

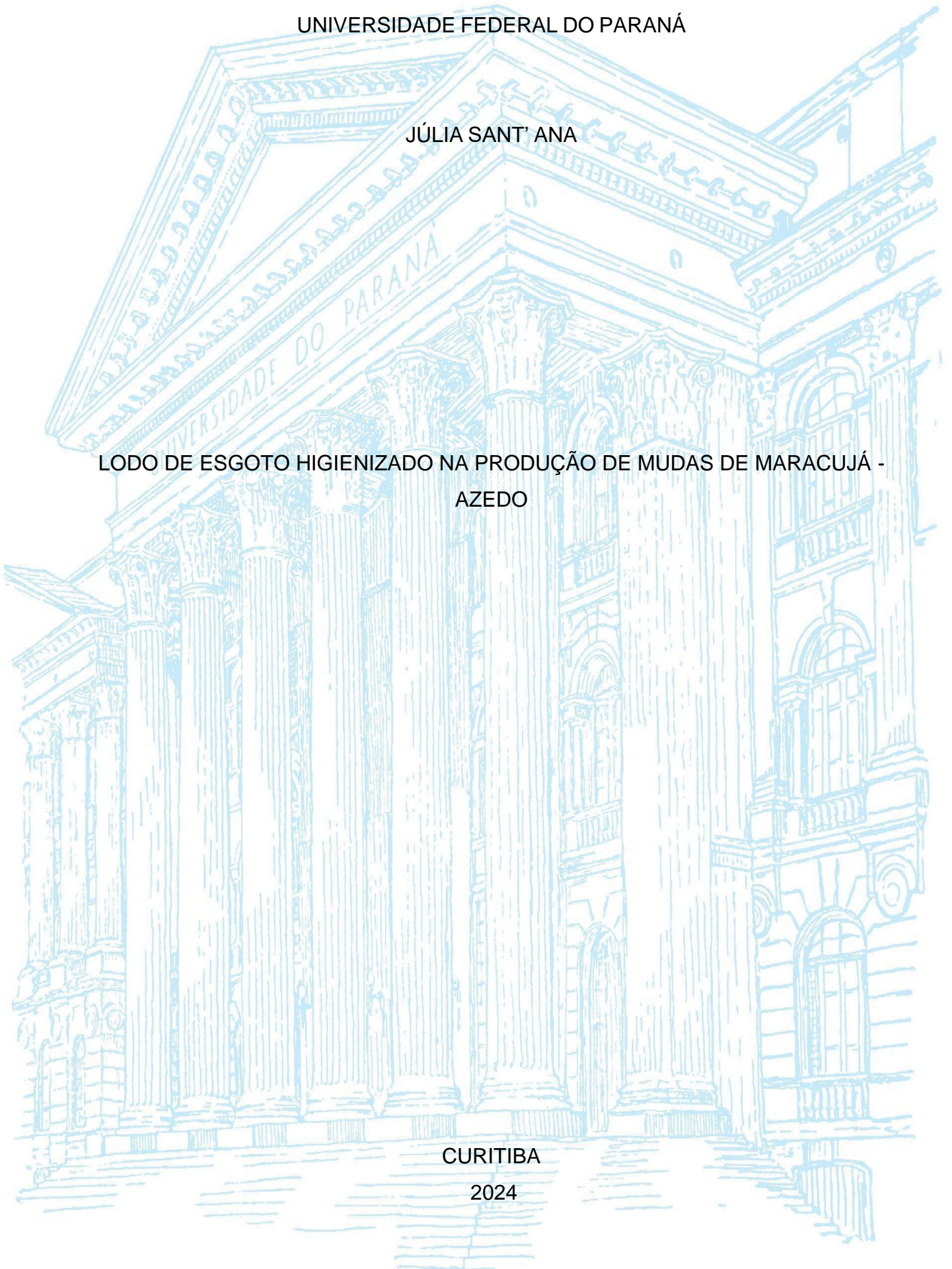
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

JÚLIA SANT'ANA

LODO DE ESGOTO HIGIENIZADO NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE MARACUJÁ -  
AZEDO

CURITIBA

2024



JÚLIA SANT' ANA

LODO DE ESGOTO HIGIENIZADO NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE MARACUJÁ -  
AZEDO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Agronomia, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Antonio Biasi

CURITIBA

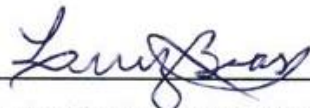
2024

**TERMO DE APROVAÇÃO**

**JÚLIA SANT' ANA**

**LODO DE ESGOTO HIGIENIZADO NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE MARACUJÁ -  
AZEDO**

Trabalho apresentado como requisito parcial à obtenção do grau de Engenheira Agrônoma no Curso de Graduação em Agronomia, pela seguinte banca examinadora:



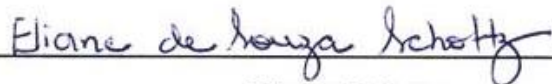
---

Orientador Professor Luiz Antonio Biasi  
Departamento de Fitotecnia e Fitossanidade  
Setor de Ciências Agrárias



---

Professora Alessandra Ferreira Ribas  
Departamento Fitotecnia e Fitossanidade  
Setor de Ciências Agrárias



---

Eliane Schottz  
Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Produção Vegetal  
Setor de Ciências Agrárias

Curitiba, 18 de dezembro de 2024

Aos meus pais e às famílias às quais tive o privilégio de escolher e pertencer.

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus pais, meus alicerces e exemplos de perseverança. Este trabalho é também um reflexo dos esforços e dos sacrifícios que vocês fizeram para que eu pudesse realizar o sonho de uma graduação em uma Universidade Federal.

A minha mãe por ser meu porto seguro, meu primeiro amor, minha primeira professora e a maior referência de esforço, independência e inteligência. Sem você nada disso se realizaria.

Ao meu pai, por ser a primeira pessoa a me apoiar na escolha deste curso.

Ao meu irmão pelo incentivo ao estudo em todas as oportunidades que nos vemos.

Ao meu avô, que mesmo inconsciente plantou a semente do amor pela agronomia.

A minha família de “Coração” e a minha madrinha que sempre estiveram presentes durante a minha infância e graduação.

Ao meu namorado, pelo apoio, amor, incentivo, paciência e pelas horas de estudo na biblioteca.

Aos amigos de dentro e fora da universidade, os quais tive o prazer de compartilhar a vida pessoal e acadêmica nos últimos anos, sem vocês a faculdade e a vida seriam mais difíceis.

Agradeço a Sanepar, especialmente a GGAM e a equipe do Lodo, pelo incentivo a escrita deste trabalho, troca de informações, companhia e por mostrar na prática o exercício da agronomia.

Agradeço ao meu orientador, por além de despertar o meu interesse pela fruticultura, aceitar a proposta deste trabalho.

A todos, obrigada por cada gesto de apoio, cada palavra de incentivo e pela confiança depositada em mim ao longo dessa jornada. Todos vocês me ensinaram o valor do trabalho, da honestidade e da determinação. Com todo meu amor e gratidão, dedico a vocês esta conquista.

*"Somos terra que espera por chuva, mas que também pode suportar a seca."*

**Carla Madeira**

*Tudo é Rio*

## RESUMO

A fruticultura desempenha um papel central na economia agrícola brasileira sendo o Brasil líder mundial na produção de maracujá-azedo, além do seu consumo direto, seus subprodutos são utilizados em diversos setores, como por exemplo no setor farmacêutico. No entanto, a produção de mudas, crucial para o setor, enfrenta desafios significativos devido aos custos elevados e à disponibilidade limitada de substratos com os níveis nutricionais ideais. Diante disto se faz necessário investigar novas alternativas como por exemplo a viabilidade da integração do lodo de esgoto higienizado e substrato comercial na produção de mudas de maracujá, visando otimizar tanto aspectos econômicos quanto agrônômicos dessa prática. O objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho agrônômico das mudas de maracujazeiro azedo produzidas com diferentes proporções de lodo de esgoto em substrato comercial. Para isso foi realizado experimento na casa de vegetação no Departamento de Fitotecnia e Fitossanidade, localizado no Campus Agrárias da Universidade Federal do Paraná. O experimento consistiu na mistura entre lodo de esgoto higienizado, produzido na Unidade de Geração de Lodo localizada na cidade de Tibagi, no estado do Paraná, e o substrato comercial TN Gold ©. A partir da análise química do substrato foram definidas as doses de aplicação utilizando como base o método da elevação da porcentagem de saturação por bases até 80, 90 e 100%. Quatro tratamentos foram definidos, sendo eles, o controle negativo sem a presença de lodo de esgoto, 0,444, 1,077, e 1,71 g de lodo de esgoto higienizado por litro de substrato comercial. A cultivar escolhida foi a 'Luz da Manhã' devido sua adaptação a região. O experimento foi conduzido utilizando o delineamento de blocos ao acaso, contendo cinco repetições com 10 plantas por parcela e acondicionado em casa de vegetação. A avaliação consistiu na mensuração da altura de plantas, número de folhas, diâmetro do caule e massas secas da parte área e das raízes das plantas após cerca de 150 dias. Os resultados foram analisados a partir da análise de variância e teste de Tukey. Com base nos resultados, foi possível afirmar que não houve diferença estatística entre os tratamentos para o parâmetro de número de folhas. Contudo para a característica altura de plantas, diâmetro do caule e massa seca das raízes foi possível identificar que o tratamento sem lodo de esgoto higienizado foi superior aos tratamentos contendo as maiores doses de lodo, mas não diferiu do tratamento contendo a proporção de 1,077 g/L de substrato comercial. Além disso, para a característica de massa seca da parte área das plantas o tratamento, o qual não possuía lodo de esgoto em sua composição, foi superior ao tratamento com dose intermediária de lodo de esgoto, porém não diferiu dos tratamentos que possuíam a menor e maior concentração do material. Dessa forma concluímos que a mistura entre diferentes doses de lodo de esgoto higienizado e o substrato comercial TN Gold ©, não foi eficaz para a produção de mudas do maracujá-azedo 'Luz da Manhã'.

Palavras-chave: Substrato. Tratamento de efluentes. Fruticultura. Resíduo. Reciclagem.

## ABSTRACT

Fruit farming plays a central role in the Brazilian agricultural economy with Brazil being global leader in sour passion fruit production, which, in addition to direct consumption, has by-products used in various sectors, such as the pharmaceutical industry. However, seedling production, which is crucial for the sector, faces significant challenges due to high costs and limited availability of substrates with ideal nutritional levels. Therefore, it is necessary to investigate new alternatives, such as the feasibility of integrating sanitized sewage sludge and commercial substrates in passion fruit seedling production, aiming to optimize both economic and agronomic aspects of this practice. This study aimed to evaluate the agronomic performance of sour passion fruit seedlings produced with different proportions of sewage sludge in a commercial substrate. The experiment was conducted in the greenhouse at the Department of Crop Science and Plant Protection, located at the Agrarian Campus of the Federal University of Paraná. The experiment involved mixing sanitized sewage sludge, produced at the Sewage Sludge Generation Unit located at the city of Tibagi, in the state of Paraná, with the commercial substrate TN Gold ©. Based on the chemical analysis of the substrate, application rates were defined using the method of increasing the base saturation percentage to 80%, 90%, and 100%. Four treatments were established: a negative control without sewage sludge, 0.444 g, 1.077 g, and 1.71 g of sanitized sewage sludge per liter of commercial substrate. The chosen cultivar was 'Luz da Manhã' due to its adaptation to the region. The experiment followed a randomized block design with five replications and 10 plants per plot, conducted in a greenhouse. Assessments included measurements of plant height, leaf count, stem diameter, and dry masses of shoots and roots after approximately 150 days. The results were analyzed through variance analysis and Tukey's test. Based on the results, it was possible to affirm that there was no statistical difference among treatments for leaf count. However, for plant height, stem diameter, and root dry mass, the treatment without sanitized sewage sludge outperformed the treatments with the highest sludge doses but did not differ from the treatment containing 1.077 g/L of commercial substrate. Additionally, for shoot dry mass, the treatment, which did not have sewage sludge in its composition, was superior to the treatment with an intermediate dose of sewage sludge, but did not differ from treatments with the lowest and highest concentrations of the material. Thus, we concluded that the mixture of different doses of sanitized sewage sludge with the commercial substrate TN Gold © was not effective for the production of sour passion fruit seedlings of the 'Luz da Manhã'.

Keywords: Substrate. Effluent treatment. Fruit farming. Residue. Recycling.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - AMOSTRA DE LODO DE ESGOTO HIGIENIZADO.....	20
FIGURA 2 – DISPOSIÇÃO DAS SEMENTES.....	24
FIGURA 3 – BLOCOS E TRATAMENTOS NA CASA DE VEGETAÇÃO.....	25
FIGURA 4 – PLANTAS DE MARACUJAZEIRO ‘LUZ DA MANHÃ’ NO DIA DA AVALIAÇÃO.....	25
FIGURA 5 – DETERMINAÇÃO DE ALTURA DE PLANTAS DE MARACUJAZEIRO ‘LUZ DA MANHÃ’.....	26
FIGURA 6 – DETERMINAÇÃO DE DIÂMETRO DE CAULE DE MARACUJAZEIRO ‘LUZ DA MANHÃ’.....	26

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – TRATAMENTOS DEFINIDOS PARA O EXPERIMENTO.....	23
TABELA 2 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA CARACTÉRISTICA DE ALTURA DE PLANTAS DE MARACUJAZEIRO ‘LUZ DA MANHÃ’.....	28
TABELA 3 – TESTE DE TUKEY PARA CARACTÉRISTICA DE ALTURA DE PLANTAS MARACUJAZEIRO ‘LUZ DA MANHÃ’.....	28
TABELA 4 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA CARACTÉRISTICA NÚMERO DE FOLHAS DE MARACUJAZEIRO ‘LUZ DA MANHÃ’.....	29
TABELA 5 – TESTE DE TUKEY PARA CARACTÉRISTICA DE NÚMERO DE FOLHAS DE MARACUJAZEIRO ‘LUZ DA MANHÃ’.....	29
TABELA 6 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA CARACTÉRISTICA DIÂMETRO DO CAULE DE MARACUJAZEIRO ‘LUZ DA MANHÃ’.....	30
TABELA 7 – TESTE DE TUKEY PARA CARACTÉRISTICA DIÂMETRO DO CAULE DE MARACUJAZEIRO ‘LUZ DA MANHÃ’.....	30
TABELA 8 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA CARACTÉRISTICA MASSA SECA DE PARTE AÉREA DE MARACUJAZEIRO ‘LUZ DA MANHÃ’.....	31
TABELA 9 – TESTE DE TUKEY PARA CARACTÉRISTICA MASSA SECA DE PARTE AÉREA DE MARACUJAZEIRO ‘LUZ DA MANHÃ’.....	31
TABELA 10 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA CARACTÉRISTICA MASSA SECA DE RAÍZES DE MARACUJAZEIRO ‘LUZ DA MANHÃ’.....	31
TABELA 11 – TESTE DE TUKEY PARA CARACTÉRISTICA MASSA SECA DE RAÍZES DE MARACUJAZEIRO ‘LUZ DA MANHÃ’.....	32

## **LISTA DE QUADROS**

QUADRO 1 - ANÁLISE QUÍMICA DO SUBSTRATO TN GOLD.....	21
QUADRO 2 - ANÁLISE QUÍMICA DO LOTE 21 DE LODO DE ESGOTO HIGIENIZADO GERADO NA UGL TIBAGI.....	22

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>11</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>14</b>
2.1	PANORAMA DA PRODUÇÃO DE MARACUJÁ AZEDO NO BRASIL.....	14
2.2	PRODUÇÃO DE MUDAS NO BRASIL.....	15
2.3	ETAPAS DO TRATAMENTO DE ESGOTO DOMÉSTICO.....	15
2.3.1	Coleta .....	15
2.3.2	Tratamento Preliminar .....	16
2.3.3	Tratamento Secundário .....	16
2.3.4	Tratamento Terciário.....	16
2.3.5	Processo de formação do lodo de esgoto higienizado .....	17
2.3	PANORAMA DA PRODUÇÃO DE LODO DE ESGOTO NO BRASIL E PARANÁ .....	18
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>20</b>
3.1	IMPLANTAÇÃO E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO .....	20
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>28</b>
4.1	RESULTADOS .....	28
4.1.1	Altura de Plantas .....	28
4.1.2	Número de folhas .....	29
4.1.3	Diâmetro do Caule .....	30
4.1.5	Massa seca de raízes.....	31
4.2	DISCUSSÃO.....	33
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>35</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>36</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A fruticultura tem um papel essencial para a agricultura no Brasil, sendo o nosso país o terceiro maior produtor de frutas no mundo, com uma produção total acima de 40 milhões de toneladas ao ano (EMBRAPA, 2024). No ano de 2021, a produção de frutas no Brasil gerou cerca de 193,9 mil vagas para trabalhos formais (EMBRAPA, 2024). Neste setor de produção de frutas inclui-se a atividade de produção de mudas em viveiros e nas propriedades.

A produção de mudas no Brasil é um assunto de extrema preocupação devido ao alto custo para produção e a dificuldade de encontrar misturas com níveis nutricionais ideais para cada cultura a curto e longo prazo (MINAMI et al., 1994).

É possível considerar que até 60% da produtividade de uma cultura está diretamente relacionada à utilização de mudas de boa qualidade (MINAMI et al., 1994).

Algumas características para se considerar um bom substrato são a retenção adequada de água e boa porosidade, a qual facilita o fornecimento de oxigênio (SMIDERLE et al., 2001).

Além dos atributos físicos, é de extrema importância analisar os aspectos econômicos como disponibilidade de substrato e o custo durante a escolha (FONSECA, 2001).

Tendo em vista a dificuldade de encontrar substratos no mercado que atendam a todas as necessidades das culturas, faz-se necessário a realização de misturas para melhorar tanto as propriedades físicas, quanto químicas do material (SANTOS et al., 2000).

No caso do maracujá-azedo, o Brasil é o principal produtor mundial, os frutos são exportados frescos, conservados e em suco concentrado (FALEIRO, 2022), além disso esta espécie é muito consumida no país, devido ao fornecimento de vitamina C, fibras, magnésio, fósforo e potássio.

Este fruto também é utilizado de maneira terapêutica e devido a suas propriedades cosméticas (GALVÃO, 2021). Paralelamente a isso, o tratamento de esgoto é de extrema importância para garantir a saúde da população mundial já que o lançamento de efluentes nos rios e bacias induz a vários problemas socioambientais e impactos na vida aquática, como por exemplo a eutrofização,

gerando desequilíbrios ecológicos (PIMENTA et al., 2002), a atividade de tratamento de esgoto, possui alto custo e exige alta complexidade e conhecimento técnico.

Segundo estimativa do SINIR (Sistema Nacional de Informações sobre a gestão de resíduos sólidos), o resíduo do tratamento do esgoto doméstico, ou seja, o lodo de esgoto, pode totalizar cerca de 2,5 milhões de toneladas ao ano. Nesse cenário, faz-se necessário a busca por alternativas de destinação deste resíduo que usualmente é conduzido para aterros sanitários.

Para a Agenda 21 (BRASIL, 2024), documento o qual impõe diretrizes para o desenvolvimento sustentável, o manejo do lodo de esgoto deve visar principalmente a redução de produção do resíduo e reutilização e reciclagem deste.

O gerenciamento de lodo de esgoto pode custar até 60% do total investido no tratamento de esgoto (ANDREOLI; VON SPERLING; FERNANDES, 2001), diante disto, é essencial o estudo de alternativas para otimização do processo e reaproveitamento deste resíduo.

O uso de lodo de esgoto higienizado na agricultura, já é uma realidade no Brasil, principalmente no Paraná em conjunto com a SANEPAR (Companhia de Saneamento do Estado do Paraná). Este material pode ser incorporado ao solo para o plantio de culturas anuais, como cereais de inverno, soja, milho, espécies frutíferas e florestais, ou seja, aqueles que possuem partes comestíveis as quais não entram em contato com o solo, ou sejam produzidos dentro do solo, respeitando ainda o intervalo para a colheita/consumo de até quatro meses estabelecido pela legislação (BRASIL, 2020), prazo este facilmente atingido na produção de frutos.

O potencial para utilização em frutíferas é grande, já que nestas espécies usualmente são utilizadas grandes quantidades de matéria orgânica, tanto na implantação de pomares quanto para a manutenção destes.

No Paraná a comprovação da eficácia deste estudo foi atestada em experimento financiado pelo FINEP/PROSAB para culturas como milho e aveia, em diferentes regiões do Paraná. A partir deste experimento foi possível concluir que a aplicação de lodo de esgoto higienizado oferece aos cultivos, aumento na quantidade de nitrogênio disponível e matéria orgânica (ILHENFELD; ANDREOLI, 1999).

Os efeitos do aumento da matéria orgânica podem ser vistos a longo prazo, como a ativação da atividade microbiana, aumentando a resistência a pragas e

doenças e também a médio prazo com a disponibilização de nutrientes durante maior tempo durante a produção de mudas (ANDREOLI; VON SPERLING; FERNANDES, 2001).

Diante destes desafios apresentados é possível utilizar o resíduo produzido durante o tratamento de esgoto na produção de mudas, realizando misturas com o lodo de esgoto higienizado e substratos comerciais.

Dessa forma, será possível analisar se os atributos químicos e físicos serão otimizados garantindo o melhor desenvolvimento das etapas iniciais como a germinação e também atuando nas etapas subsequentes do desenvolvimento da espécie, como por exemplo no aumento da velocidade de crescimento das mudas.

Este trabalho atende a importância do estudo com a reciclagem de resíduos sólidos como o lodo de esgoto, tendo em vista a inevitável produção do resíduo e a possibilidade de reaproveitamento desta na agricultura, contribuindo com a ciclagem de nutriente e ainda propõe melhorias na produção de mudas de maracujá, como o aumento de altura, número de folhas, diâmetro de caule e maior quantidade de massa seca.

O objetivo do trabalho foi avaliar o desempenho agrônômico das mudas de maracujazeiro azedo produzidas com diferentes proporções de lodo de esgoto em substrato comercial.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 PANORAMA DA PRODUÇÃO DE MARACUJÁ AZEDO NO BRASIL

A fruticultura possui grande participação na economia nacional, segundo o Plano Nacional de Desenvolvimento da Fruticultura (PNDF), este setor é responsável pela geração de mais de 5 milhões de empregos, divididos entre diretos e indiretos em cerca de dois milhões de hectares, sendo praticada majoritariamente em estabelecimentos compreendidos pela agricultura familiar.

O Brasil é considerado o maior produtor de maracujá azedo do mundo, e sua produção possui alta relevância para o desenvolvimento social e econômico do país (RAMOS; REDIN; LOBO JÚNIOR, 2023).

A partir do fruto do maracujá é possível realizar o consumo in natura da fruta, fazer sucos e utilizar a polpa como base para doces, geleias e molhos. Suas folhas e raízes também podem ser utilizadas devido a presença de passiflorina, composto amplamente utilizado como calmante (RAMOS et al., 2007). As folhas desta espécie ainda são capazes de atenuar sintomas como febres e inflamações de pele (PITA, 2012). Estes fatores impulsionam a produção deste fruto seja com o destino alimentício ou farmacêutico.

Outro ponto associado a valorização da produção de maracujá azedo, o qual vem sendo estudado pela Sociedade Americana para Testes e Materiais (ASMT) e pelo Laboratório de Energia Renovável (NREL) é a utilização da casca do fruto do maracujá como fonte de açúcares de alto valor para utilização em biorrefinarias (SANTOS, 2023). A casca do maracujá, ainda pode ser aproveitada como fonte de fibras em farinhas, utilizadas para o controle de diabetes, isto é possível a partir de suas propriedades hipoglicêmicas e atenuantes a resistência à insulina (FERREIRA; SOUZA, 2020).

No Brasil a produtividade média da produção gira em torno de 14 toneladas por hectare ano, contudo este número pode ser considerado baixo, tendo em vista relatos de produtividade acima de 50 toneladas por hectare ano desta espécie (FALEIRO; JUNQUEIRA; BRAGA, 2008).

A baixa produção pode ser justificada levando em consideração a produção destes frutos se localizar majoritariamente em pequenas propriedades da agricultura familiar, que costumeiramente possuem dificuldades como a baixa capacidade de

investimento em tecnologia e altos custos de produções (COSTA et al., 2008). Outra justificativa para a baixa produtividade encontrada no Brasil é a utilização de mudas com baixa qualidade.

## 2.2 PRODUÇÃO DE MUDAS NO BRASIL

A formação de mudas é uma das etapas críticas para a implantação de pomares. A solução está na utilização de substratos que propiciem as melhores condições de luz, umidade e quantidade de oxigênio (ARAUJO; PAIVA SOBRINHO, 2011).

Para garantir uma boa produção de mudas, se faz necessário utilizar substratos que proporcionem qualidade, aumento de produtividade, praticidade de se adquirir e maior velocidade de emergência (JORGE, 2020). Além disso, a alta sanidade do substrato é de extrema importância na fase inicial de produção a fim de evitar estresses advindos do ambiente e favorecer a resistência das mudas a estes.

O grande empecilho dos produtores de pequeno e médio porte, consiste na busca de substratos de menor custo (LEAL et al., 2015) que possua boas condições físicas e químicas para garantir uma boa implantação de pomar, resultando posteriormente em maior produtividade. Diante isto a busca por substratos alternativos tem tomado grandes proporções no meio rural.

Uma alternativa para atingir níveis satisfatórios a curto e médio prazo durante a produção de mudas é a realização de mistura entre substratos e matérias primas (PIO et al., 2004).

## 2.3 ETAPAS DO TRATAMENTO DE ESGOTO DOMÉSTICO

Para a obtenção do lodo de esgoto higienizado são necessárias diversas etapas do tratamento, dessa forma, o processo de tratamento de esgoto pode ser subdividido em coleta, tratamento preliminar, tratamento secundário e terciário (LIMA, 2023).

### 2.3.1 Coleta

A coleta do esgoto, como descrita por Tsutiya e Além Sobrinho (1999), se

inicia na rede coletora. Nesta etapa os efluentes gerados nos domicílios são coletados pela chamada rede coletora predial e direcionados para os interceptores, os quais recebem os resíduos provindos da rede coletora predial e não possuem ligações diretas. Após a passagem dos efluentes pelos interceptores, os mesmos são encaminhados para o emissário, este consiste em uma tubulação de maior calibre que direciona os efluentes domésticos para a estação de tratamento, onde passarão pelo tratamento preliminar, secundário e terciário, se necessário.

### 2.3.2 Tratamento Preliminar

Durante o tratamento preliminar ocorre a passagem dos efluentes domésticos para as fases de gradeamento e desarenação. Nestas etapas ocorre a remoção dos resíduos sólidos grosseiros, os quais são descartados incorretamente na rede coletora, e também as areias. Estes procedimentos visam otimizar as etapas posteriores do tratamento (RIBEIRO et al., 2018).

No gradeamento o esgoto bruto é direcionado para as grades, ou seja estruturas com barras metálicas, as quais formam um tela com a função de permitir a passagem de água mas impedir a passagem dos sólidos grosseiros como papel, tecidos, plásticos, metais e outros resíduos grosseiros (BORGES, 2014). Após o gradeamento ocorre a etapa de desarenação, que consiste na passagem do esgoto para tanques responsáveis pela retirada de partículas discretas com alta velocidade de sedimentação (PRADO; CAMPOS, 2008).

### 2.3.3 Tratamento Secundário

O tratamento secundário ocorre por meio da adição de bactérias aeróbicas ou anaeróbicas que degradam a matéria orgânica, esta degradação pode ocorrer em tanques sépticos, lagoas de estabilização e outros mecanismos que podem variar de acordo com o projeto de cada estação de tratamento. Após a etapa biológica, o esgoto é conduzido para tanques que visam a sedimentação dos flocos biológicos formados nesta etapa (LIMA, 2023).

### 2.3.4 Tratamento Terciário

O tratamento terciário é realizado apenas em alguns casos, para a remoção

de poluentes específicos, não sendo uma etapa obrigatória mas de bastante importância podendo viabilizar o reuso do efluente para diversos fins (PEREIRA, 2019).

O tratamento terciário se inicia no momento em que a água produzida após o tratamento secundário passa por tanques de filtração para eliminar resíduos que possam ter permanecido durante esta fase. Após a filtração ocorre a remoção de nutrientes como nitrogênio e fósforo, mecanismos patogênicos, compostos tóxicos ou não biodegradáveis (LIMA, 2023).

#### 2.3.5 Processo de formação do lodo de esgoto higienizado

Durante a etapa secundária do tratamento de esgoto há a formação do lodo de esgoto, que é composto pelos resíduos retirados durante o tratamento. A quantidade gerada de lodo de esgoto é variável de acordo com o tratamento específico que ocorre em cada estação de tratamento (IMHOFF; IMHOFF, 1986).

Para a sua utilização agrícola o lodo de esgoto deve passar por um processo de estabilização. A digestão é o procedimento anterior a estabilização e consiste na passagem por digestores anaeróbicos ou aeróbicos com a finalidade de redução dos agentes patogênicos, redução do volume e redução de umidade (FERREIRA; ANDREOLI, 1999).

Posteriormente a etapa de digestão ocorre a etapa de remoção de umidade em que ocorre o adensamento do resíduo através de processos de gravidade e flotação, fazendo com que aumente o teor de sólidos do lodo de esgoto. O lodo então é desaguado em centrífugas para a remoção de umidade formando lotes (VALCORTE; CARISSIMI, 2015).

Após a formação dos lotes de lodo de esgoto, para a destinação agrícola, é necessário realizar a higienização deste lodo, ou seja a redução de organismos patogênicos, isto ocorre por meio da adição de cal virgem, em proporções de 30 a 50% do peso seco do lodo, estes materiais são mistura com betoneiras e este deve ser armazenado em galpões por no mínimo 30 dias. Com a adição da cal ocorre aumento da temperatura e do pH, fatores estes que reduzem a carga patogênica do lodo (ILHENFELD; ANDREOLI, 1999).

## 2.3 PANORÂMA DA PRODUÇÃO DE LODO DE ESGOTO NO BRASIL E PARANÁ

O Lodo de esgoto pode ser considerado como o resíduo do tratamento de esgoto realizados pelas companhias de saneamento do país. O manejo deste material pode custar até 60% do total investido durante todo o tratamento de esgoto (ANDREOLI; VON SPERLING; FERNANDES, 2001). O tratamento deste resíduo classe B, gera um composto chamado biossólido, o qual possui nutrientes tais como nitrogênio, potássio, fósforo (RIGO et al., 2014).

Para o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) o lodo de esgoto é definido como resíduo sólido, gerado durante o processo de decantação primária, sendo de origem biológica ou química, excluindo resíduos das fases de gradeamento e desarenação. Já a definição de biossólido engloba o resíduo do tratamento que se adequa aos critérios estabelecidos pelo órgão federal e ambiental estadual de forma a estar apto para aplicação em solo ou mistura em substrato.

A quantia gerada anualmente de lodo de esgoto no Brasil pode chegar até 1,5 milhões de toneladas (SNIR, 2024), este composto possui algumas opções para destinação sendo elas a incineração, deposição em aterros sanitários e a utilização agrícola (COLLIVIGNARELLI et al., 2019).

Estudos realizados em grãos demonstram incrementos consideráveis para a produtividade, estes estão relacionados a adição de macro e micronutrientes (FARIA, 2017). O efeito da aplicação de lodo de esgoto higienizado em soja, pode ser considerado uma vantagem frente a outros fertilizantes químicos, os quais são adquiridos por produtores sob altos preços. A partir de misturas foi possível concluir que altas doses de fertilizantes químicos reduzem a massa de nódulos, o que pode ser atenuado utilizando o lodo de esgoto higienizado (SOUZA, 2009).

A utilização do lodo de esgoto higienizado pode ser vista como uma economia para o produtor, já que este é doado pelas instituições por se tratar de um resíduo. No Paraná a SANEPAR (Companhia de Saneamento do Estado do Paraná) responsável pelo tratamento de água e esgoto produz cerca de 45.000 toneladas de massa seca do lodo de esgoto, sendo deste montante 14.735 toneladas destinadas para a agricultura.

Para a produção de mudas em específico, estudos a partir da produção de aroeira, verificaram, após análise destrutiva, o aumento de nutrientes como o nitrogênio e fósforo em sua composição quando utilizado mistura entre substrato

comercial e lodo de esgoto. Este material foi comparado com plantas conduzidas sob misturas entre substratos comerciais e casca de arroz, a qual não evidenciou aumento nos teores dos nutrientes anteriormente citados (TRIGUEIRO, 2014).

Já na produção de mudas de Eucalipto, a utilização de lodo de esgoto no substrato, provou-se como alternativa viável para a melhoria das propriedades químicas (CALDEIRA, 2013).

Além disso foram observadas melhorias nos parâmetros de massa seca de raízes e diâmetro de copa na produção de frutas como o mamão esgoto (COSTA; COSTA, 2002) e laranja (ROMEIRO, 2012) respectivamente, com a adição de lodo de esgoto.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 IMPLANTAÇÃO E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

Após a etapa do tratamento do esgoto, foi concedido pela SANEPAR, companhia de saneamento do estado do Paraná, uma amostra de lodo de esgoto higienizado do lote 21 da unidade de geração de lodo Tibagi (FIGURA 1), localizada na cidade de mesmo nome, para realização do experimento.

FIGURA 1: AMOSTRA DE LODO DE ESGOTO HIGIENIZADO



FONTE: A autora (2024).

Foi adquirido o substrato comercial TN Gold © da empresa Agrinobre, o qual possui em sua composição turfa de esfagno, vermiculita, calcário dolomítico, gesso agrícola, e macro e micronutrientes.

A partir da análise química do substrato (Quadro 1), realizada em laboratório privado, seguindo a metodologia utilizada pela EMBRAPA (2009), foram definidas as doses de aplicação de lodo de esgoto utilizado o método da elevação da porcentagem de saturação por bases, o qual é recomendado pelo livro “Uso e Manejo do Lodo de Esgoto na Agricultura” (SANEPAR; PROSAB, 1999), até que a mistura atingisse níveis de 80, 90 e 100%.

Este método baseia-se no ajuste das bases trocáveis (cálcio, magnésio, potássio e sódio) em relação à capacidade de troca catiônica (CTC) do substrato, buscando atingir uma saturação de bases ideal, a qual depende da exigência nutricional da espécie cultivada (EMBRAPA, 2009).

QUADRO 1 - ANÁLISE QUÍMICA DO SUBSTRATO TN GOLD

Elemento	Resultado
pH em CaCl <sub>2</sub>	5,50
pH em H <sub>2</sub> O	6,18
pH em SMP	6,50
Matéria Orgânica (M.O)	74,76 (g/cm <sup>3</sup> )
Carbono (C)	43,36 (g/cm <sup>3</sup> )
Fósforo (P)	14,28 (mgP/dm <sup>3</sup> )
Potássio (K)	0,22 (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )
Cálcio + Magnésio (Ca <sup>+2</sup> + Mg <sup>+2</sup> )	9,02 (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )
Cálcio (Ca <sup>+2</sup> )	4,64 (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )
Magnésio (Mg <sup>+2</sup> )	4,38 (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )
Hidrogênio + Alumínio (H <sup>+</sup> + Al <sup>+3</sup> )	3,42 (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )
Acidez Total (H <sup>+</sup> )	3,42 (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )
Alumínio (Al <sup>+3</sup> )	0,00 (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )
Soma de Bases (SB)	9,24 (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )
Capacidade de troca (CTC em pH 7,0)	12,66 (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )
CTC Efetiva	9,24 (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )
Saturação de Bases (V)	72,98 %

FONTE: A autora (2024).

Para fins de cálculo, conforme recomenda a SANEPAR & PROSAB (1999), o poder corretivo neutralizante do lodo de esgoto foi considerado como 100%, tendo

em vista que a partir dos parâmetros de umidade e sólidos totais da análise em laboratório da amostra (Quadro 2), subentende-se que as perdas devido a oxidação dos compostos não foram significativas.

Utilizando os valores encontrados na análise química do substrato, utiliza-se a seguinte equação, ainda com base no livro “ Uso e Manejo do Lodo de Esgoto na Agricultura’, para definir a quantidade necessária de lodo de esgoto para chegar as saturações de bases definidas anteriormente.

$$NL = \frac{V_{desejado} - V_{inicial} \times T}{100}$$

Sendo  $NL$  a necessidade de lodo em tonelada por hectare,  $V_{desejado}$  as saturações de bases testadas,  $V_{inicial}$ , a saturação de bases informada através da análise química do substrato e  $T$  a soma das quantidades de  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $K^+$  e a acidez potencial (H+Al) presentes na amostra do substrato.

QUADRO 2 - ANÁLISE QUÍMICA DO LOTE 21 DE LODO DE ESGOTO HIGIENIZADO GERADO NA UGL TIBAGI

Parâmetro	Resultados (multiplicar os valores por 10.000 para obter em mg/kg de lodo)
pH em H <sub>2</sub> O	12,26
Estabilidade SV/ST	0,26%
N Total	0,84%
N amoniacal	0,0666%
N (nitrato +nitrito)	0,0907%
P Total	0,500%
K total	0,074%
Ca	14,37%
Mg	9,54%
S total	0,7%

C. Orgânico	14,37%
Na total	0,029%
ST	65,4%
SF	73,9%
SV	26,09%
Umidade	34,6%
PN Calc	75,22%

FONTE: Adaptado de SANEPAR (2024).

Dessa forma, quatro tratamentos foram definidos (TABELA 1), sendo o primeiro sem a utilização do lodo de esgoto higienizado e apenas o substrato comercial para a produção de mudas. O segundo tratamento foi realizado utilizando 0,444 g de lodo de esgoto higienizado por litro de substrato comercial, para atingir a soma de bases (V%) de 80%. O terceiro tratamento consistiu na proporção de 1,077 g de lodo de esgoto higienizado por litro de substrato comercial para atingir V de 90% e por fim o no último tratamento foram adicionadas 1,71 gramas de lodo para cada litro de substrato totalizando um V de 100%.

TABELA 1 – TRATAMENTOS DEFINIDOS PARA O EXPERIMENTO

Tratamentos	V%	g/L
I	72,98	0
II	80	0,444
III	90	1,077
IV	100	1,71

FONTE: A autora (2024).

Tendo em vista que a finalidade deste trabalho é atestar a viabilidade da utilização do lodo de esgoto como componente para a produção de mudas, foi escolhida a cultivar de maracujá amarelo 'Luz da Manhã'. Esta cultivar foi desenvolvida pelo Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná e possui como principais características a adaptação às condições climáticas do estado do Paraná, seu fruto pode ser utilizado como fruta fresca e na indústria e possui como principais

características diâmetro aproximado de 75 mm, formato oval, massa próxima de 220 gramas, polpa alaranjada e teor de sólidos solúveis totais de 12,5 °Brix.

A primeira etapa do experimento foi a pesagem do lodo de esgoto higienizado em balança de precisão e posteriormente incorporação deste no substrato comercial de maneira manual em recipientes para cada um dos tratamentos, os quais contemplavam a presença do lodo de esgoto higienizado.

Após a pesagem e mistura, foram utilizados tubetes de 240ml para comportar as misturas sendo a transferência dos recipientes iniciais para os tubetes de forma manual. Após as transferências os tratamentos foram umedecidos com água visando preencher os espaços que antes continham ar. Foram adicionadas duas sementes (FIGURA 2) da cultivar em cada tubete, visando a garantia da germinação das sementes e foi realizada irrigação manual após a semeadura com o objetivo de garantir melhores condições de germinação para as plantas.

FIGURA 2 – DISPOSIÇÃO DAS SEMENTES DE MARACUJAZEIRO 'LUZ DA MANHÃ' NOS TUBETES



FONTE: A autora (2024).

O experimento foi conduzido com delineamento em blocos ao acaso, com cinco repetições, contendo 10 plantas por parcela. Os tratamentos foram

aleatorizados em cada bloco, constituído por uma bandeja que continha uma repetição completa dos tratamentos (FIGURA 3).

FIGURA 3 – BLOCOS E TRATAMENTOS NA CASA DE VEGETAÇÃO



FONTE: A autora (2024).

As bandejas foram acondicionadas na casa de vegetação do Departamento de Fitotecnia e Fitossanidade do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná na cidade de Curitiba-PR. O experimento foi mantido sob sistema de nebulização intermitente por 76 dias e depois mantido com rega manual até 153 dias, quando foi realizada a avaliação (FIGURA 4).

FIGURA 4 – PLANTAS DE MARACUJAZEIRO 'LUZ DA MANHÃ' NO DIA DA AVALIAÇÃO



FONTE: A autora (2024)

A avaliação do experimento foi realizada pela determinação da altura das plantas (FIGURA 5), número de folhas, diâmetro do caule, utilizando um paquímetro digital (FIGURA 6), e massa seca da parte aérea e das raízes das plantas.

FIGURA 5 – DETERMINAÇÃO DE ALTURA DE PLANTAS DE MARACUJAZEIRO 'LUZ DA MANHÃ'



FONTE: A autora (2024)

FIGURA 6 – DETERMINAÇÃO DE DIÂMETRO DE CAULE DE MARACUJAZEIRO 'LUZ DA MANHÃ'



FONTE: A autora (2024)

Para determinação da massa seca as plantas foram retiradas dos tubetes e foi realizada uma limpeza superficial utilizando água, com a finalidade de retirar a maior quantidade possível de substrato das raízes sem que houvesse prejuízo a estrutura radicular.

Após a limpeza, as plantas foram separadas em parte a área e raízes e encaminhadas para a estufa com circulação de ar por 48 horas em temperatura média de 65°C e posteriormente pesadas em balança digital.

Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% pelo programa Sisvar®.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 RESULTADOS

A partir da aferição dos parâmetros de altura, número de folhas, diâmetro de caule e massa seca de raízes e parte aérea foi possível avaliar o impacto da adição de lodo de esgoto higienizado ao substrato comercial na produção de mudas de maracujazeiro-azedo 'Luz da Manhã'.

#### 4.1.1 Altura de Plantas

Utilizando as médias obtidas de cada tratamento em cada bloco obtivemos o seguinte quadro de análise de variância, para a característica avaliada de altura de plantas.

TABELA 2 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA CARACTERÍSTICA DE ALTURA DE PLANTAS DE MARACUJAZEIRO 'LUZ DA MANHÃ'

FV	GL	SQ	QM	Fc Pr>Fc
TRATAMENTO	3	1240.069500	413.356500	6.190 0.0087
BLOCO	4	1595.735000	398.933750	5.974 0.0070
Erro	12	801.333000	66.777750	
Total corrigido	19	3637.137500		
CV (%) = 9.29				
Média Geral = 87.9750000		Número de observações: 20		

FONTE: A autora (2024)

A partir deste resultado foi possível concluir que houve diferença estatística entre os tratamentos. Para maior compreensão dos resultados referentes a diferença estatística entre os tratamentos foi utilizando o Teste de Tukey (TABELA 3).

TABELA 3 – TESTE DE TUKEY PARA CARACTERÍSTICA DE ALTURA DE PLANTAS MARACUJAZEIRO 'LUZ DA MANHÃ'

Tratamentos (g/L)	Médias	Resultados do teste
1,077	78.920000	b
1,71	82.160000	b
0,444	92.120000	ab
0	98.700000	a

FONTE: A autora (2024)

Dessa forma foi possível concluir que o tratamento sem lodo de esgoto higienizado diferiu estatisticamente dos tratamentos com 1,077 g/L e 1,71 g/L, os quais possuíam maiores concentrações de lodo higienizado, porém não diferiu do tratamento com 0,444 g/L, o qual possuía a dose mais baixa.

#### 4.1.2 Número de folhas

Ao realizar o mesmo procedimento para o parâmetro de número de folhos o software nos forneceu a análise de variância (TABELA 4), e em conjunto com o teste de Tukey (TABELA 5), foi possível concluir que a adição de lodo de esgoto higienizado em diferentes proporções não apresentou diferença estatística com o tratamento sem adição de lodo no substrato.

TABELA 4 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA CARACTÉRISTICA NÚMERO DE FOLHAS DE MARACUJAZEIRO ‘LUZ DA MANHÃ’

FV	GL	SQ	QM	Fc Pr>Fc
TRATAMENTO	3	0.748000	0.249333	1.966 0.1730
BLOCO	4	6.862000	1.715500	13.526 0.0002
Erro	12	1.522000	0.126833	
Total corrigido	19	9.132000		
CV (%) = 8.64				
Média Geral = 4. 1200000		Número de observações: 20		

FONTE: A autora (2024)

TABELA 5 – TESTE DE TUKEY PARA CARACTÉRISTICA DE NÚMERO DE FOLHAS DE MARACUJAZEIRO ‘LUZ DA MANHÃ’

Tratamentos (g/L)	Médias	Resultados do teste
1,71	3.820000	a
1,077	4.080000	a
0	4.280000	a
0,444	4.300000	a

FONTE: A autora (2024)

#### 4.1.3 Diâmetro do Caule

Para o diâmetro do caule, a análise de variância (TABELA 6) demonstrou a existência de diferença estatística entre os tratamentos testados.

TABELA 6 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA CARACTÉRISTICA DIÂMETRO DO CAULE DE MARACUJAZEIRO ‘LUZ DA MANHÃ’

FV	GL	SQ	QM	Fc Pr>Fc
TRATAMENTO	3	0.255508	0.085169	3.614 0.0456
BLOCO	4	0.242780	0.060695	2.576 0.0915
Erro	12	0.282774	0.023564	
Total corrigido	19	0.781061		
CV (%) = 7.30				
Média Geral = 2.1038000		Número de observações: 20		

FONTE: A autora (2024)

Utilizando os resultados obtidos pelo teste de Tukey (TABELA 7), foi possível concluir que o tratamento 1, sem lodo de esgoto foi superior ao tratamento 3, o qual possuía a dose intermediária de lodo de esgoto caleado, porém não diferiu estatisticamente dos tratamentos que possuíam a menor e maior dose de lodo em sua composição.

TABELA 7 – TESTE DE TUKEY PARA CARACTÉRISTICA DIÂMETRO DO CAULE DE MARACUJAZEIRO ‘LUZ DA MANHÃ’

Tratamentos (g/L)	Médias	Resultados do teste
1,077	1.996400	b
1,71	2.032000	ab
0,444	2.097600	ab
0	2.289200	a

FONTE: A autora (2024)

#### 4.1.4 Massa seca da parte aérea

Ao analisarmos o quadro de análise de variância (TABELA 8) referente a massa seca da parte aérea, assim como as características de altura de planta e diâmetro do caule foi identificada diferença estatística entre os tratamentos.

TABELA 8 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA CARACTÉRISTICA MASSA SECA DE PARTE AÉREA DE MARACUJAZEIRO 'LUZ DA MANHÃ'

FV	GL	SQ	QM	Fc Pr>Fc
TRATAMENTO	3	0.110826	0.036942	5.903 0.0103
BLOCO	4	0.146338	0.036584	5.846 0.0076
Erro	12	0.075093	0.006258	
Total corrigido	19	0.332256		
CV (%) = 22.88				
Média Geral = 0.3457000		Número de observações: 20		

FONTE: A autora (2024)

Utilizando como base para interpretação o teste de Tukey (TABELA 9), obtivemos o resultado de que o tratamento 1 foi superior ao tratamento 3, dose intermediária de lodo na mistura, e ao tratamento 4, o qual possuía a maior concentração de lodo na mistura utilizada como substrato, porém não diferiu estatisticamente do tratamento 2.

TABELA 9 – TESTE DE TUKEY PARA CARACTÉRISTICA MASSA SECA DE PARTE AÉREA DE MARACUJAZEIRO 'LUZ DA MANHÃ'

Tratamentos (g/L)	Médias	Resultados do teste
1,077	0.256000	b
1,71	0.295800	b
0,444	0.384800	ab
0	0.446200	a

FONTE: A autora (2024)

#### 4.1.5 Massa seca de raízes

Os resultados encontrados através da análise de variância (TABELA 10) para a massa seca de raízes foram muito semelhantes aos resultados obtidos para a característica de altura de planta.

TABELA 10 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA CARACTÉRISTICA MASSA SECA DE RAÍZES DE MARACUJAZEIRO 'LUZ DA MANHÃ'

FV	GL	SQ	QM	Fc Pr>Fc
TRATAMENTO	3	0.014487	0.004829	4.889 0.0191
BLOCO	4	0.015638	0.003910	3.958 0.0284

Erro	12	0.011853	0.000988
Total corrigido	19	0.041978	
CV (%) = 17.76			
Média Geral = 0.1770000		Número de observações: 20	

FONTE: A autora (2024)

Através do Teste de Tukey (TABELA 11) foi possível concluir que para a massa seca de raízes o tratamento 1 foi superior ao tratamento 3, o qual possuía a dose intermediária de lodo de esgoto higienizado, porém não diferiu estatisticamente dos tratamentos 2 e 4, os quais possuíam a menor e maior dose de lodo de esgoto na mistura.

TABELA 11 – TESTE DE TUKEY PARA CARACTERÍSTICA MASSA SECA DE RAÍZES DE MARACUJAZEIRO ‘LUZ DA MANHÃ’

Tratamentos (g/L)	Médias	Resultados do teste
1,077	0.145200	b
1,71	0.157000	ab
0,444	0.194400	ab
0	0.211400	a

FONTE: A autora (2024)

## 4.2. DISCUSSÃO

As possíveis hipóteses para os resultados obtidos se baseiam primeiramente no ‘Manual de Adubação e Calagem do Estado do Paraná’, o qual recomenda a saturação de bases ideal de 70% para produção de maracujazeiro, sendo esta saturação já atingida apenas pelo substrato comercial.

A utilização de doses elevadas de lodo de esgoto higienizado pode criar desequilíbrios nutricionais, como o aumento de Mn e Zn interferindo no desenvolvimento das plantas (RANGEL et al., 2006). Contudo para comprovar esta hipótese e obter maiores esclarecimentos, seria necessária uma nova análise do substrato, a fim de verificar as diferenças químicas presente nas misturas.

Outra hipótese, dessa vez para a falta de diferença estatística observada no parâmetro de número de folhas pode ser justificada pelas baixas quantidades de lodo de esgoto higienizado utilizadas nas misturas, para aceitarmos esta proposição, assim

como na hipótese anterior, é essencial a análise do substrato após as misturas para verificar o teor de nutrientes e alteração no valor da saturação de bases.

Contudo, a produção de mudas de diversas espécies como a *Cedrela Fissilis* Vell. também conhecida como Cedro-Rosa, se beneficiou da utilização do lodo de esgoto em conjunto com o substrato comercial e em sua forma pura, apresentando maior número de folhas, massa seca de parte aérea e massa seca total (VIEIRA, 2022). Além da produção de mudas de Cedro o lodo de esgoto higienizado também demonstrou viabilidade para a produção de mudas e durante o cultivo de eucalipto devido ao aumento da matéria orgânica e ciclagem de nutrientes de forma prolongada (IBRAHIM et al., 2006).

As culturas voltadas para a produção de grãos também demonstraram se beneficiarem com utilização de lodo de esgoto higienizado. Para o milho foi observado aumento do teor de nitrogênio e fósforo e matéria seca nas plantas (GONÇALVEZ, 2019). Para a cultura do feijão, foi observado aumento no volume de raízes e maior desenvolvimento da parte aérea. A utilização do lodo de esgoto no solo ainda foi responsável por estimular a atividade microbiana e favorecer o estabelecimento da rizosfera (METZ, 2013).

Além da eficiência comprovada para cultivos florestais e culturas de grãos, o lodo de esgoto higienizado também apresentou resultados positivos para o cultivo do tomate cereja, com aumento significativo nos parâmetros de massa seca de raízes, com aumento de até 8 g por planta, número de frutos, aumentando até 3 frutos por planta, e produtividade, com aumento de até 4 gramas por massa de fruto (DANTAS, 2010).

Na fruticultura a reciclagem do resíduo estudado se mostrou eficaz na cultura do mamoeiro, com o aumento do peso seco de raízes em até 35% (COSTA; COSTA, 2002), e também na produção de laranjas, garantindo aumento de até 0,5 m<sup>2</sup> no parâmetro de volume de copa (ROMEIRO, 2012).

Diante do exposto, estes resultados indicam que, embora o uso de lodo tenha potencial como insumo agrícola, sua eficácia pode ser limitada devido a composição do substrato comercial, o qual pode já possuir as condições ideais para a produção de mudas e pelas proporções utilizadas.

A fim de obter melhores resultados o ideal seria a realização de novo experimento utilizando diferentes substratos comerciais e solos característicos da região e avaliar além da altura, número de folhas, diâmetro de caule e massa seca da parte aérea e

de raízes, o tempo de germinação e vigor de sementes utilizando misturas como substratos.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos resultados obtidos no experimento, foi possível concluir que apesar da viabilidade da utilização do lodo de esgoto higienizada ser comprovada cientificamente para diversas culturas, a produção de mudas de maracujá-azedo não foi beneficiada pela utilização deste resíduo em mistura com substrato comercial.

A possibilidade de fitotoxicidade gerada pelo excesso de nutrientes disponibilizados pelo lodo de esgoto em conjunto com o substrato comercial deve ser estudada, utilizando análises complementares. Além disso avaliação dos estádios posteriores aos três meses em que o experimento foi conduzido, devem ser consideradas para maiores esclarecimentos sobre a disponibilidade de nutrientes a longo prazo, podendo verificar ainda o efeito do resíduo reciclado no desenvolvimento de frutos.

É importante ressaltar que apesar da ausência de resultados significativos para a cultura do maracujazeiro na produção de mudas, a utilização do lodo de esgoto higienizado deve ser considerada devido a sua importância ambiental e como alternativa para barateamento do custo de produção devido a fácil obtenção deste material que é distribuído pelas companhias e empresas de saneamento sem custos ao produtor.

## REFERÊNCIAS

- ANDREOLI, C. V.; VON SPERLING, M.; FERNANDES, F. **Lodo de esgotos: tratamento e disposição final**. Belo Horizonte: UFMG, 2001.
- ANDREOLI, C. V.; LARA A. I. de.; FERREIRA, A. C.; BONNET, B. R. P.; PEGORINI, E. S.; WOLTER, F. R.; FONTOURA, H; IHLENFELD, R. G. K.; DOMASZAK, S. C. **Uso e Manejo do Lodo de Esgoto na Agricultura**. Curitiba: ABES, 1999.
- ARAÚJO, A. P. de; PAIVA SOBRINHO, S. de. Germinação e produção de mudas de tamboril (*Enterolobium Contortisiliquum* (Vell.) Morong) em diferentes substratos. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 35, n. 3, p. 581–588, 01 jun. 2011.
- BRASIL**. Ministério do Meio Ambiente. Agenda 21 brasileira: bases para discussão. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2000. 108 p. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/agenda21>. Acesso em: 10 nov. 2024.
- BORGES, N. B. **Aproveitamento dos resíduos gerados no tratamento preliminar de estações de tratamento de esgoto**. 2014. 238f. Tese (Doutorado em Ciências: Engenharia Hidráulica e Saneamento) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2014.
- CALDEIRA, M. V.; DELARMELINA, W. M.; PERONI, L.; GONÇALVES, E. de O.; SILVA, A. G. da. Lodo de esgoto e vermiculita na produção de mudas de eucalipto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 43, n. 2, p. 155–163, 2013.
- COLLIVIGNARELLI, M. C.; CANATO, M.; ABBÀ, A.; MIINO, M. C. Biosolids: What are the different types of reuse? **Journal of Cleaner Production**, [s.l.], v. 238, p. 117844, 20 nov. 2019.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). **Resolução nº 498** de 10 de agosto de 2020. Define critérios e procedimentos para produção e aplicação de biossólido em solos, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, n. 161, 21 de ago. 2020. Disponível em: [https://conama.mma.gov.br/index.php?option=com\\_sisconama&view=atonormativo&id=726](https://conama.mma.gov.br/index.php?option=com_sisconama&view=atonormativo&id=726) . Acesso em: 29 set. 2024.
- COSTA, A. da.; COSTA, A. N da. Uso agrícola do lodo de Estação de tratamento de esgoto como fonte de matéria orgânica no mamoeiro. In CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 17, 2002, Belém. **Anais** [...]. Belém: CENTUR, 2002. p.1-4.
- COSTA, A. da.; COSTA, A. N da.; VENTURA, J. A.; FANTON, C. J.; LIMA, I. de MELO.; CAETANO, L; C. S.; SANTANA, E. N. **Recomendações Técnicas para o Cultivo do Maracujazeiro**. Vitória: INCAPER, 2008.
- DANTAS, J. D de M. **Uso de lodo de esgoto como fonte alternativa de nitrogênio para o cultivo do tomateiro cereja (*Lycopersicum esculentum* sp.)** 2010. 68 f. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) - Universidade Federal de Sergipe, São

Cristóvão, 2010.

EMBRAPA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília, DF: Embrapa Solos, 2009.

EMBRAPA, **Fruticultura Tropical - PortalEmbrapa**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/portfolio/fruticultura-tropical>. Acesso em: 29 set. 2024.

FALEIRO, F.G.; JUNQUEIRA, N.T.V.; BRAGA, M.F. Pesquisa e desenvolvimento do maracujá. In: ALBUQUERQUE, A.C.S.; SILVA, R.C.; (Eds.). **Agricultura Tropical: Quatro Décadas de Inovações Tecnológicas, Institucionais e Políticas**. 1 ed. Brasília: Embrapa, 2008. p. 411-416.

FALEIRO, F. G. Maracujá: fruta nativa do Brasil para o mundo. **Anuário Campo & Negócios Hortifruti**, v. 11, p. 79-81, 2022. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/doc/1152428/1/Maracuja-fruta-nativa-2022.pdf>. Acesso em 29 set. 2024.

FARIA, W. M.; FIGUEIREDO C. C. de.; COSER, T.; VALE, A. T.; SCHNEIDER, B. G. Is sewage sludge biochar capable of replacing inorganic fertilizers for corn production? Evidence from a two-year field experiment. **Archives of Agronomy and Soil Science**, [s.l.], v. 64, n. 4, p. 505–519, 21 mar. 2018.

FERREIRA, A. C.; ANDREOLI, C. V. Produção e Características dos Biossólidos. In: Andreoli *et. al.* **Uso e Manejo do Lodo de Esgoto na Agricultura**. Curitiba, ABES, 1999. p.8 – 17.

FERREIRA, W. S.; SOUZA, M. L. R. de. Os benefícios do maracujá (*Passiflora* spp.) no Diabetes Mellitus / The benefits of passion fruit (*Passiflora* spp.) in diabetes mellitus. **Brazilian Journal of Health Review**, Belo Horizonte, v. 3, n. 6, p. 19523–19539, 27 dez. 2020.

FONSECA, T. G. **Produção de mudas de hortaliças em substratos de diferentes composições com adição de CO<sub>2</sub> na água de irrigação**. 2001. 72f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2001.

GALVÃO W. **Maracujá, para mais do que calmante**. Boletim da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, n. 6, 2021. Disponível em: <https://ufrn.br/imprensa/materias-especiais/43819/maracuja-para-mais-do-que-calmante>. Acesso em 29 set. 2024.

GONÇALVES, A. de A.; MOREIRA, C. R.; SOUZA, G. B de P.; PERES, D. M.; CANZI, G. M. Adubação com lodo de esgoto na cultura do milho. **Revista Técnico Científica do CREA-PR**, [s.l.], Ed. Especial, n. 17, p.1-13, 11 mar. 2019.

IBRAHIM, J. F. de O. N.; SILVA JÚNIOR, I. V da.; BARROS, F. da C.; PAEZ, D. R. M.; NASCENTES, A. L. SILVA, L. D. B. da. Utilização do lodo de esgoto na produção de mudas e no cultivo do eucalipto (*Eucalyptus* spp). **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, Curitiba, v. 2, n. 1, p. 564-579, 1 mar. 2019.

ILHENFELD, R. G. K.; ANDREOLI, C. V. Uso de Lodo em Áreas de Produção. *In: Andreoli et. al. Uso e Manejo do Lodo de Esgoto na Agricultura*. Curitiba, ABES, 1999. p.62 – 73.

IMHOFF, K.; IMHOFF, K. R. **Manual de Tratamento de Águas Residuárias**. [s.l.]: Edgard Blucher, 1986.

JORGE, M. H. A.; MELO, R. A de C. e.; RESENDE, F. V.; COSTA, E. SILVA, J. da.; GUEDES, I. M. R. **Informações técnicas sobre substratos utilizados na produção de mudas de hortaliças**. Brasília: Embrapa, 2020.

LEAL, M. A de A.; GUERRA, J. G. M.; PEIXOTO, R. T. G.; ALMEIDA, D. L de. Utilização de compostos orgânicos como substratos na produção de mudas de hortaliças. **Revista de Horticultura Brasileira**, Seropédica, v. 25, n. 3, p. 392–395, 11 set. 2007.

METZ R. **Efeito residual de lodos de esgoto alcalinizado sobre a atividade microbiana em três solos do estado do Paraná, sob cultivo de feijoeiro**. 2013. 91 f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo – Área de Concentração Solo e Ambiente) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

MINAMI, K.; TESSARIOLI NETO, J.; PENTEADO, S. R.; SCARPARE FILHO, J. A. **Produção de mudas hortícolas de alta qualidade**. Piracicaba: Esalq/Sebrae, 1994.

LIMA, C. H. R. (Coord.). **Diagnóstico Temático Serviços de Água e Esgoto – Visão Geral (ano de referência 2022)**. Brasília: Ministério das Cidades e Secretária Nacional de Saneamento Ambiental. (FUNAPE/UnB) Brasília, 2023. 108 p. Projeto Concluído.

PEREIRA J. T. dos S. **Estudo da eficiência de lodos ativados no tratamento de efluentes de uma indústria de bebidas**. 2019. 58 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química Industrial) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2019.

PIMENTA, H. C, D.; TORRES, F. R. M.; RODRIGUES, B. S.; ROCHA JÚNIOR, J. M da. O esgoto: A importância do tratamento e as opções tecnológicas. *In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO*, 22, 2002. Curitiba, **Anais do Encontro Nacional de Engenharia de Produção**. Disponível em: [https://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGERP2002\\_TR104\\_0458.pdf](https://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGERP2002_TR104_0458.pdf). Acesso em: 29 set. 2024.

PIO, R.; GONTIJO, T. C. A.; CARRIJO, E. P.; RAMOS, J. D.; TOLEDO, M.; VISIOLI, E. L.; TOMASETTO, F. Efeito de Diferentes Substratos no Crescimento de Mudas de Nespereira. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 10, n. 3, p. 309–312, 24 jul. 2004.

PITA, J. da S. L. **Caracterização Físico-Química e Nutricional da Polpa e Farinha**

**de Casca de Maracujazeiros do Mato e Amarelo.** Rebouças. 2012. 77 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Processos de Alimentos) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Setor de Engenharia de Alimentos, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos, Itapetinga, 2012.

PRADO, G. S.; CAMPOS, J. R. Determinação da quantidade de areia no esgoto sanitário: metodologia e estudo de caso. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, [s.l.], v. 13, n. 3, p. 306–312, 01 set. 2008.

RAMOS, A. T.; CUNHA, M. A. L.; SRUR, A. U. O. S.; PIRES, V. C. F.; CARDOSO, M. A. A.; DINIZ, M. F. M.; MEDEIROS, C. C. M. Uso de *Passiflora edulis* f. *flavicarpa* na redução do colesterol. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, João Pessoa, v.17, n. 4, p. 592-597, 1 dez. 2007.

RAMOS, M. M.; REDIN, E.; LOBO JÚNIOR, A. R. Panorama de la producción de maracuyá en Brasil, Minas Gerais y Unaí. **Revista de la Facultad de Agronomía**, La Plata, v. 122, n. 1, p. 127–127, 1 dez. 2023.

RANGEL, O. J. P.; SILVA, C. A.; BETTIOL, W.; DYNIA, J. F. Efeito de aplicações de lodos de esgoto sobre os teores de metais pesados em folhas e grãos de milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [s.l.], v. 30, n. 3, p. 583-594, 19 de set. 2006.

RIBEIRO, T. B.; LOBATO, L. C da S.; Souza, S. N.; PEGORINI, E. S.; CHERNICHARO, C. A. de L. Contribuição para o aprimoramento de projeto, construção e operação de reatores UASB aplicados ao tratamento de esgoto sanitário - Parte 2: Tratamento preliminar, bombeamento e distribuição de vazão. **Revista DAE**, [s.l.], v. 66, n. 214, p. 17–29, 2018.

RIGO, M. M.; RAMOS, R. R.; CERQUEIRA, A. A.; SOUZA, P. S. A.; MARQUES, M. R. C. Destinação e reuso na agricultura do lodo de esgoto derivado do tratamento de águas residuárias domésticas no Brasil. **Gaia Scientia**, João Pessoa, v. 8, n. 1, p. 174–186, 15 out. 2014.

ROMEIRO, J. C. T. **Atributos químicos do solo e crescimento de laranjas ‘Pera’ irrigadas com efluente de esgoto tratado e fertilizadas com lodo de esgoto compostado.** 2012. 158f. Tese (Doutorado em Agronomia / Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agrônômicas da Unesp, Botucatu, 2012.

SANEPAR.; PROSAB. **Uso e Manejo do Lodo de Esgoto na Agricultura.** 1. ed. Curitiba: ABES, 1999.

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

SANTOS, J. R. **Casca de maracujá como matéria-prima para biorrefinarias.** 2023. 70 f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Ambiente) – Universidade Federal do Tocantins, Setor de Ciências do Ambiente, Programa de Pós-Graduação em Ciências do Ambiente, Palmas, 2023.

SMIDERLE, O. J.; SALIBE, A. B.; HAYASHI, A. H.; MINAMI, K. Produção de mudas de alface, pepino e pimentão em substratos combinando areia, solo e Plantmax®. **Horticultura Brasileira**, v. 19, n. 3, p. 386–390, 1 nov. 2001.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE A GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS - **Relatório Nacional de Gestão de Resíduos Sólidos 2019**. Disponível em: <https://sinir.gov.br/relatorios/nacional/>. Acesso em 29 set. 2024.

SOUZA, C. A.; REIS JUNIOR, F. B. dos. MENDES, I. de C.; LEMAINSKI, J. SILVA, J. E. da. Lodo de esgoto em atributos biológicos do solo e na nodulação e produção de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 10, p. 1319–1327, 1 out. 2009.

TRIGUEIRO, R. de M.; GUERRINI, I. A. Utilização de lodo de esgoto na produção de mudas de aroeira-pimenteira. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 38, p. 657–665, 1 ago. 2014.

TSUTIYA, M. T.; ALÉM SOBRINHO, P. **Coleta de transporte de esgoto sanitário**. São Paulo: Epusp/PHD, 1999.

VALCORTE, P. W.; CARISSIMI, E. Espessamento de lodo através de flotação por ar dissolvido de uma estação de tratamento de água. In SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 21, 2015, Brasília. **Anais [...]**. Brasília: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2015. p.1-8.

VIEIRA A. F. S e. **Utilização do lodo de esgoto como substrato alternativo na produção de mudas de *Cedrela fissilis* Vell.** Orientador: William Macedo Delarmelina. 2022. 21 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental) – Instituto Federal do Espírito Santo, Ibatiba, 2022.