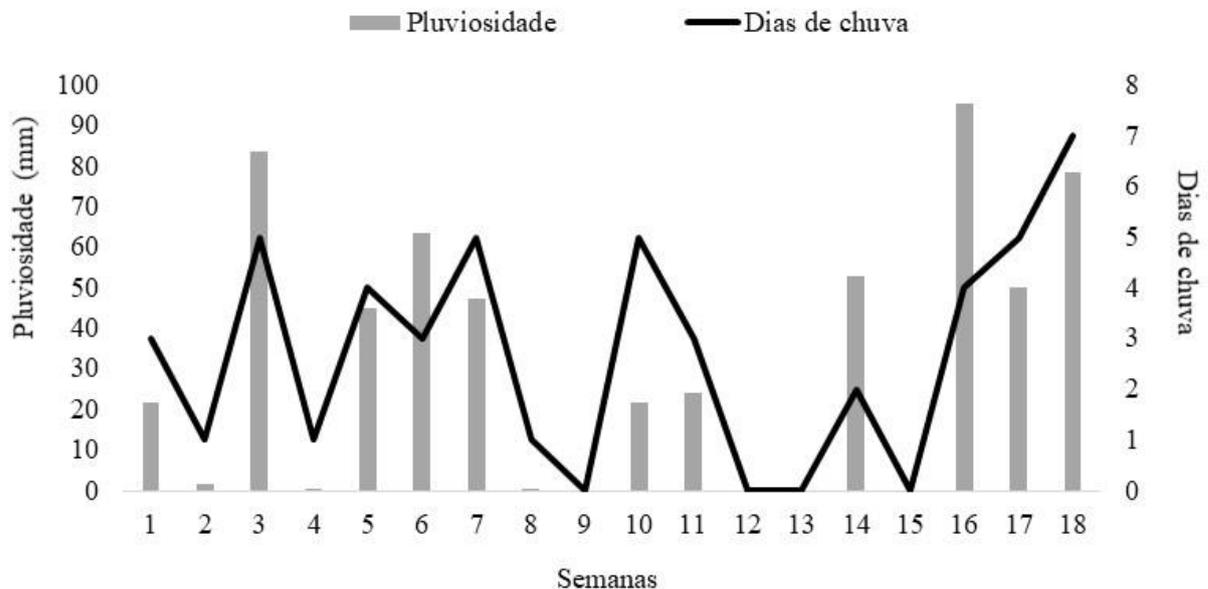


Figura 1. Pluviosidade (mm) e quantidade de dias de chuva ao longo das semanas em que foi conduzido o experimento, adaptado dos dados do Inmet (2019)

As análises de nutrientes e a análise física dos substratos foram realizadas no Laboratório Safrar – Análises Agrícolas, sendo quantificados os valores de pH e os teores de P, K, Ca, Mg e Al^{+3} , H+Al, M.O., C.O., B, Cu, Fe, Mn e Zn disponíveis, de acordo com os procedimentos descritos por Raij, Andrade, Cantarella e Quaggio (2001). Enquanto a caracterização física constituiu na obtenção da curva de retenção da água contida em cada substrato, obtidos por meio do método de evaporação simplificado. Assim obteve-se a porosidade total, espaço de aeração, disponibilidade de água e densidade, conforme metodologia proposta por Fermino (2003).

As sementes de *P. pluviosa* foram coletadas a partir de árvores em bom estado fitofisiológico, localizadas no campus da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica – RJ – Brasil. Aos 20 dias após germinação, as plântulas foram repicadas para tubetes de 280 cm³, alocados em bandejas de 54 células na qual 100% do espaço foi ocupado.

Quanto ao manejo de fertilização, cada muda recebeu cinco fertilizações de cobertura com 0,1g de sulfato de amônia e 0,015g de cloreto de potássio diluídos em 1 mL de água, aplicados na superfície do substrato com auxílio de uma seringa, conforme recomendado por Gonçalves (1995). As adubações foram realizadas aos 33, 47, 60, 74 e 88 dias após repicagem das mudas.

A avaliação morfológica das mudas ocorreu aos 105 dias após repicagem, com medição de diâmetro de colo (DC), com auxílio de paquímetro digital e altura da parte aérea (H), com uma régua graduada. Ao final do experimento, a parte aérea foi separada da raiz e esses materiais foram secos em estufa de circulação forçada a temperaturas entre 65°C e 70°C por 72 horas. Os dados de massa seca de parte aérea (MSA) e massa seca de raiz (MSR) foram obtidos através da pesagem em balança de precisão com duas casas decimais. A massa seca total (MST) foi obtida a partir do somatório de MSR e MSA.

A partir da mensuração dos dados acima foram calculados os parâmetros de qualidade: relação altura e diâmetro (HD); relação massa seca da parte aérea / massa seca de raiz (PAR) e o índice de qualidade de Dickson (IQD).

Os dados foram submetidos à análise de variância, após a qual a normalidade e a homogeneidade dos resíduos foram verificadas, respectivamente pelos testes de Shapiro-Wilk e de Bartlett. Posteriormente, os dados da avaliação das mudas foram submetidos ao teste de Tukey ($p < 0,05$) com o auxílio do programa livre de estatística R (R Core Team, 2020).

4- RESULTADOS E DISCUSSÃO

O Setor A e Setor B de irrigação apresentaram vazão média iguais a 0,03 L/h e 0,05 L/h, respectivamente. O Coeficiente de Uniformidade (CUD) e Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC), foi de 70 e 74 e de 81 e 88, para os setores A e B, respectivamente. Tais parâmetros são considerados bons para CUC e regulares para CUD quanto à uniformidade, apresentando coeficientes excelentes acima de 90%, bom de 80-90%, regular de 70-80%, ruim de 60-70% e inaceitável abaixo de 60% (BERNARDO *et al.*, 2006).

A densidade seca dos substratos situou-se entre 0,37 g/cm³ e 1,04 g/cm³, sendo o substrato S2 (lodo de esgoto + subsolo argiloso) aquele com maior valor (Tabela 2). Os valores de densidade seca recomendados por Kämpf (2005) variam de acordo com a altura dos recipientes, considerando os tubetes utilizados no presente estudo, com 19 cm de altura, valores entre 0,30 g/cm³ e 0,5 g/cm³ representariam substratos com densidade adequada. Nesse sentido, todos os substratos se encontram na faixa adequada, com exceção do S2, que apresentou valor bastante acima dos recomendados.

Tabela 2. Valores médios do pH e das características químicas e físicas dos substratos S1 (lodo de esgoto puro), S2 (lodo de esgoto + terra de subsolo), S3 (lodo de esgoto + moinha de carvão) e S4 (lodo + serragem).

Parâmetros	Substratos				
	S1	S2	S3	S4	
Químicos	pH (H ₂ O)	5,3	5,0	5,6	5,8
	P (mg/L)	141,1	55,3	112,8	78,6
	K (mg/L)	39	43	431	72
	Ca (mmol _c dm ³)	56	27	49	44
	Mg (mmol _c dm ³)	7	8	32	15

	Al (mmol _c dm ³)	2	2	1	0
	H+Al (mmol _c dm ³)	47	50	29	22
	M.O. (g/kg)	63	29	57	51
	C.O. (g/kg)	36,5	17,1	33,2	29,4
	B (mg/L)	1,86	1,06	2,66	0,89
	Cu (mg/L)	14,2	4,7	6,2	5,8
	Fe (mg/L)	65	38	29	23
	Mn (mg/L)	17,8	7,4	20,8	6,1
	Zn (mg/L)	10,8	5,0	7,1	5,1
	Densidade úmida (g/cm ³)	0,81	1,42	0,64	0,64
	Densidade seca (g/cm ³)	0,49	1,04	0,41	0,37
	Densidade de partícula (g/cm ³)	2,4	2,7	1,9	1,7
Físicos	Porosidade total (%)	79,21	68,27	65,54	81,61
	Macroporosidade (%)	10,37	16,45	9,36	11,47
	Microporosidade (%)	68,84	51,82	56,18	70,14
	CRA _{10 cm}	117,73	156,72	105,88	103,83

Substratos com densidades altas, como o S2, não são indicados para produção de mudas florestais em tubetes, podendo dificultar a drenagem da água de irrigação e limitar a quantidade de ar no substrato, causando asfixia radicular (ZAPATA; GUERRERO; POLO, 2005). Além disso, a alta densidade resulta em um substrato mais pesado, o que dificulta a manipulação das mudas no viveiro e no transporte até a área de plantio Cabreira *et al.* (2017). Como a produção em tubetes geralmente se dá em bandejas ou canteiros suspensos, é desejável que o substrato seja leve para facilitar o manuseio das mudas e não sobrecarregar a estrutura dos canteiros.

Apenas os substratos S1 e S4 apresentaram porosidade total entre 75% e 85%, considerada adequada para produção de mudas florestais de acordo com Gonçalves e Poggiani (1996). A porcentagem de macroporos se encontrou abaixo da recomendada pelos mesmos autores (35% até 45%) para todos os substratos e a de microporos (45% até 55%) acima. Nos trabalhos de Kratz *et al.* (2013) e Trigueiro e Guerrini (2014) à medida em que a proporção de lodo de esgoto em substratos aumentava, observou-se uma tendência de aumento da microporosidade e diminuição da macroporosidade, resultados similares aos observados no presente trabalho.

O substrato S1 (lodo de esgoto puro) foi o único que apresentou pH dentro da faixa ótima (5,2 – 5,5), o substrato S2 poderia ser classificado como levemente ácido (5,0 – 5,1) e os substratos S3 e S4 como levemente alcalinos (5,6 – 5,8), de acordo com as recomendações de Kämpf (2005). Para espécies florestais, Gonçalves e Poggiani (1996) recomendam valores entre 5,5 e 6,5, com base nela os substratos S3 (lodo de esgoto + moinha de carvão) e S4 (lodo de esgoto + serragem) seriam os mais adequados.

Em relação às características químicas, o substrato S1 apresentou valores maiores que os demais para P, Ca, Cu, Fe, Zn e MO, resultado semelhante ao observado por Abreu *et al.* (2017b) em substrato formado por 100% de lodo de esgoto, o que é justificado pelo fato deste material ser rico em matéria orgânica e nutrientes. O substrato S3 apresentou os maiores teores de K, Mg, B e Mn, semelhante ao observado por Souchie *et al.* (2011) em substrato com 50% de carvão moído para os nutrientes K, Mg e Mn.

Em geral, o lodo de esgoto apresenta teores baixos de K em sua composição, considerando que esse elemento é altamente solúvel e permanece diluído na água durante o tratamento do esgoto (BERTON; NOGUEIRA, 2010). A análise química do substrato S3 demonstra que a

moinha de carvão se mostrou um material adequado para a finalidade de adicionar K em substratos formulados com lodo de esgoto.

Em relação ao alumínio trocável (H+Al), apenas os substratos S1 e S2 apresentaram teores consideráveis. Porém, quando o pH do solo está entre 5,2 e 5,3 (Tabela 2) o alumínio trocável se encontra insolubilizado, ou seja, quase incapaz de causar danos às raízes (SOBRAL, *et al.*, 2015), não sendo esse parâmetro um fator de restrição para o desenvolvimento das mudas em nenhum dos substratos.

Considerando os parâmetros avaliados, os substratos S1 e S4, apresentaram as melhores características físicas, considerando que seus valores de densidade e porosidade estavam dentro dos recomendados pela literatura. Para as características químicas, os dois melhores substratos foram o S1 e S3, os quais apresentaram maiores teores de nutrientes e de matéria orgânica, sendo que o S1 continha principalmente mais P e micronutrientes, enquanto o S3 continha mais K e Mg.

A análise de variância demonstrou que para todas as variáveis avaliadas não houve interação significativa entre os fatores substrato e irrigação. Para os efeitos isolados, não foram observadas diferenças entre os tratamentos para as variáveis altura, relação altura e diâmetro (HD) e relação parte aérea e raiz (PAR) entre substratos, nem para altura e HD entre os setores de irrigação (Tabela 3). Para as demais variáveis foram verificadas diferenças entre tratamentos de ambos os fatores.

Tabela 3. Médias de altura, diâmetro, massa seca da parte aérea (MAS), radicular (MRS) e total (MTS), relação altura e diâmetro (HD), parte aérea e raiz (PAR) e índice de qualidade de Dickson (IQD) das mudas de *Poincianella pluviosa* aos 105 dias após repicagem em diferentes substratos e lâminas de irrigação.

	Substratos				Irrigação	
	S1	S2	S3	S4	A	B
Altura (cm)	26.26 ns	24.82 ns	28.42 ns	29.11 ns	25.91 ns	28.40 ns
Diâmetro (mm)	3.38 b	3.54 ab	3.90 a	3.88 a	3.42 b	3.93 a
MAS (g)	2.40 b	2.53 b	3.39 ab	3.66 a	2.64 b	3.35 a
MRS (g)	0.66 c	0.86 bc	1.21 a	1.07 ab	0.76 b	1.14 a
MTS (g)	3.07 b	3.39 ab	4.60 a	4.73 a	3.40 b	4.49 a
HD	5.99 ns	5.65 ns	5.66 ns	5.58 ns	5.60 ns	5.83 ns
PAR	3.36 ns	3.00 ns	3.08 ns	3.49 ns	3.48 a	2.98 b
IQD	0.32 c	0.40 bc	0.57 a	0.53 ab	0.38 b	0.53 a

Letras iguais na mesma linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Para substratos S1 (lodo de esgoto puro), S2 (lodo + subsolo), S3 (lodo + moinha de carvão); S4 (lodo + serragem); e para irrigação A equivale a lâmina de 0,03 l/h e B a lâmina de 0,05 l/h.

Para altura da parte aérea, as mudas de *P. pluviosa* apresentaram valores médios entre 24,82 cm e 29,11 cm para substratos e 25,91 cm e 28,40 cm para irrigação (Tabela 3). Além de não apresentar diferenças pela estatística, todos os tratamentos se adequaram ao intervalo recomendado por Gonçalves *et al.* (2014), entre 20 e 35 cm, para mudas de espécies florestais de boa qualidade. Quando atingem 25 cm a 30 cm de altura, Moraes *et al.* (2013) mencionam

que mudas de espécies nativas da Mata Atlântica estão prontas para plantio de restauração florestal. Portanto, considerando esse parâmetro, todos os tratamentos produziram mudas de qualidade adequada e prontas para o plantio.

Verificou-se valores médios de diâmetro do colo superiores nos substratos S3 e S4 em relação ao substrato S1. Para o substrato S2 não se observou diferença em relação aos demais tratamentos (Tabela 3). Os substratos S3 e S4 apresentaram os maiores teores de potássio, nutriente escasso no lodo de esgoto, mas presente na serragem e principalmente na moinha de carvão.

Esta característica pode ter contribuído para o maior crescimento em diâmetro nesses substratos, visto que o teor de potássio pode influenciar o crescimento dessa variável (GOMES; PAIVA, 2006), conforme observado para *Plathymenia foliosa* por Duarte *et al.* (2015). Para espécies nativas, Gonçalves *et al.* (2000) sugerem que mudas de qualidade devem apresentar diâmetro entre 5 mm e 10 mm. Dessa forma, ao contrário do que foi observado para altura, nenhum dos tratamentos avaliados teria proporcionado mudas com qualidade adequada, seja para substrato ou para irrigação.

O mesmo padrão observado para diâmetro ocorreu para a variável massa seca total (MTS), onde os substratos S3 e S4 foram superiores ao S1, não havendo diferença entre o S2 e os demais tratamentos (Tabela 3). Quanto a massa seca da parte aérea (MAS), o substrato S4 obteve média superior aos S1 e S2, enquanto o S3 não diferiu dos demais substratos.

A massa seca de raiz (MRS) foi maior no substrato S3 em relação aos S1 e S2 e semelhante ao substrato S4, que por sua vez apresentou média superior ao S1 e semelhante ao S2. De modo geral, a maior produção de biomassa foi observada nas mudas dos substratos S3 e S4. Segundo Gomes e Paiva (2006), a MAS é um indicador da rusticidade das mudas, enquanto a MRS é um dos melhores e mais importantes parâmetros para estimar a sobrevivência e crescimento inicial das mudas após o plantio, dessa forma, as mudas dos substratos S3 e S4 seriam as mais rústicas e adequadas para plantio aos 105 dias após repicagem.

Quanto à irrigação, constata-se que o crescimento em diâmetro foi maior no setor B, onde a lâmina de irrigação era maior (Tabela 3). O que também foi observado para as variáveis de biomassa (MAS, MRS e MST). Considerando que a deficiência hídrica provoca estresse nas plantas, diminui a absorção de nutrientes e por consequência o crescimento e acúmulo de biomassa (MORAIS *et al.*, 2012) é possível afirmar que a quantidade de água ministrada no setor A foi restritiva para o crescimento das mudas.

O maior crescimento em diâmetro e acúmulo de biomassa em lâminas de irrigação maiores é um padrão observado por outros autores para mudas de espécies leguminosas arbóreas, como Sabonaro e Galbati (2011) para *Schizolobium parahyba* e Silva *et al.* (2017) para *Anadenanthera colubrina*, bem como para outras espécies florestais (SCALON *et al.*, 2011; SILVA *et al.*, 2019). No entanto, conforme recomendado por Moraes *et al.* (2012) e Gomes e Paiva (2006) a água deve ser usada de forma racional visando a economia desse recurso por vezes escasso, bem como evitar a lixiviação de nutrientes do substrato com o excesso de água da irrigação.

Dentre os parâmetros de qualidade das mudas de *P. pluviosa* apenas o índice de qualidade de Dickson (IQD) apresentou médias diferentes entre os substratos avaliados (Tabela 3). O substrato S3 apresentou IQD maior que S1 e S2, enquanto para o S4 o IQD foi maior que o de S1 e similar ao de S2 e S3. Quanto aos setores de irrigação, maior média de IQD foi observada para a maior lâmina d'água e o inverso foi observado para a PAR. A relação HD foi semelhante em todos os tratamentos avaliados, tanto para substrato como para irrigação, com valores médios entre 5,5 e 6,0. Segundo Araújo *et al.* (2018), valores de HD entre 2 e 8 podem ser considerados adequados para mudas de espécies nativas. Dessa forma, tendo HD como parâmetro, todos os tratamentos avaliados no presente estudo produziram mudas de qualidade adequada.

A PAR está relacionada com o balanço hídrico das mudas, valores altos podem indicar mudas mais suscetíveis a estresse hídrico, considerando a desigualdade de proporção entre a sua superfície de transpiração (aérea) e seu potencial de absorver água (raiz) (Grossnickle, 2012; Araújo *et al.*, 2018) mencionam que os valores de PAR para espécies nativas devem variar de 1 a 3, o que no presente estudo ocorreu apenas para o substrato S2 e o setor B de irrigação. Os demais tratamentos apresentaram valores um pouco maiores que 3, entre 3,08 e 3,48, sendo próximos do adequado.

Em relação ao IQD, Gomes e Paiva (2006) mencionam que quanto maior o seu valor, maior a qualidade das mudas produzidas, sendo que a partir de valores de 0,20, mudas de algumas espécies utilizadas na silvicultura comercial podem ser consideradas de qualidade adequada. Tendo como referência o valor de 0,20 todos os tratamentos avaliados no presente estudo produziram mudas adequadas para plantio. No entanto, esse parâmetro deve ser utilizado com cuidado já que os dados existentes são insuficientes e não existem valores de referência para espécies nativas da Mata Atlântica (ALONSO *et al.*, 2018).

Conforme mencionam Gomes e Paiva (2006), Araujo *et al.* (2018), Alonso *et al.* (2018), dentre outros autores, nenhum parâmetro deve ser avaliado isoladamente como indicativo de qualidade de mudas florestais. Considerando em conjunto os parâmetros avaliados neste estudo, todos os tratamentos apresentaram valores médios de altura, HD e IQD dentro dos adequados para mudas florestais. Apesar disto, como maior crescimento e qualidade foram observados nos substratos S3 e S4 e no setor B de irrigação, esses seriam os tratamentos mais indicados para a produção de mudas de *P. pluviosa*.

Em outro estudo com produção de mudas da espécie *P. pluviosa*, Pinto *et al.*, (2017) testaram diferentes recipientes, observando melhores resultados para o tubete de 288 cm³ (o mesmo utilizado no presente estudo), com médias de 15,91 cm para altura, 3,67 mm para diâmetro, 4,36 para HD, 1,82g para MAS e 0,99g para MRS aos 120 dias após semeadura. Os valores observados nos melhores tratamentos do presente estudo (substratos S3 e S4 e setor B de irrigação) foram superiores aos de Pinto *et al.* (2017), com exceção do diâmetro no setor B, demonstrando a qualidade das mudas produzidas. Por outro lado, os resultados do presente estudo foram inferiores aos observados por Oliveira *et al.* (2017) para mudas de *P. pluviosa* em diferentes substratos, aos 120 dias após o transplante.

Os autores supracitados observaram melhores resultados para substrato contendo 75% de solo, 15% de areia e 10% de composto orgânico, com médias de 90,80 cm para altura, 11,72 mm de diâmetro e 18,57g de MRS, 24,21g de MAS, 42,78g de MST e 3,91 de IQD. Uma das justificativas para as diferenças observadas são os recipientes utilizados em cada estudo, já que Oliveira *et al.* (2017) utilizaram vasos plásticos com volume de 3 litros e o presente estudo tubetes de 288 cm³.

Conforme observado por Leles *et al.* (2006), mudas florestais com tempo de produção similares tendem a apresentar maiores parâmetros morfológicos em recipientes maiores, tendo em vista a menor restrição radicular, o maior espaço e quantidade de substrato disponível para captação de água e nutrientes.

Observou-se que o substrato S1, com 100% de lodo de esgoto, embora tenha apresentado teores de nutrientes superiores aos demais substratos e propriedades físicas adequadas, demonstrou menor crescimento em diâmetro e biomassa, além de mudas de *P. pluviosa* com qualidade inferior às produzidas nos substratos S3 e S3. Produzindo mudas da mesma espécie que o presente trabalho, Oliveira *et al.* (2017) observaram os melhores resultados de crescimento e qualidade para os substratos formulados com a combinação de diferentes materiais (proporções variáveis de solo, composto orgânico e areia).

Os autores referidos verificaram ainda que as mudas produzidas em substratos com 100% de composto orgânico apresentaram resultados dentre os piores. Os resultados de Oliveira *et al.* (2017) possuem certa similaridade com os do presente estudo, sugerindo que para a produção

de mudas de *P. pluviosa* não é recomendado utilizar apenas composto orgânico como substrato, mas sim a mistura deste com outros materiais.

Estudando substratos com diferentes proporções de lodo de esgoto para a produção de mudas de *Schinus terebinthifolia* e *Handroanthus heptaphyllus*, Abreu *et al.* (2017a) observaram maior crescimento de *S. terebinthifolia* em substratos com mais de 50% de lodo, enquanto para *H. heptaphyllus* o maior crescimento foi observado em substrato com 50% de lodo. Os autores atribuem essas diferenças às características fisiológicas e, por consequência, ao grupo ecológico das espécies.

O substrato com 100% de lodo apresentava maior capacidade de retenção de água e nutrientes, característica que foi bem aproveitada pela espécie rústica e de rápido crescimento *S. terebinthifolia*. Enquanto *H. heptaphyllus*, espécie secundária que não demanda altas concentrações de nutrientes e é adaptada a solos secos e bem drenados, não se beneficiou dessas características. Acredita-se que efeito semelhante possa ter ocorrido no presente estudo, tendo em vista que a *P. pluviosa* também é uma espécie secundária, de crescimento moderado a lento, adaptada a solos bem drenados e de baixa a média fertilidade (CARVALHO, 2008). Tais resultados sugerem que, para espécies secundárias, não seja recomendado utilizar substratos com proporções maiores que 50% de lodo de esgoto.

A resposta observada para *P. pluviosa* foi semelhante a outros trabalhos que utilizaram lodo de esgoto como componente de substrato para produção de mudas de diferentes espécies de leguminosas arbóreas, como Cabreira *et al.* (2017) e Silva *et al.* (2020) para *Peltophorum dubium*, Cabreira *et al.* (2012) para *Ateleia glazioveana* e Faria *et al.* (2013) para *Mimosa setosa*. Em geral, os autores relatam que o acréscimo desse material em substratos favorece o crescimento e a qualidade das mudas tendo em vista seus altos valores de nutrientes e matéria orgânica.

No entanto, Kratz *et al.*, (2017); Nogueira, Wendling e Souza (2015), trabalhando com produção de mudas de *Mimosa scabrella*, observaram que substratos com proporções acima de 10% de lodo não proporcionaram mudas aptas para plantio em campo. Resultado semelhante ao de Siqueira *et al.* (2019) que não recomendaram proporções maiores que 20% de lodo em substratos para produção de mudas de *Plathymenia reticulata*.

Conforme verificado por Abreu *et al.* (2017b), lodos de diferentes ETEs, com diferentes bacias de esgotamento, sistemas de tratamento, dentre outros fatores, podem apresentar características químicas e físicas diferentes, sendo mais ou menos adequados para aplicação na produção de mudas. A viabilidade de utilização do lodo de esgoto e a sua proporção na composição de substratos deve ser avaliada de acordo com as características das espécies que se deseja produzir e de cada lote deste material (Alonso *et al.*, 2018).

5- CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para trabalhos futuros, sugere-se, que a utilização de um substrato comercial amplamente utilizado para servir como testemunha experimental. Outro ponto que pode ser abordado em trabalhos futuros é a avaliação do crescimento das plantas produzidas nos diferentes substratos e lâminas de irrigação após o seu plantio em campo.

6- CONCLUSÃO

Os substratos S1 (lodo de esgoto puro) e S4 (lodo de esgoto + serragem), apresentaram características físicas adequadas para produção de mudas florestais. Quanto às características químicas, os substratos S1 e S3 (lodo de esgoto + moinha de carvão) obtiveram maiores resultados.

Os substratos S3 e S4 resultaram em mudas de melhor qualidade, com maior diâmetro e biomassa, sendo os mais indicados para produção de mudas da espécie *Poincianella pluviosa* (DC.) L.P. Queiroz. Quanto à irrigação, os maiores resultados foram observados para as mudas produzidas sob a maior lâmina d'água (setor B).

7- REPEFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, A. H. M. et al. Caracterização e potencial de substratos formulados com biossólido na produção de mudas de *Schinus terebinthifolius* e *Handroanthus heptaphyllus* (Vell.) Mattos. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.27, n.4, p. 1179-1190, 2017a. DOI: 10.5902/1980509830300. Disponível em <https://periodicos.ufsm.br/cienciaflorestal/article/view/30300/16790>. <Acesso em: 29 ago. 2022>.

ABREU, A. H. M. et al. Urban solid waste in the production of *Lafoensia pacari* seedlings. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.21, n.2, p. 83-87, 2017b. DOI: 10.1590/1807-1929/agriambi.v21n2p83-87. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/btJ8zVDm7kjCyGy7Rd4VfLJ/?format=pdf&lang=en>. <Acesso em: 29 ago. 2022>.

ALMEIDA, C. M. **Polímeros hidrorretentores na produção e no plantio de mudas de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong e *Paubrasilia echinata* Lam.** 2021. 48 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, Rio de Janeiro. Disponível em: <https://tede.ufrj.br/jspui/bitstream/jspui/5626/2/2021%20-%20Caroline%20de%20Melo%20Almeida.pdf>. <Acesso em 27 ago. 2022>.

ALONSO, J. M. et al. **Biosolids as substrate for the production of *Ceiba speciosa* seedlings.** *Cerne*, v.24, n.4, p. 420–429, 2018. DOI: 10.1590/01047760201824042568

ARAÚJO, M. M. et al. **Caracterização e análise de atributos morfológicos e fisiológicos indicadores da qualidade de mudas em viveiro florestal.** In ARAÚJO, M.M.; NAYROSKI, M.C.; SCHORN, L.A. (eds). **Produção de Sementes e mudas, um enfoque à agricultura.** Santa Maria: Editora Brasil UFSM, 2018, p. 345-366.

BERNARDO, S; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação.** Viçosa: UFV, 2006. 625 p.

BERTON, R. S.; NOGUEIRA T. A. R. Uso de lodo de esgoto na agricultura. In COSCIONE, A.R.; NOGUEIRA, T.A.R.; PIRES, A.M.M. **Uso agrícola de lodo de esgoto: avaliação após**

a **resolução nº375 do CONAMA**. Botucatu, Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais, p. 31-50, 2010.

CABREIRA, G. V. et al. Biossólido como componente de substrato para produção de mudas florestais. **Revista Floresta**, v.47, n.2, p. 165–176, 2017. DOI: 10.5380/rf.v47i2.44291. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/floresta/article/view/44291/32802>.< Acesso em: 29 ago. 2022>.

CALDEIRA, M. V. W. et al. Composto orgânico na produção de mudas de Aroeira vermelha. **Scientia Agraria**, v.9, n.1, p.27-33, 2008. doi: 10.5380/rsa.v9i1.9898. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/agraria/article/view/9898/8632>.< Acesso em: 29 ago. 2022>.

CALDEIRA, M. V. W. et al. Diferentes proporções de biossólido na composição de substratos para produção de mudas de timbó (*Ateleia glazioviana* Baill). **Scientia forestalis**, Piracicaba, v.40, n.93, p.015-022, 2012. Disponível em: <https://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr93/cap02.pdf>.< Acesso em: 27 ago. 2022>.

CARVALHO, D. F. et al. Avaliação da evapotranspiração de referência na região de Seropédica-RJ, utilizando lisímetro de pesagem. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.14, n.2, p. 108-116, 2006. Disponível em: <http://www.sbagro.org/files/biblioteca/3957.pdf>.<Acesso em: 29 ago. 2022>.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras: Sibipiruna - *Caesalpinia pluviosa* var. *peltophoroides***. Vol. 3. Embrapa. Disponível em: <https://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/busca?b=ad&id=1136659&biblioteca=vazio&busca=1136659&qFacets=1136659&sort=&paginacao=t&paginaAtual=1>.< Acesso em: 27 ago. 2022>.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies Arbóreas Brasileiras Volume 3 (1ª ed.)** Brasília, DF, Brasil: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), 2008.

COUTINHO, P. R. O. S. et al. Restauração passiva em pastagens abandonadas a partir de núcleos de vegetação na Mata Atlântica, Brasil. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.29, n.3, p.1307-1323, 2019. doi: 10.5902/1980509827844. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cflo/a/vvSQKjBZPGLCs7K7hdqCSBy/?format=pdf&lang=pt>.<Acesso em: 20 ago. 2022>.

CUNHA, A. M. et al. Efeito de diferentes substratos sobre o desenvolvimento de mudas de *Acacia* sp. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.31, n. 14, p. 745-751, 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rarv/a/3BHgGsnngvc3BtY9TC9sCFkg/?format=pdf&lang=pt>.< Acesso em 29 ago, 2022>.

DUARTE, M. L. et al. Crescimento e qualidade de mudas de vinhático (*Platymenia foliolosa* Benth.) em resposta à adubação com potássio e enxofre. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.25, n.1, p.221–229, 2015. doi:10.5902/1980509817480. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cflo/a/tgB5M4zsZRCw4Z9KcPZBMss/?format=pdf&lang=pt>. <Acesso em: 29 ago. 2022>.

DUTRA, A. F. **Produção de mudas de Parapiptadenia rígida (Benth.) Brenan e Luehea divaricata Mart. Et Zucc. em diferentes substratos e lâminas de irrigação**. 2012. 115 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, RS. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/8706/DUTRA%2c%20ADRIANA%20FALCAO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. < Acesso em: 27 ago. 2022>.

FARIA, J. C. T. et al. **Uso de resíduos orgânicos no crescimento de mudas de *Mimosa setosa***. Pesquisa Florestal Brasileira, Colombo, v.33, n.76, p.409–418, 2013. doi: 10.4336/2013.pfb.33.76.50. Disponível em: <https://pfb.cnpf.embrapa.br/pfb/index.php/pfb/article/view/501/340>. < Acesso em: 26 ago. 2022>.

FEDRIZZI, G. **Restauração Florestal: Sistema de Produção de Mudas e Técnicas de Monitoramento**. 2020. 37 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Agrônomo) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre.

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

FRIZZONE, J. A. **Uniformidade e Eficiência**. ESALQ/USP, Piracicaba (SP), Brasil, 2008. Disponível em: http://www.leb.esalq.usp.br/leb/disciplinas/Frizzone/LEB_1571/

GOMES, J. M.; PAIVA, H. N. (org.). **Viveiros florestais (propagação sexuada)**. 1. Ed. Viçosa: Editora UFV, 2006. 116p.

GONÇALVES, J. L. M. Recomendações de adubação para eucalyptus, pinus e espécies típicas da mata atlântica. **Documentos Florestais**, Piracicaba, 1995.

GONÇALVES, J. L. M. et al. (2000). **Produção de mudas de espécies nativas: substrato, nutrição, sombreamento e fertilização**. In GONÇALVES, J.L.M.; BENEDETTI, V. (eds.). Nutrição e fertilização florestal. Piracicaba: IPEF, 2000. P.309-350.

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

GONÇALVES, O. E. et al. **Crescimento de mudas de *Ateleia glazioviana* em substratos contendo diferentes materiais orgânicos**. Floresta e Ambiente, v.21, n.3, p.339-348, 2014. doi: 10.1590/2179-8087.02921.

GROSSNICKLE, S. C. **Why seedlings survive: influence of plants attributes**. New Forests, v.43, n.1, p.711-738, 2012. doi: 10.1007/s11056-012-9336-6

INEA - Instituto Estadual do Ambiente. **Observatório Florestal Fluminense**. Rio de Janeiro, Brasil: INEA, 2019. Disponível em: <https://www.restauracaoflorestalrj.org/observatorio>.

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. **Dados Meteorológicos**, 2019. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/>

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. Secretaria de Assuntos Estratégicos da Presidência da República. **Relatório de Pesquisa. Diagnóstico da Produção de Mudas Florestais Nativas no Brasil**. Brasília, 2015.

JOHNSON, J. D.; CLINE, M. L. **Seedling Quality of Southern Pines**. In: Duryea, M.L.; Dougherty, P.M. (eds). Forest Regeneration Manual. Forestry Sciences, v.36. cap. 8, Springer, Dordrecht. 1991.

JOSÉ, A. C.; DAVIDE, A. C.; OLIVEIRA, S. L. Produção de mudas de aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi.) para recuperação de áreas degradadas pela mineração de bauxita. **Revista Cerne**, v.11, n.2, p.187-196, 2005.

KÄMPF, A. N. (org.). **Produção comercial de plantas ornamentais**. 2. ed. Guaíba: Editora Rígel, 2005. 254p. <Acesso em: 29 ago, 2022>.

KRATZ, D. et al. Propriedades físicas e químicas de substratos renováveis. **Revista Árvore**, v.37, n.6, p.1103-1113, 2013. doi: 10.5380/rf.v45i2.31249

KRATZ, D. et al. Substratos renováveis para produção de mudas de *Mimosa scabrella*. **Revista Floresta**, v.45, n.2, p.393-408, 2015. doi:10.5380/rf.v45i2.31249.

KRATZ, D. et al. Physicochemical properties and substrate formulation for *Eucalyptus* seedlings production. **Scientia Forestalis**, v.45, n.113, p.63-76, 2017. doi: 10.18671/scifor.v45n113.06.

LANZETI, N. G. A. A. et al. Lodo de esgoto compostado e diferentes lâminas de irrigações no desenvolvimento de *Acacia polyphylla*. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v.9, n.2, p.201-211, 2021. Disponível em: <https://sistemas.uft.edu.br/periodicos/index.php/JBB/article/view/10789/18745>. <Acesso em: 27 ago. 2022>.

LELES, P. S. S. et al. **Qualidade de mudas de quatro espécies florestais produzidas em diferentes tubetes**. Floresta e Ambiente, v.13, n.1, p.69–78, 2006.

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa, SP: Editora Plantarum, 1992.

MALDONADO, C. A. B. **Biossólido na implantação da cultura da pupunheira: efeitos na precocidade, na produção e nos teores de nutrientes e metais pesados no palmito**. 2005. 89 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia da Produção Agrícola) – Instituto Agrônomo de Campinas, Campinas.

MORAES, L. F. D. et al. **Manual técnico para a restauração de áreas degradadas no Estado do Rio de Janeiro**. 1. ed. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2013. 84p.

MORAIS, W.W.C, et al. **Influência da irrigação no crescimento de mudas de *Schinus terebinthifolius***. Pesquisa Florestal Brasileira, Paraná, v 32, n. 69, p. 23-28, jan./mar. 2012. DOI 10.4336/2012.pfb.32.69.23. Disponível em: <https://pfb.cnpf.embrapa.br/pfb/index.php/pfb/article/view/313/243>. <Acesso em: 29 ago, 2022>.

OLIVEIRA, D. M. et al. Production and quality of *Caesalpinia pluviosa* seedling in different substrate. **Revista Científica**, Jaboticabal, v.45, n.1, p.1-8, 2017. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Gc-Monteiro/publication/313546205_Production_and_quality_of_Caesalpinia_pluviosa_seedlings_in_different_substrates/links/59baf157aca272aff2d0234d/Production-and-quality-of-Caesalpinia-pluviosa-seedlings-in-different-substrates.pdf. <Acesso em: 27 ago. 2022>.

OLIVO, A. M.; ISHIKI, H. M. **Brasil frente à escassez de água**. Colloquium Humanarum, Presidente Prudente, v. 11, n. 3, p.41-48, set/dez 2014. Disponível em: <https://revistas.unoeste.br/index.php/ch/article/view/1206/1279>.< Acesso em: 27 ago. 2022>.

PEDROZA, M. M. et al. Produção e tratamento de lodo de esgoto – uma revisão. **Revista Liberato**, Novo Hamburgo, v.11, n.16, p.89-188, 2010. Disponível em: <http://www.revista.liberato.com.br/index.php/revista/article/view/160/150>. <Acesso em: 27 ago. 2022>.

PINTO, L. et al. **Qualidade de mudas de *Caesalpinia peltophoroides* Benth. Produzidas em diferentes recipientes**. Enciclopédia Biosfera, v.14, n.25, p.1095–1104, 2017. doi: 10.18677/EnciBio_2017A88.

RAIJ, B. *et al.* **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Editora IAC, 2001.

R Core Team. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2020. <https://www.R-project.org/>

REIS, J. F. **Biossólidos e polímero hidroretentor na produção de orelha-de-negro em tubetes**. 2018. 45f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal) – Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Seropédica-RJ.

RIBEIRO, J. G. **Proporções de biossólido na composição de substratos para produção de mudas para arborização urbana**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal) – Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Seropédica-RJ. 25f. 2017

RIBEIRO, M. C. et al. **The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation**. Biological Conservation, v.142, n.6, p.1141–1153, 2009. doi: 10.1016/j.biocon.2009.02.021.

SABONARO, D. Z.; GALBIATTI, J. A. **Seedling growth of *Schizolobium parahyba* on different substrates and irrigation levels**. Rodriguésia, v.62, n.3, p.467–475, 2011. doi: 10.1590/2175-7860201162303.

SANTOS, F.E.V. et al. Características químicas de substratos formulados com lodo de esgoto para a produção de mudas florestais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.18, n.9, p.971-979, 2014.

SCALON, S. P. Q. et al. Estresse hídrico no metabolismo e crescimento inicial de mudas de mutambo (*Guazuma ulmifolia* Lam.). **Ciência Florestal**, v.21, n.4, p. 655-662, 2011. doi: 10.5902/198050984510.

SILVA, J. G. et al. Influência da lâmina de água e consumo hídrico de cinco essências florestais. **Brazilian Journal of Irrigation and Drainage**, v.24, n.2, p.303-319, 2019. doi: 10.15809/irriga.2019v24n2p303-319.

SILVA, L. O. C. et al. **Sewage sludge compost associated to frequency of irrigation for *Peltophorum dubium* (Sprengel) Taubert seedlings production.** *Floresta*, v.50, n.2, p.1389-1398, 2020. doi: 10.5380/ufv.v50i2.64158

SILVA, R.B.G. **Ângulo foliar e lâmina de irrigação afetam a qualidade das mudas florestais.** (Doutorado em Ciência Florestal) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu-SP. 2017. 114 p. Disponível em: https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/150777/silva_rbg_dr_bot.pdf?sequence=3&isAllowed=y. <Acesso em: 29 ago, 2022>.

SIQUEIRA, D. P. **Lodo de esgoto tratado na composição de substrato para produção de mudas de vinhático.** Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campo dos Goytacazes – RJ. 2017. 86f. Disponível em: <https://uenf.br/posgraduacao/producao-vegetal/wp-content/uploads/sites/10/2017/05/Disserta%C3%A7%C3%A3o-FINAL.pdf>.<Acesso em: 27 ago. 2022>.

SIQUEIRA, D.P. et al. Lodo de esgoto tratado na composição de substrato para produção de mudas de *Plathymania reticulada* Benth. **Ciência Florestal**. Santa Maria, v. 29, n. 2, p. 728-739, abr./jun. 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cflo/a/RpPPXCRVHpDSVNCYp8H9T8p/?format=pdf&lang=pt>.

SIQUEIRA, D. P et al. Sewage sludge treated in the substrate composition for *Plathymania reticulata* Benth seedling production. **Ciência Florestal**. v.29, n.2, p.728–739, 2019. doi:10.5902/1980509827297.

SOBRAL, L. F. et al. (org.). **Guia prático para interpretação de resultados de análises de solo**. 1. ed. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2015. 15p.

SOS MATA ATLÂNTICA; INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. (2019). **Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica. Relatório Técnico: Período 2017-2018.**

2019. Disponível em: https://www.sosma.org.br/wpcontent/uploads/2019/05/Atlas-mata-atlantica_17-18.pdf

SOUCHIE, F. F. et al. Carvão pirogênico como condicionante para substrato de mudas de *Tachigali vulgaris* L. G. Silva & H. C. Lima. **Ciência Florestal**. v.21, n.4, p.811-821, 2011. doi: 10.5902/198050984526

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 848 p.

TRIGUEIRO, R. M.; GUERRINI, I. A. Utilização de lodo de esgoto na produção de mudas de aroeira-pimenteira. **Revista Árvore** v.38, n.4, p.657-665, 2014. doi: 10.1590/S0100-67622014000400009

VEGA, F.V.A. et al. **Aplicação de biossólido na cultura da pupunheira**. Horticultura Brasileira, v.22, n.1, p.131-135, 2004.

WENDLING, I.; GATTO, A. **Substratos, adubação e irrigação na produção de mudas**. 2. ed. Viçosa: Editora Aprenda Fácil, 2012. 147 p.

ZAPATA, N.; GUERRERO, F.; POLO, A. **Evaluación de corteza de pino y residuos urbanos como componentes de substratos de cultivo**. Agricultura Técnica, v.65, n.4, p.378-387, 2005. doi: 10.4067/S0365-28072005000400004