

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AMBIENTAL  
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

MARINA MAYRA SALMORIA

**USO DE LODO TÊXTIL COMO SUBSTRATO PARA A PRODUÇÃO DE MUDAS DE  
ERVA-MATE**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

FRANCISCO BELTRÃO

2021

MARINA MAYRA SALMORIA

**USO DE LODO TÊXTIL COMO SUBSTRATO PARA A PRODUÇÃO DE MUDAS DE  
ERVA-MATE**

Trabalho de Conclusão de Curso como requisito à obtenção do título de Engenheiro Ambiental do Departamento Acadêmico de Engenharia Ambiental, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Campus Francisco Beltrão.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Ticiane Sauer Pokrywiecki

FRANCISCO BELTRÃO  
2021



**TERMO DE APROVAÇÃO**  
**Trabalho de Conclusão de Curso – TCC2**

**USO DE LODO TÊXTIL COMO SUBSTRATO PARA A PRODUÇÃO DE MUDAS  
DE ERVA-MATE**

por

**Marina Mayra Salmoria**

Trabalho de Conclusão de Curso 2 apresentado às 17:30 horas, do dia 21 de maio de 2021, como requisito para aprovação da disciplina Trabalho de Conclusão de Curso 2, do Curso de Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Francisco Beltrão. A candidata foi arguida pela Banca Avaliadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Avaliadora considerou o trabalho aprovado.

Banca Avaliadora:

\_\_\_\_\_  
**Ticiane Sauer Pokrywiecki**  
(Presidente da Banca)

\_\_\_\_\_  
**Denise Andréia Szymczak**  
(Membro da Banca)

\_\_\_\_\_  
**Marcelo Bortoli**  
(Membro da Banca)

\_\_\_\_\_  
**Denise Andréia Szymczak**  
(Professora Responsável pelo TCC)

\_\_\_\_\_  
**Wagner de Aguiar**  
(Coordenador do Curso de Engenharia Ambiental)

“O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso”

Dedico este trabalho, com muito orgulho e admiração, ao meu avô, Guilherme Lima (*in memoriam*), que sempre me incentivou a estudar e ser alguém melhor a cada dia. Saudades eternas!

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer a minha querida Mãe, Sherly, por todo o apoio e dedicação depositados em mim. Sem você, Mãe, nada disso seria possível. A minha amada Avó, Gema, por sempre ter uma palavra de carinho e um ombro amigo quando tudo parecia não dar certo. Ao meu querido irmão, Emigdio, muito obrigada por sempre estar comigo. Mãe, Vó e Midio, Amo vocês infinito!

As minhas amigas, Ale, Ju, Laís, Lolo, Maria e as três Rafas, que sempre estiveram comigo em bons e maus momentos. Muito obrigada por toda a amizade, amo vocês! Maria, obrigada por toda a parceria em nosso trabalho, sem você esse trabalho não seria o mesmo. Obrigada pelos finais de semana, feriados e férias, de idas a UTF para regar as nossas mudinhas. Aos meus guris, Augusto, Bottin (obrigada por regar as plantinhas), Cristian, Gui, Savio e Testolin, obrigada pela parceria no CACEA e muito obrigada por toda a amizade e apoio. Sem vocês tenho certeza que esse período não teria graça. A nona adora vocês!

Aos meus colegas Rondonistas, Ana, Andrini, Andreia, Daiane, Felipe, Gabi e Priscila, muito obrigada por vivenciarem comigo uma das experiências mais incríveis da minha vida! Aos professores Gustavo Sato e Maici Leite, obrigada por me permitirem fazer parte do projeto Rondon, não tenho palavras pra descrever o quão significativa essa experiência foi para mim!

A Prof. Ma. Izadora, muito obrigada por toda a ajuda em meu trabalho, você foi fundamental para o desenvolvimento dele. A Prof. Dra. Michelle, muito obrigada pela oportunidade de participar do projeto geotinta e por todo conhecimento transmitido.

A Prof. Dra. Denise muito obrigada por todo apoio na parte prática e teórica em meu trabalho. Ao Prof. Dr. Marcelo, muito obrigada por todas as contribuições em meu trabalho, suas sugestões foram fundamentais para o resultado final.

A minha orientadora Prof. Dra. Ticiane, meu agradecimento pela orientação, apoio e por toda contribuição neste projeto.

Agradeço também ao laboratório Central análises – UTFPR Campus Pato Branco pela realização da análise de FTIR presente neste trabalho.

A todos os professores que transmitiram conhecimento a longo destes anos, muito obrigada! A todas as pessoas que passaram e estiveram presentes em minha vida, durante a graduação, meu muito obrigada!

## RESUMO

SALMORIA, Marina Mayra. **Uso de lodo têxtil como substrato para a produção de mudas de erva-mate**. 44 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Francisco Beltrão, 2021.

A produção de roupas é uma das artes mais antigas exercidas pelo ser humano. Inicialmente eram utilizados corantes naturais para o tingimento dos tecidos, mas com o advento de novas tecnologias foi possibilitada a produção de compostos químicos substituintes. Tendo em vista o crescimento populacional e conseqüentemente o aumento do consumo de confecções, a produção em larga escala, o surgimento dos corantes químicos e demais compostos utilizados na indústria têxtil houve um aumento expressivo na produção de resíduos, tanto sólidos quanto líquidos. A fim de minimizar os impactos ambientais desde a geração do efluente têxtil até o preparo do lodo, este trabalho teve como objetivo verificar a eficiência do uso do lodo, proveniente da indústria têxtil, como substrato no desenvolvimento de mudas de erva-mate. As mudas foram plantadas em quatro diferentes concentrações nas porcentagens de 0%, 10%, 20% e 30% de lodo têxtil e para fins comparativos utilizou-se 100 % de um substrato comercial em um dos tratamentos. Foram realizadas análises fitomorfológicas para acompanhamento do desenvolvimento das mudas e análises físico-químicas para caracterização do lodo têxtil. Para os parâmetros de altura total das mudas e diâmetro de coleto pode-se observar um desenvolvimento estatisticamente similar entre o tratamento com maior concentração de lodo têxtil (30%) e ao tratamento que utilizou 100% de substrato comercial. Alguns fatores como o tamanho das partículas do lodo podem ter influenciado na diminuição da porosidade e aumento da densidade do solo, podendo ter causado a sua compactação, dificultando o desenvolvimento das mudas. Para estudos futuros, pode ser feita a correlação com a presença de microrganismos patogênicos e a absorção de compostos tóxicos nas folhas da planta, ademais sobre a destinação final do lodo em solo, visando a redução de custos com o tratamento deste resíduo.

**Palavras-chaves:** Florestas. *Ilex paraguariensis*. Substrato. Resíduo.

## ABSTRACT

SALMORIA, Marina Mayra. **Textile sludge used as a substrate for the production of mate herbs.** 43 f. Course Conclusion Paper (Graduate in Environmental Engineering) - Federal Technological University of Paraná. Francisco Beltrão, 2021.

The production of clothes is one of the oldest arts exercised by human beings, in which for a long time dyes, even if natural, have been used to dye fabrics. Dyes are widely used today, but in general the textile industry started to adopt them in the form of chemicals. In view of population growth and consequently the increase in consumption of clothing, large-scale production, the emergence of chemical dyes and other compounds used in the textile industry, there was a significant increase in the production of waste, both solid and liquid. In order to minimize the environmental impacts from the generation of textile effluent to the preparation of the sludge, this work aimed to verify the efficiency of using the sludge from the textile industry as a substrate in the development of yerba mate seedlings. Seedlings were planted at four different levels in the percentages of 0%, 10%, 20% and 30% of textile sludge and for comparative purposes using 100% of a commercial substrate in one of the treatments. Phytomorphological analyzes were analyzed to monitor the development of seedlings and physical-applied analyzes to characterize the textile sludge. For the parameters of total height of seedlings and stem diameter, a statistically similar development can be observed between the treatment with the highest concentration of textile sludge (30%) and the treatment that used 100% of commercial substrate. Some factors such as the size of the sludge particles may have influenced the decrease in porosity and increase in porosity, and the compaction of the soil may have an outcome, hindering the development of seedlings. For future studies, studies related to the presence of pathogenic microorganisms and the absorption of toxic compounds in the leaves of the plant can be carried out, as well as studies on the final destination of the sludge in the soil, the reduction of costs with the treatment of this residue.

**Keywords:** Forests. *Ilex paraguariensis*. Substrate. Residue.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

|  |    |
|--|----|
| <b>Figura 1</b> – Distribuição natural da erva-mate .....  | 15 |
| <b>Figura 2</b> – Produtividade da erva-mate no Brasil .....   | 16 |
| <b>Figura 3</b> – Classificação climática segundo Köppen.....  | 17 |
| <b>Figura 4</b> – Localização da estufa na UTFPR.....  | 18 |
| <b>Figura 5</b> – Estufa vista de frente.....  | 18 |
| <b>Figura 6</b> – Mapa da localização do empreendimento onde o lodo foi coletado .....   | 19 |
| <b>Figura 7</b> – Preenchimento dos vasos com solo e lodo.....   | 20 |
| <b>Figura 8</b> – Fluxograma do processo de secagem do lodo têxtil .....   | 21 |
| <b>Figura 9</b> – Secagem do lodo têxtil em estufa .....   | 22 |
| <b>Figura 10</b> – Modelo do esquema a ser seguido no tratamento .....   | 24 |
| <b>Figura 11</b> – Medição da altura das mudas de erva-mate .....  | 25 |
| <b>Figura 12</b> – Medição do diâmetro de coleto nas mudas de erva-mate .....  | 26 |
| <b>Figura 13</b> – Processo de secagem do lodo têxtil .....  | 28 |
| <b>Figura 14</b> – Espectrograma do lodo têxtil .....  | 29 |
| <b>Figura 15</b> – Acompanhamento da altura média das mudas de erva-mate em relação ao tempo de estudo e o tipo de tratamento a que estava submetida.....              | 31 |
| <b>Figura 16</b> – Resultado do teste de Tukey com significância de 5% para o parâmetro de Altura Total.....   | 32 |
| <b>Figura 17</b> – Acompanhamento do diâmetro médio de coleto das mudas de erva-mate em relação ao tempo de estudo e o tratamento a que estavam submetidas.....        | 33 |
| <b>Figura 18</b> – acompanhamento do desenvolvimento médio foliar das mudas de erva-mate em relação ao tempo de estudo e ao tratamento em que estavam submetidas ..... | 35 |
| <b>Figura 19</b> – Infiltração no solo dos vasos com a muda de erva-mate.....  | 37 |



## SUMÁRIO

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| <b>1</b> | <b>INTRODUÇÃO</b> .....   | <b>10</b> |
| <b>2</b> | <b>OBJETIVOS</b> .....  | <b>11</b> |
| 2.1      | OBJETIVO GERAL.....   | 11        |
| 2.2      | OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....   | 11        |
| <b>3</b> | <b>REVISÃO DE BIBLIOGRÁFICA</b> .....   | <b>12</b> |
| 3.1      | IMPACTOS AMBIENTAIS DA INDÚSTRIA TÊXTIL .....   | 12        |
| 3.2      | LODO TÊXTIL .....   | 12        |
| 3.3      | PRODUÇÃO DE MUDAS .....   | 13        |
| 3.4      | SUBSTRATOS.....   | 14        |
| 3.5      | ERVA-MATE .....   | 14        |
| <b>4</b> | <b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....   | <b>17</b> |
| 4.1      | CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....   | 17        |
| 4.2      | PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL .....   | 18        |
| 4.3      | COLETA DO LODO .....  | 19        |
| 4.3      | COLETA DE SOLO.....   | 20        |
| 4.4      | PREPARO DO LODO TÊXTIL .....  | 21        |
| 4.5      | CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICAS DO LODO.....   | 21        |
| 4.5.1    | Teor de umidade .....   | 22        |
| 4.5.2    | pH .....  | 23        |
| 4.5.3    | Espectrometria no Infravermelho com Transformada de Fourier com reflexão total<br>atenuada (FTIR-ATR) ..... | 23        |
| 4.6      | PRODUÇÃO DE MUDAS DE ERVA-MATE .....  | 23        |
| 4.6.1    | Parâmetros fitomorfológicos .....   | 24        |
| 4.6.1.1  | <i>Altura total</i> .....   | 25        |
| 4.6.1.2  | <i>Diâmetro de Coleto</i> .....   | 25        |
| 4.6.1.3  | <i>Número de folhas</i> .....   | 26        |
| 4.6.1.4  | <i>Percentual de plantas sobreviventes por parcela – PPS%</i> .....   | 26        |

|   |           |
|---|-----------|
| 4.7 ANÁLISES ESTATÍSTICAS .....   | 26        |
| <b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>   | <b>28</b> |
| 5.1 PREPARO DO LODO TÊXTIL .....  | 28        |
| 5.2 CARACTERIZAÇÕES FÍSICO-QUÍMICAS DO LODO .....   | 28        |
| 5.2.1 Teor de umidade .....   | 28        |
| 5.2.2 pH .....  | 29        |
| 5.2.3 Espectrometria no Infravermelho com Transformada de Fourier com reflexão total<br>atenuada (FTIR-ATR) ..... | 29        |
| 5.3 PARÂMETROS FITOMORFOLÓGICOS.....  | 30        |
| 5.3.1 Altura Total .....  | 30        |
| 5.3.2 Diâmetro de coleto.....   | 33        |
| 5.3.3 Número de Folhas.....   | 34        |
| 5.3.4 Plantas Sobreviventes por Parcela – PSP %.....  | 36        |
| 5.4 EFICIÊNCIA DO LODO TÊXTIL NO PLANTIO DAS MUDAS DE ERVA-MATE .....   | 36        |
| <b>6 CONCLUSÃO .....</b>  | <b>38</b> |
| <b>7 SUGESTÕES PARA ESTUDOS FUTUROS .....</b>   | <b>39</b> |
| <b>REFERÊNCIAS .....</b>  | <b>40</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

A confecção de roupas tingidas com corantes naturais pode ser considerado um dos trabalhos mais antigos exercidos pela humanidade. Entretanto, com o avanço tecnológico aliado às exigências pelos consumidores e demanda pela fabricação dessas peças surgiu a necessidade de utilização de corantes químicos utilizados nas etapas de produção e tingimento das peças.

O uso de corantes e de vários produtos químicos no tingimento das peças, gera um efluente que precisa passar por um processo de tratamento para a remoção desses poluentes. Além disso, é necessário controlar as características do efluente para que os mesmos se adequem às do corpo receptor, que em muitos casos, apresenta-se como um manancial próximo ao empreendimento.

Ao realizar o tratamento deste efluente ocorre a geração de lodo, que por sua vez também necessita de tratamento, pois contém todos os compostos químicos existentes no efluente. Dentre os diversos tratamentos existentes para o lodo gerado têm-se a compostagem e a incineração, que quando realizados de forma incorreta podem causar contaminação no solo, água e ar.

Novas aplicações para a utilização desse lodo vêm sendo pesquisadas, como as realizadas por Bautista-Vargas *et al.* (2015), onde foram utilizadas diferentes proporções (10, 20 e 30%) de lodo têxtil como substrato na produção de hortênsias (*Hydrangea macrophylla* L.) e também por Castro *et al.* (2015), que utilizou o lodo têxtil como um componente na fabricação de blocos cerâmicos.

Tendo em vista a necessidade de encontrar alternativas sustentáveis para o uso de lodo têxtil, aliado ao potencial produtivo e econômico da erva-mate na região Sul do Brasil, o presente estudo, objetivou avaliar o potencial fertilizante do lodo têxtil na produção de mudas da erva-mate.

Além disso, contribuir na redução dos custos do tratamento do resíduo que é gerado no tratamento do efluente têxtil, transformando-o em um subproduto com valor agregado – fertilizante – que pode conceber lucro, ao invés de despesas, para a empresa que o gera, e para os produtores de mudas florestais, por se tratar de um insumo relativamente acessível.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Analisar a aplicabilidade da utilização do lodo da indústria têxtil como substrato na produção de mudas de erva-mate (*Ilex paraguariensis*).

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar o preparo do lodo têxtil para tornar-se um substrato;
- Caracterizar lodo têxtil através de parâmetros físico-químicos;
- Analisar o desenvolvimento das mudas de erva-mate em diferentes proporções de Lodo/Solo.

### 3 REVISÃO DE BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 IMPACTOS AMBIENTAIS DA INDÚSTRIA TÊXTIL

A indústria têxtil representa um importante parcela da economia brasileira e é notório o seu crescimento com o passar dos anos. Essa expansão consequentemente aumenta a geração de resíduos industriais que, caso não recebam o tratamento adequado, podem gerar graves consequências ao meio ambiente assim como à saúde pública (PRIM, 1998; ALMEIDA, 2015).

O alto custo dos processos dos meios de preservação do meio ambiente, resultante da alta tecnologia empregada, faz com que muitas empresas deixem de lado a preocupação ambiental. Muitos dos impactos ambientais são causados em decorrência da produção do efluente e do seu subproduto, o lodo, podendo causar poluição no ar, a água e o solo, necessitando de um agrupamento de técnicas de tratamento eficazes (GUERCIO, 2006; RIBEIRO *et al.*, 2010).

O consumo de água da indústria têxtil é bastante elevado, visto que, são consumidos no mundo em média 130 bilhões de m<sup>3</sup>/ano, o que consequentemente gera grande quantidade de efluente industrial contendo alta carga de compostos químicos, sendo indispensável o tratamento deste resíduo líquido (ROSA, 2019).

#### 3.2 LODO TÊXTIL

Segundo Rosa (2004), no processo de produção da indústria têxtil ocorre a formação do efluente têxtil, que para ser descartado em um corpo hídrico, necessita ser tratado adequadamente. Para o tratamento de efluentes têxteis várias tecnologias podem ser empregadas, com métodos físico-químicos e biológicos. Esse último, é normalmente a técnica mais difundida no tratamento de efluentes têxteis, pois há uma gama de microrganismos que apresentam capacidade de degradar os diferentes poluentes.

O lodo produzido a partir dos processos industriais têxteis de preparação do material cru, tingimento, tecelagem, entre outros, contém compostos que apresentam níveis de toxicidade tais como a soda, polímeros corantes e sais ácidos. Por isso, em razão das características dos lodos

produzidos, os mesmos deveriam ser encaminhados principalmente para aterros industriais, serem incinerados, ou ainda encaminhados para estabilização. Diversos estudos buscando novas aplicações para os lodos industriais vêm sendo desenvolvidos (PRIM, 1998; ROSA, 2004).

Alguns dos estudos realizados por Prim (1998), Rosa (2004), Castro *et al.* (2015) e Bautista-Vargas *et al.* (2015) mostram que é possível reaproveitar o lodo proveniente da indústria têxtil de diversas formas, principalmente na produção de plantas ou na construção civil, conforme discutido e apresentado nos estudos.

### 3.3 PRODUÇÃO DE MUDAS

Segundo Kratz *et al.* (2013), devido a produção de mudas no país, aliada aos avanços tecnológicos e a preocupação com o meio ambiente, houve a necessidade de busca por compostos alternativos. Dentre eles os compostos orgânicos, como o lodo de esgoto, cascas de árvores e de arroz ganham destaque.

A busca pela produção de novos tipos de substratos provenientes de subprodutos auxilia em questões ambientais, visto que valoriza um resíduo que antes demandava gastos para ser tratado, e pode auxiliar em questões futuras surgindo como uma alternativa para os substratos atuais, que futuramente podem não responder mais de forma satisfatória (KRATZ *et al.*, 2013).

De acordo com Faria *et al.* (2016), a escolha das mudas a serem utilizadas deve ser definida após a realização de estudos sobre a área, optando por mudas nativas e resistentes, garantindo assim uma boa reprodução.

Algumas condições possuem grande importância na produção de mudas florestais, tais como o substrato utilizado, a semente escolhida, qual a quantidade de composto inserida no recipiente do cultivo e também a forma de manipulação destas mudas (FARIA, 2016).

No Brasil, as mudas de erva-mate são produzidas a partir de sementes não selecionadas, o que acarreta em um crescimento irregular e baixo rendimento, ocasionando a diminuição do valor de mercado do produto final (SANTIN *et al.*, 2015).

### 3.4 SUBSTRATOS

Segundo Melo; Bertolozzo & Vargas (2006), um substrato tem a função de fornecer os nutrientes que a planta necessita, pois é nele que a muda irá se fixar.

As características físicas de um substrato têm grande importância. Um bom substrato deve apresentar boa porosidade, densidade, granulometria e quantidade de água disponível, pois possuindo essas propriedades, a planta receberá água e oxigênio de forma efetiva e seu desenvolvimento ocorrerá de forma adequada (DORNELES, 2012).

A nutrição fornecida pelo substrato no início do enraizamento das plantas tem grande importância (MALAVASI, 1994). Um bom substrato precisa equilibrar a retenção de umidade e a aeração para que o desenvolvimento radicular ocorra de forma adequada (FRANZON; CARPENEDO; SILVA, 2010).

A caracterização dos substratos tem muita importância para que os produtores tenham conhecimento do produto que estarão utilizando (ZORZETO, 2014). De acordo com Wendling; Guastala & Domingos (2006) a utilização de substratos com baixo custo e com boa eficiência é um ponto importante para os produtores de mudas florestais. Entre os substratos estudados pelos autores, os que mostram melhor custo benefício para a produção de mudas de erva-mate foram o esterco bovino e os substratos que continham o palito da erva-mate.

### 3.5 ERVA-MATE

A erva-mate foi identificada e catalogada pelo francês Auguste de Saint- Hilaire, e recebeu o nome científico de *Ilex paraguariensis* por ser encontrada na pequena região de Paraguari, no Paraguai (OLIVEIRA & ROTTA, 1985). Pertence à família *Aquifoliaceae* e seu cultivo é caracterizado como silvicultura (SANTOS, 2004). É uma espécie que tolera bem a sombra, sendo caracterizada como espécie clímax. Seu crescimento é lento, mas a planta pode atingir cerca de sete metros de altura (CARVALHO, 1994).

É uma planta originária do Sul da América do Sul, com área de incidência concentrada na Argentina, Brasil e Paraguai. Conforme apresentado na Figura 1, no Brasil a maior parte de sua existência, cerca de 80%, se concentra nos três estados da Região Sul, Paraná, Santa Catarina e Rio

Grande do Sul. Ademais uma de parte em Mato Grosso do Sul e São Paulo (OLIVEIRA & ROTTA, 1985; ESMELINDRO *et al.*, 2002).

De acordo com Rossa *et al.* (2017) e Poletto *et al.* (2010), a erva-mate é uma planta que se desenvolve bem em locais com bons níveis de sombreamento, características encontradas em espécies clímax que se desenvolvem melhor no interior de florestas. Por conta disso, para manter seus níveis de produção, e melhorar o fornecimento de nutrientes para as plantas, os substratos vêm sendo cada vez mais utilizados.

O consumo da erva-mate ocorre principalmente na forma do chimarrão, bebida tradicionalmente consumida nos estados da Região Sul. Do mesmo modo, podem ser produzidos doces, salgados bebidas e cosméticos (SAMBIASSI *et al.*, 2002).

**Figura 1** – Distribuição natural da erva-mate.



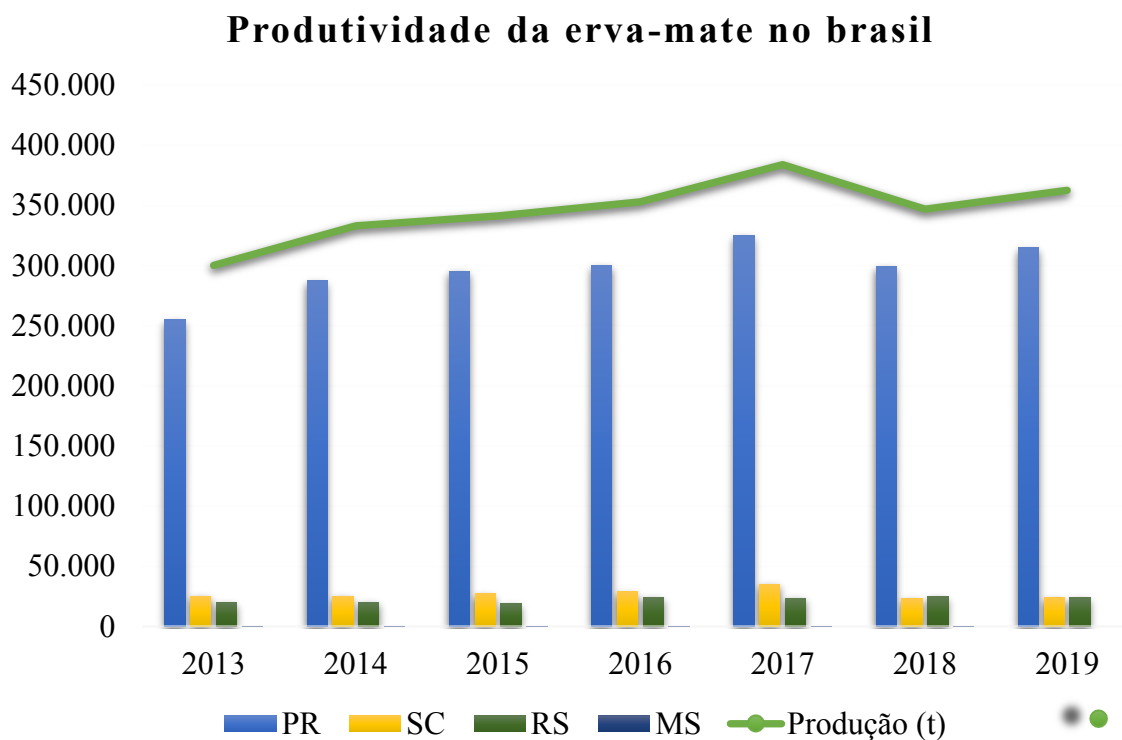
Fonte: Oliveira & Rotta (1985).

Dentre os países onde a erva-mate se distribui, o Brasil é o seu maior produtor. Com o intuito de melhorar a qualidade do produto a Emater/RS desenvolveu a Certificação de Qualidade da Erva-Mate, através de um manual com os requisitos necessários para a obtenção da certificação, objetivando a excelência na qualidade do produto (EMATER/RS, 2009).



O estado do Paraná produz em média 296.593 ton/ano de erva-mate, sendo considerado o maior beneficiador da planta, seguido de Santa Catarina com 26.951 ton/ano. O Rio Grande do Sul produz cerca de 22.150 ton/ano e por último o Mato Grosso do Sul, com uma pequena produção de 130 ton/ano (IBGE, 2020). Na Figura 2, é possível verificar os dados da produção nacional entre os anos de 2013 a 2019.

**Figura 2** – Produtividade da erva-mate no Brasil.



Fonte: Adaptado IBGE Sidra.

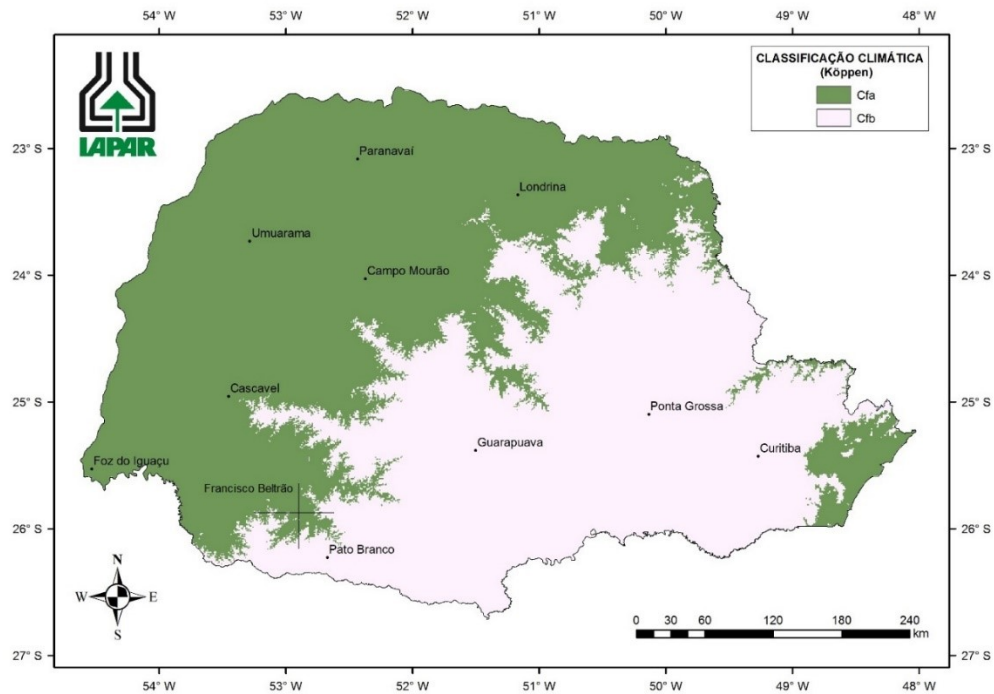
## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A pesquisa foi desenvolvida na Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), campus Francisco Beltrão, situado na Linha Santa Bárbara.

A cidade de Francisco Beltrão fica localizada na Região Sudoeste do Estado do Paraná e tem localização geográfica  $26^{\circ}04'20''\text{S}$  e longitude  $53^{\circ}03'20''\text{W}$ . Seu clima é classificado segundo Köppen, majoritariamente, como Cfa – clima subtropical (Figura 3), apresentando verões quentes e chuvosos e temperaturas variando abaixo de  $18^{\circ}\text{C}$  e acima de  $22^{\circ}\text{C}$ , no dia mais frio e no dia mais quente, respectivamente (NETO, 2010; NITSCHKE et al., 2019).

**Figura 3** – Classificação climática segundo Köppen.



Fonte: NITSCHKE et al. (2019).

## 4.2 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

O presente estudo foi realizado entre os meses de agosto a novembro do ano de 2019, sendo iniciado na última semana de agosto e finalizado na primeira semana de novembro.

As mudas foram cedidas pelo Viveiro Municipal de Salgado Filho/PR, localizado na Região Sudoeste do Paraná. As mudas foram recebidas em tubetes com aproximadamente seis meses e replantadas em vasos com capacidade para cinco quilos de solo, lodo e/ou substrato, de acordo com cada tratamento estabelecido.

O replantio das mudas foi feito em uma estufa localizada na UTFPR, com localização destacada na Figura 4. A estufa possui aproximadamente 60 m<sup>2</sup>, é aberta nas laterais e coberta com sombrite, conforme mostra a Figura 5.

**Figura 4** – Localização da estufa na UTFPR.



Fonte: Google Earth

**Figura 5** – Estufa vista de frente.



Fonte: Autora.

### 4.3 COLETA DO LODO

O lodo proveniente da indústria têxtil foi coletado em uma pequena fábrica de produção de jeans localizada na cidade de Chopinzinho, no Sudoeste do Estado do Paraná (localização em destaque na Figura 6). A fábrica está em funcionamento desde 1996, possui uma área de 1107 m<sup>2</sup> e uma produção média de 3 mil peças por mês. Todo o efluente gerado passa por uma caixa de decantação e posteriormente é destinado para a companhia de saneamento do Paraná, Sanepar, pela rede de esgoto municipal.

Foram coletados cerca de 50 L de efluente bruto, em uma bombona plástica, na caixa de decantação para onde o efluente é encaminhado após realização da lavagem do jeans.

Após a coleta, o efluente foi disposto no leito de secagem para obtenção do lodo seco.

**Figura 6** – Mapa da localização do empreendimento onde o lodo foi coletado.



Fonte: Google Earth



### 4.3 COLETA DE SOLO

Segundo consta no Plano Diretor (2018), a cidade de Francisco Beltrão, situada no interior do sudoeste do Estado do Paraná, parte do Terceiro Planalto Paranaense, tem seu solo formado principalmente por rochas basálticas, resultantes dos derrames de lava da era mesozoica. São solos argilosos, com profundidade boa, caracterizando o relevo ondulado da área.

O solo utilizado no estudo foi coletado na Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Francisco Beltrão. Foram coletados cerca de 130 kg de solo para preenchimento dos vasos. O solo foi retirado de uma profundidade de aproximadamente 40 cm e estava bastante compactado por conta de a área ser aterrada. Após a coleta os torrões foram destorroados e o solo foi distribuído nos vasos nas porções necessárias para cada um dos tratamentos, conforme a Figura 7. Na amostra contendo substrato comercial, não foi utilizado solo.

**Figura 7** – Preenchimento dos vasos com solo e lodo.

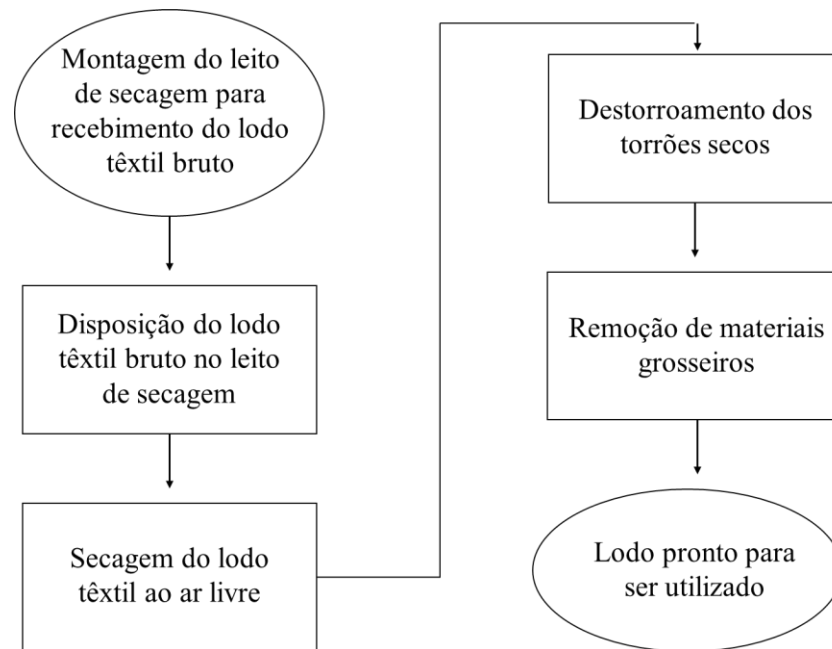


Fonte: Autora.

#### 4.4 PREPARO DO LODO TÊXTIL

Na Figura 8, está disposto o fluxograma de como foi realizado o preparo do lodo têxtil. Primeiramente foi realizada a montagem da estrutura leito de secagem para dispor o lodo bruto para posterior secagem. O lodo permaneceu nessa estrutura pelo período de 13 dias até secar completamente. Com a secagem formaram-se torrões que foram destorroados para que o lodo pudesse ser peneirado com maior facilidade, para a remoção dos materiais grosseiros. Após esse processo o lodo estava pronto para ser utilizado.

**Figura 8** – Fluxograma do processo de secagem do lodo têxtil.



Fonte: Autora.

#### 4.5 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICAS DO LODO

Alguns produtos químicos são utilizados na lavagem do jeans, processo que gera o efluente têxtil. Entre eles, destacam-se: peróxido de hidrogênio, hipoclorito de sódio, metassilicato de sódio, branco óptico, corantes, detergentes e matabissulfito.

Para a caracterização do lodo têxtil foram seguidos alguns dos parâmetros utilizados por Pereira (2018), os quais estão listados abaixo:

#### 4.5.1 Teor de umidade

A determinação do teor de umidade do lodo de indústria têxtil foi realizada de acordo com a norma ASTM D 2867 (2004) – secagem em estufa.

A Figura 9 mostra como foi realizada a secagem do lodo têxtil em estufa, onde permaneceu por 24 horas a uma temperatura de 105 °C. Antes da secagem do lodo foi realizada a pesagem da massa úmida, que após o período de 24 horas dentro da estufa foi pesado novamente. Com esses valores foi realizado o cálculo de teor de umidade.

**Figura 9** – Secagem do lodo têxtil em estufa.



Fonte: Autora.

(1)

O teor de umidade foi calculado pela Equação 1 apresentada abaixo:

$$U (\%) = \frac{Mu}{Ms} * 100$$

(1)

Onde:

U (%) – Percentual de umidade;

Mu – Massa úmida;

Ms – Massa seca.

#### 4.5.2 pH

O potencial hidrogeniônico (pH) foi realizado para identificar o potencial ácido ou básico do material analisado. Para essa verificação, a normativa ASTM D 3838-80, 1999 foi seguida.

#### 4.5.3 Espectrometria no Infravermelho com Transformada de Fourier com reflexão total atenuada (FTIR-ATR)

Os espectros foram obtidos na região de comprimento de onda variando no intervalo de de 500 a 4000  $\text{cm}^{-1}$  em espectrofotômetro de infravermelho com transformada de Fourier com reflexão atenuada (FTIR-ATR) com 32 acumulações.

A análise espectrométrica foi realizada no laboratório Central de Análises da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Pato Branco. Para a interpretação do gráfico foi utilizada a metodologia descrita por Silverstein *et al.* (2019). Os dados obtidos na análise de espectrometria no infravermelho foram plotados no *software* Origin 2021, durante a licença gratuita.

#### 4.6 PRODUÇÃO DE MUDAS DE ERVA-MATE

Ao realizar a leitura dos aspectos ambientais do Plano Diretor do município de Francisco Beltrão (2018), no qual são apresentados dados das espécies arbóreas que melhor se adaptam e têm maior interesse econômico na região, foi observado que a erva-mate, além de interesse econômico, possui um bom desenvolvimento ao longo do ano, principalmente no inverno e primavera, período que o estudo foi realizado.

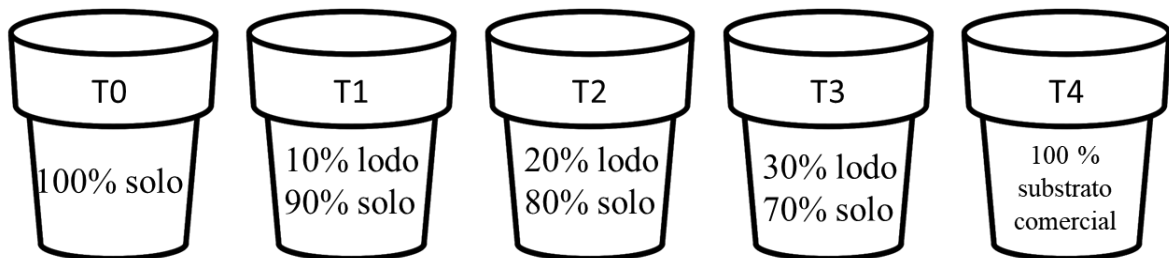
As mudas utilizadas no presente estudo foram cedidas pelo viveiro municipal de Salgado Filho – PR, onde estavam em tubetes prontas para o replantio.



Para verificar a eficiência da utilização do lodo como substratos na produção de mudas de erva-mate, foram conduzidos experimentos com diferentes proporções de lodo + solo, denominados como tratamentos T<sub>0</sub>, T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub> e T<sub>4</sub>. Onde T<sub>0</sub> é composto por 100 % de solo, T<sub>1</sub> é composto por 10 % de lodo e 90 % de solo, T<sub>2</sub> por 20 % de lodo e 80 % de solo, T<sub>3</sub> por 30 % de lodo e 70 % de solo, e por fim T<sub>4</sub> recebe apenas substrato comercial. O percentual de lodo utilizado em cada um dos tratamentos foi baseado no estudo realizado por Bautista-Vargas *et al.* (2015), que utilizou o lodo têxtil nas mesmas proporções para produzir hortênsias.

Todos os tratamentos tiveram cinco repetições, totalizando 25 (vinte e cinco) amostras. Na Figura 10, estão os tratamentos em que as mudas foram submetidas. Cada vaso tinha capacidade para 5 kg, onde cada um foi preenchido de acordo com o tratamento definido.

**Figura 10** – Modelo do esquema a ser seguido no tratamento.



Fonte: Autora.

Os vasos com as mudas de erva-mate replantadas foram posicionados, por sorteio, de forma que a posição não influenciasse no desenvolvimento das mudas.

#### 4.6.1 Parâmetros fitomorfológicos

Os parâmetros fitomorfológicos foram analisados para observar o desenvolvimento das mudas durante o experimento. Durante os 60 dias em que as mudas ficaram plantadas no local do experimento, foram realizadas as medições de altura, número de folhas, diâmetro de coleto e plantas sobreviventes por parcela, conforme metodologia utilizada por Saidelles, Reinert & Salet (2003), que observaram o crescimento inicial da erva-mate, em diferentes classes de solo, através destes parâmetros.

#### 4.6.1.1 *Altura total*

A altura das mudas foi medida a com régua milimetrada de 30 cm a partir do caule até o topo da planta (final do caule), conforme demonstra a Figura 11.

**Figura 11** – Medição da altura das mudas de erva-mate.



Fonte: Autora.

#### 4.6.1.2 *Diâmetro de Coletor*

Quando a muda possuía bifurcações, como na Figura 12, eram realizadas medições em cada um dos caules. Para a mensuração do diâmetro de coletor eram somadas as medidas, com o total dividido pelo número de bifurcações.

O diâmetro de coletor foi medido com um paquímetro universal digital, conforme mostra também a Figura 12:

**Figura 12** – Medição do diâmetro de coleto nas mudas de erva-mate.



Fonte: Autora.

#### *4.6.1.3 Número de folhas*

O número de folhas de cada uma das mudas foi contabilizado manualmente durante os 60 dias de estudo. As folhas eram contadas a cada 15 dias.

#### *4.6.1.4 Percentual de plantas sobreviventes por parcela – PPS%*

Por conta de o lodo têxtil não ser um composto comumente utilizado como substrato na produção de mudas, por sua origem e dos inúmeros compostos utilizados no processo de fabricação de jeans, acreditava-se que o lodo poderia ser tóxico. Por isso da verificação da sobrevivência das plantas por tratamento.

### 4.7 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Ao final dos 60 dias foi verificado, a partir das análises estatísticas, qual dos cinco tratamentos (T<sub>0</sub>, T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub> e T<sub>4</sub>) proporcionou o melhor desenvolvimento das mudas de erva-mate.

Para que os resultados possuam maior confiabilidade foram realizadas as comparações análises estatísticas de análise de variância (ANOVA) e o teste de Tukey com significância de 5% utilizando o *software* Minitab 17.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 PREPARO DO LODO TÊXTIL

Na Figura 13 está apresentado o processo de secagem do lodo no leito de secagem montado. Na terceira imagem, da esquerda para a direita, podem ser observado os torrões que se formaram ao final da secagem do lodo. Após a secagem eles foram destorroados (quarta imagem), que ainda possuía alguns materiais grosseiros, os quais foram eliminados por peneiramento (resultado visto na última figura), finalizando o processo para utilização do lodo nas mudas de erva-mate. Ainda nesta imagem, pôde ser observada a textura do lodo, que era aveludada, semelhantes a partículas muito finas de tecido.

**Figura 13** – Processo de secagem do lodo têxtil.



Fonte: Autora.

### 5.2 CARACTERIZAÇÕES FÍSICO-QUÍMICAS DO LODO

#### 5.2.1 Teor de umidade

A partir do cálculo realizado, o teor de umidade obtido foi acima de 300%. Isso se deve por conta de o lodo têxtil ser um resíduo resultante da lavagem do jeans, processo que utiliza grande quantidade de água, fazendo com que a mistura da água com as peças de jeans e os produtos químicos forme uma mistura super saturada, bem como o efluente resultante deste processo.

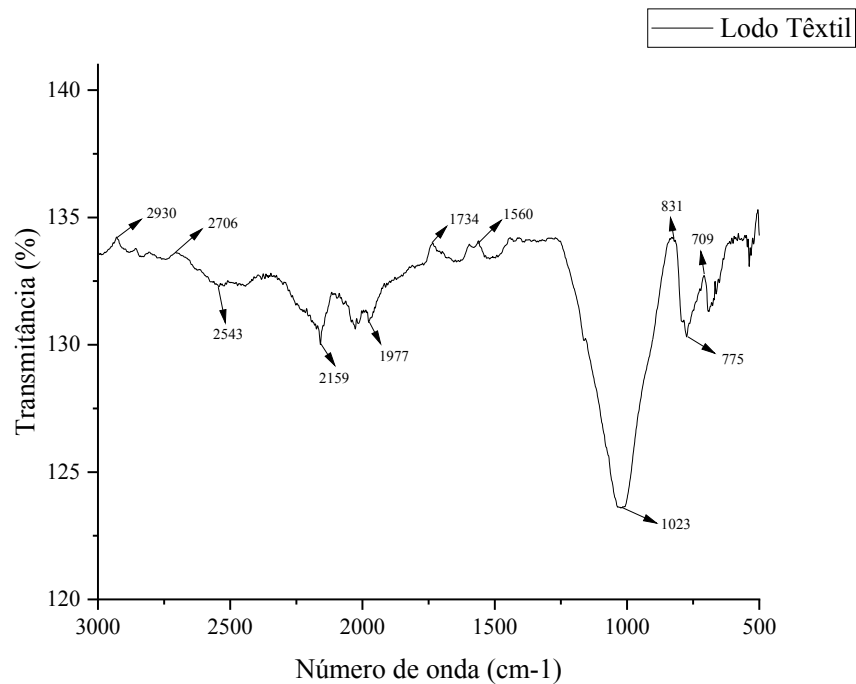
### 5.2.2 pH

O pH do lodo têxtil medido foi de 3,65, caracterizado como ácido. Dados contrários foram encontrados no trabalho realizado por Narváez-Ortiz *et al.* (2013), onde o pH medido da amostra de lodo têxtil utilizada foi de 8,4, sendo considerado um pH básico. Essa diferença pode ser devido aos produtos químicos utilizados no processo da lavagem do jeans.

### 5.2.3 Espectrometria no Infravermelho com Transformada de Fourier com reflexão total atenuada (FTIR-ATR)

A análise de Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR) teve como objetivo conhecer os grupos funcionais presentes na superfície do material pesquisado, neste caso, lodo de indústria têxtil. A Figura 14 apresenta o gráfico gerado a partir da análise realizada no lodo têxtil.

**Figura 14** – Espectrograma do lodo têxtil.



Fonte: Autora.

Segundo Silverstein *et al.* (2019), a área mais importante para identificação dos espectros é entre as regiões de 4000 a 1300  $\text{cm}^{-1}$ , nessa região ficam localizados os grupos funcionais como OH, NH e C=O.

Pelos espectros obtidos pelo infravermelho, na Tabela 1 estão apresentados os grupos funcionais determinados segundo Silverstein *et al.* (2019). Pode-se admitir a presença de compostos derivados de nitrogênio, enxofre e também de fosforo.

A identificação dos compostos presentes no lodo é de grande importância principalmente se for utilizado para o cultivo de erva-mate, pois as folhas da planta são utilizadas para a fabricação de alimentos e infusões. Em estudos realizados por Narváez-Ortiz *et al.* (2013), que utilizaram o lodo têxtil na produção de tomates, os autores citam que os frutos poderiam ser consumidos, por conta de o lodo não apresentar metais pesados e também ausência de patógenos como a *Salmonella spp.* Os autores ainda citam que o lodo têxtil possui baixa fertilidade, contudo, segundo a EMBRAPA (2019), para a erva-mate ser cultivada a fertilidade do solo precisa ser de média a alta.

**Tabela 1** – Grupos funcionais e bandas de absorção na FTIR.

| <b>Grupo funcional</b>      | <b>Número de Onda <math>\text{cm}^{-1}</math></b> |
|-----------------------------|---|
| <b>Nitratos e nitritos</b>  | 1800 – 1600; 1400 – 1200                          |
| <b>Sulfonatos</b>           | 1400 – 1000                                       |
| <b>Compostos de Fosforo</b> | 1200 – 800  |

Fonte: Adaptado de Silverstein *et al.* (2019).

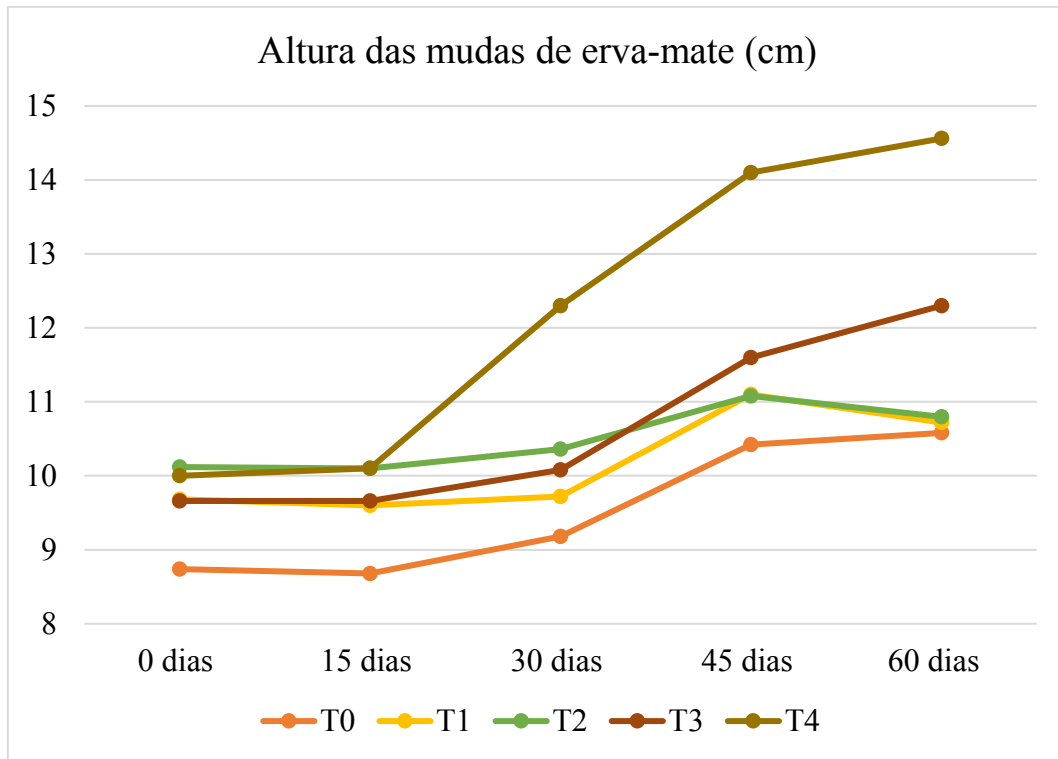
De acordo com Malavasi (1994) não se tem conhecimento da importância de alguns nutrientes, mas é significativa a relação da formação das raízes com os nutrientes presentes no solo. O autor ainda cita que o nitrogênio tem participação necessária devida à síntese de ácidos nucleicos e de proteínas, tendo o fosforo também uma parcela nessa participação,

## 5.3 PARÂMETROS FITOMORFOLÓGICOS

### 5.3.1 Altura Total

A altura final das mudas teve uma variação pequena de crescimento de um tratamento com lodo têxtil para o outro, conforme pode ser observado na Figura 15. Os tratamentos que tiveram o melhor desenvolvimento foram o T3 e o T4, onde o primeiro utilizava somente 30% de lodo têxtil em sua composição e o segundo era 100% substrato comercial.

**Figura 15** – Acompanhamento da altura média das mudas de erva-mate em relação ao tempo de estudo e o tipo de tratamento a que estava submetida.



Fonte: Autora.

Conforme pode ser observado nos resultados da análise estatística (Tabela 2) realizada para o parâmetro, os tratamentos T3 e T4 foram estatisticamente iguais. O T3 também pode ser estatisticamente igual comparado aos outros tratamentos. Podemos observar que o desvio padrão foi baixo, e pode-se considerar que os resultados são homogêneos.



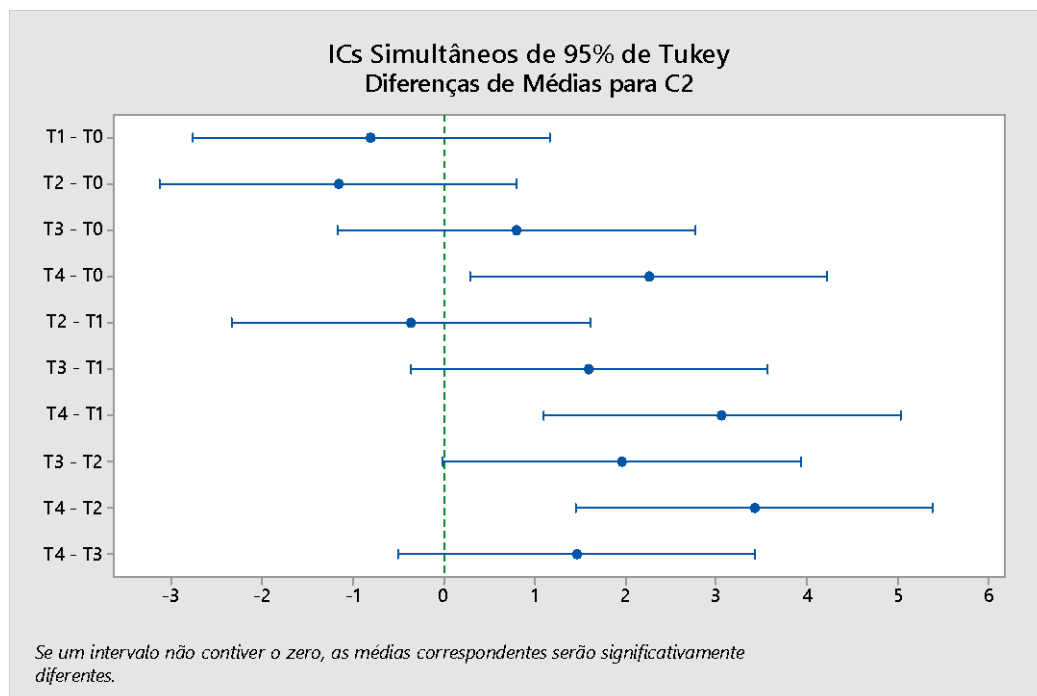
**Tabela 2** – Resultado do teste de Tukey com significância de 5% e de desvio padrão para o parâmetro de Altura Total

| Parâmetro<br>Tratamento        | Crescimento |             |
|--------------------------------|-------------|-------------|
|                                | Média       | Agrupamento |
| T0                             | 1,84        | B           |
| T1                             | 1,04        | B           |
| T2                             | 0,68        | B           |
| T3                             | 2,64        | AB          |
| T4                             | 4,1         | A           |
| <b>Desvio padrão combinado</b> |             | 1,04        |

\*\*Médias que não compartilham uma letra são significativamente diferentes.

Na Figura 16, mostra os resultados que contem zero são significativamente iguais. Ou seja, os intervalos que não passam no marco zero são significativamente diferentes entre si, que é o que ocorre entre os tratamentos T0, T1 e T2 em relação ao tratamento T4.

**Figura 16** – Resultado do teste de Tukey com significância de 5% para o parâmetro de Altura Total.

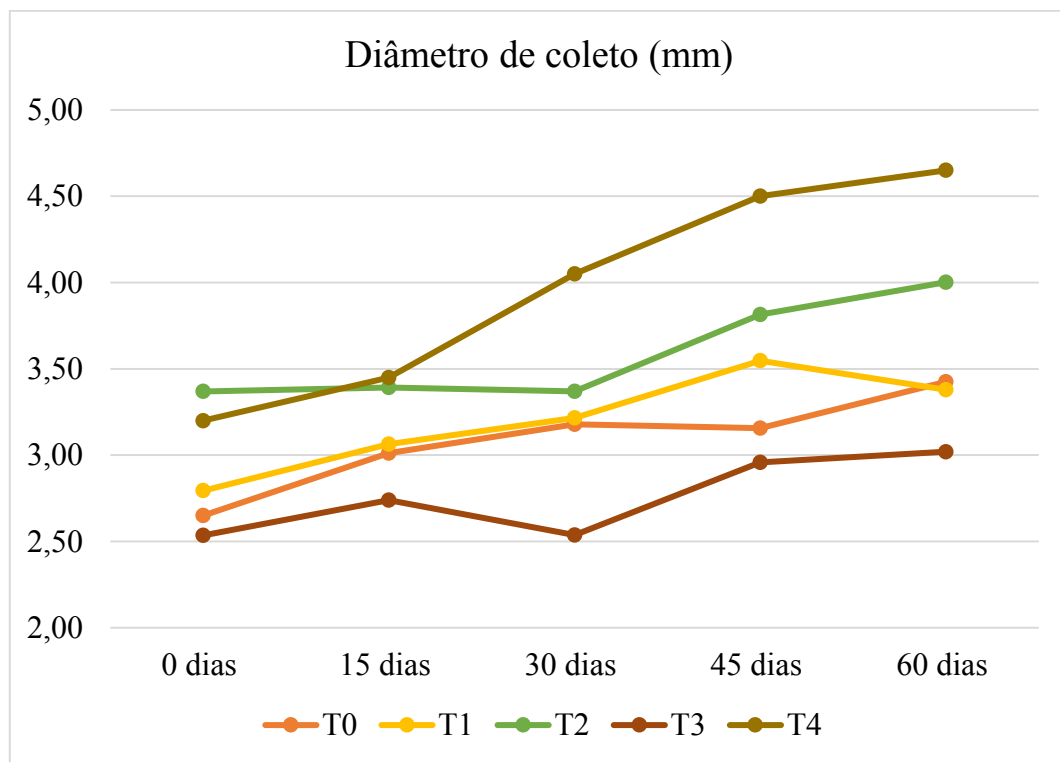


Fonte: Autora.

### 5.3.2 Diâmetro de coleto

O Gráfico da Figura 14 demonstra o crescimento do coleto das mudas, onde pode-se perceber resultados similares aos de altura das mudas. Para os tratamentos com o lodo têxtil, a variação do diâmetro de coleto foi baixa, de cerca de um centímetro durante todo o período de estudo. Já o tratamento T4, essa variação chegou a 1,5 centímetros.

**Figura 17** – Acompanhamento do diâmetro médio de coleto das mudas de erva-mate em relação ao tempo de estudo e o tratamento a que estavam submetidas.



Fonte: Autora.

Na Tabela 3 vemos que os resultados obtidos durante o período do estudo para o diâmetro de coleto foram estatisticamente iguais. Pela média da diferença inicial e final do diâmetro de coleto de cada um dos tratamentos, vemos que o T4 teve maior diferença, mas como desvio padrão foi baixo, pode-se considerar que os tratamentos tiveram um resultado homogêneo entre si.

**Tabela 3** - Resultado do teste de Tukey com significância de 5% e de desvio padrão para o parâmetro de diâmetro de coleto

| <b>Parâmetro</b>               | <b>Diâmetro de coleto</b> |             |
|--------------------------------|---------------------------|-------------|
|                                | Média                     | Agrupamento |
| <b>T0</b>                      | 0,775                     | A           |
| <b>T1</b>                      | 0,585                     | A           |
| <b>T2</b>                      | 0,633                     | A           |
| <b>T3</b>                      | 0,485                     | A           |
| <b>T4</b>                      | 1,48                      | A           |
| <b>Desvio padrão combinado</b> |                           | 0,61        |

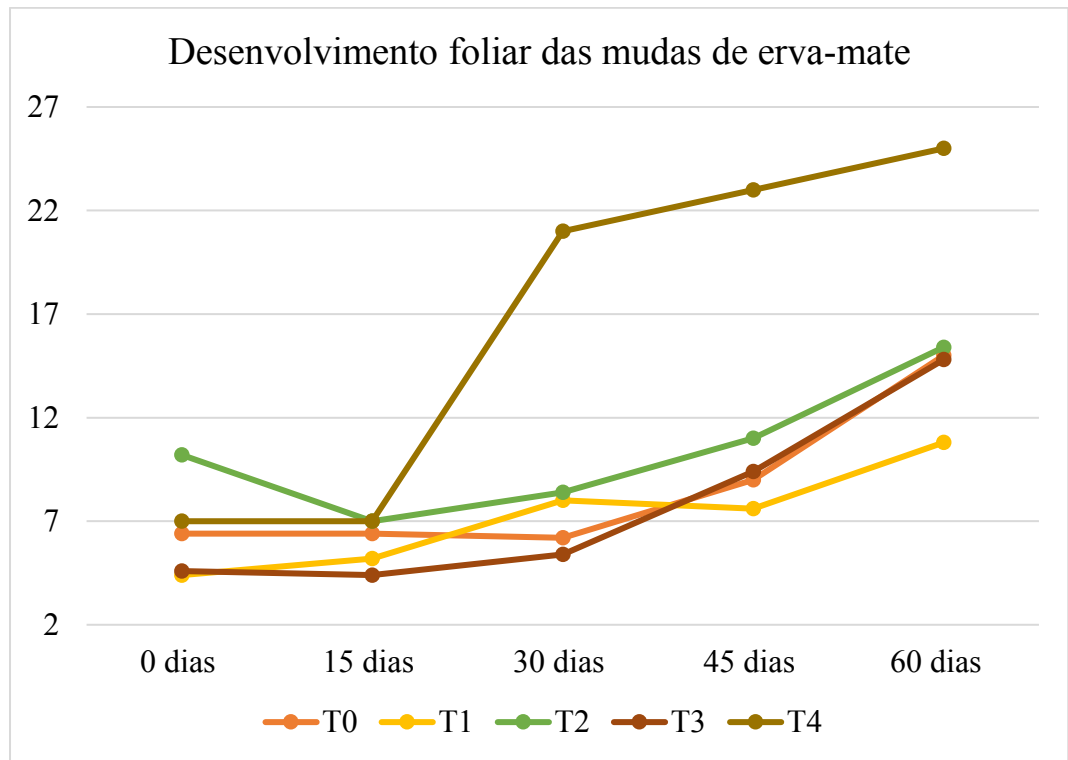
\*\*Médias que não compartilham uma letra são significativamente diferentes.

Segundo Wendling (2006), os diâmetros de coleto menores em mudas de erva-mate se deve a baixa retenção de nutrientes. Tendo em vista que o lodo têxtil, a partir dos resultados do item 5.1.3, não possui os nutrientes necessários para que a planta possua um bom desenvolvimento, pode-se admitir que a grande diferença no diâmetro de coleto final entre os tratamentos deve-se ao fato do tratamento T<sub>4</sub> ser um substrato comercial e ter disponível os substratos necessários para seu adequado desenvolvimento.

### 5.3.3 Número de Folhas

Os resultados obtidos na análise foliar, apresentados na Figura 18, permitiram observar um grande desenvolvimento no tratamento que foi utilizado o substrato comercial. Isso foi comprovado ao realizar a análise estatística dos resultados dos tratamentos para este parâmetro. Na Tabela 4 vemos que o T<sub>4</sub> teve seu resultado estatisticamente diferente dos demais tratamentos. Observa-se ainda que o desvio padrão combinado dos tratamentos foi superior ao dos outros parâmetros, ou seja, a amostra não é homogênea.

**Figura 18** – acompanhamento do desenvolvimento médio foliar das mudas de erva-mate em relação ao tempo de estudo e ao tratamento em que estavam submetidas.



Fonte: Autora.

**Tabela 4** - Resultado do teste de Tukey com significância de 5% e de desvio padrão para o parâmetro de número de folhas

| Parâmetro                      | Número de folhas |             |
|--------------------------------|------------------|-------------|
|                                | Média            | Agrupamento |
| <b>T0</b>                      | 8,6              | B           |
| <b>T1</b>                      | 6,4              | B           |
| <b>T2</b>                      | 5,2              | B           |
| <b>T3</b>                      | 10,2             | B           |
| <b>T4</b>                      | 18               | A           |
| <b>Desvio padrão combinado</b> |                  | 3,17        |

Fonte: Autora.

\*\*Médias que não compartilham uma letra são significativamente diferentes.

Segundo Sá *et al.* (2018), a retenção foliar da erva-mate possui melhor resultado durante a primavera, justamente no período em que o estudo foi desenvolvido.

#### 5.3.4 Plantas Sobreviventes por Parcela – PSP %

Durante os 60 dias de ocorrência do estudo, não houve mortalidade das mudas. Sá *et al.* (2018) cita que a mortalidade das mudas pode ser influenciada pelas estações do ano, assim como a retenção foliar e que foi identificado maior mortalidade durante o verão.

#### 5.4 EFICIÊNCIA DO LODO TÊXTIL NO PLANTIO DAS MUDAS DE ERVA-MATE

A partir dos resultados dos parâmetros físico-químicos do lodo e os fitomorfológicos das mudas existem algumas observações importantes.

Os parâmetros físico-químicos, como pH e os grupos funcionais existentes, podem ter influenciado na produtividade e desenvolvimento da muda, pois segundo a EMBRAPA (2019) a erva-mate tolera bem solos ácidos. E considerando que o pH do lodo tem caráter ácido, quanto maior a quantidade de lodo presente no solo, mais ácido ele ficaria, e justamente no tratamento que possuía maior concentração de lodo foi o que mais se assemelhou estatisticamente ao tratamento T4, que utilizou somente substrato comercial.

De acordo com Poletto *et al.* (2010), que realizou um estudo sobre o crescimento da erva-mate em diferentes níveis de sombreamento, o cultivo da planta em locais com alta incidência de luz solar pode prejudicar o seu desenvolvimento e crescimento. Nos resultados encontrados pelos autores, as condições mais adequadas para o desenvolvimento da erva-mate foram com taxa de sombreamento entre 50 a 70%. O local onde o presente estudo foi realizado possuía baixo nível de sombreamento, podendo ter prejudicado o desenvolvimento das mudas.

Em resultados encontrados no trabalho de Pinto *et al.* (1998), que utilizaram solo enriquecido com calcário e NPK para avaliar o crescimento da erva-mate, a presença de nitrogênio é um fator limitante para o desenvolvimento foliar da planta. Nitratos e nitritos foram encontrados no espectro do lodo têxtil, indicando a presença de nitrogênio.

Segundo Mantovani (1987), a compactação do solo é a resistência à penetração, ou seja, quando o volume de poros no solo é baixo e a densidade é alta.

Caldeira (2013) cita que um bom substrato deve ser poroso, para facilitar a infiltração da água no solo. As partículas do lodo têxtil peneirados eram bem finas, e podem ter preenchido os

poros do solo dos vasos, fazendo com o que este se compactasse. A EMBRAPA (2019) cita que a erva-mate não tem limitações de produtividade em solos compactados. Essa compactação, junção do tipo de solo, argiloso, com o lodo têxtil além de aumentar a densidade do solo, diminuiu a permeabilidade do solo, fazendo com que a água da irrigação das mudas demorasse para se infiltrar no solo. Na Figura 19 está demonstrado como era a infiltração da água no solo em que as mudas estavam plantadas.

**Figura 19** – Infiltração no solo dos vasos com a muda de erva-mate.



Fonte: Autora.

De acordo com Sá *et al.* (2018), o enraizamento das mudas influencia no desenvolvimento das folhas, essa possível compactação do solo identificada através da demora na infiltração da água no solo, pode ter sido prejudicial no desenvolvimento das plantas.

## 6 CONCLUSÃO

O preparo do lodo têxtil para sua utilização foi satisfatório, pois a secagem possibilitou a melhor combinação do solo com o lodo, gerando uma mistura homogênea. A presença de partículas muito pequenas do lodo têxtil e a utilização do solo argiloso para o plantio das mudas pode ter causado a diminuição do número de poros e aumento da densidade do solo. Isso gerou a compactação e diminuição da permeabilidade na mistura de solo e lodo dos vasos, dificultando o desenvolvimento das mudas

A partir dos ensaios físico-químicos do lodo têxtil, pode-se concluir que o lodo pode apresentar alguns nutrientes que a planta necessita para o seu pleno desenvolvimento, como os nitratos e nitritos encontrados nos espectros analisados.

Observando o desenvolvimento das mudas, através dos parâmetros fitomorfológicos e das análises estatísticas realizadas, para cada um dos tratamentos, observou-se que para a altura total das mudas e para o diâmetro de coleto, os resultados foram estatisticamente iguais, principalmente entre o tratamento que possuía a maior concentração de lodo têxtil.

Para o parâmetro de número de folhas, alguns fatores podem ter influenciado no seu desenvolvimento, como o enraizamento das mudas e a condições a que elas estavam expostas, e a incidência de luz solar.

Para a utilização do lodo têxtil como substrato para erva mate e outras plantas, seria necessário um estudo mais aprofundado, analisando outros parâmetros relacionados ao desenvolvimento das plantas e também a acumulação de alguns compostos nas folhas, por conta de serem consumidas.

## **7 SUGESTÕES PARA ESTUDOS FUTUROS**

Para estudos futuros utilizando o lodo têxtil como substrato, sugere-se a realização de análises microbiológicas do lodo, metais pesados e também de toxicidade, tanto do lodo quanto da planta utilizada para averiguação das condições apropriadas para o consumo humano. Também seria interessante a realização de análises físico-químicas e de fertilidade do solo utilizado antes no plantio das mudas.

Além da utilização do lodo têxtil como substrato, pode ser estudada a influência da disposição do lodo têxtil no solo como alternativa a destinação final deste resíduo, a fim de reduzir os custos com a disposição final.



## Referências

- ALMEIDA, P. H. S.; FRANCO, J. de M.; TAVARES, C. R. G. Influência do tipo de argila no processo de solidificação/estabilização de lodo têxtil. *Cerâmica*, [online], v. 61, n. 357, p.137-144, 2015.
- ASTM - AMERICAN SOCIETY OF TESTING AND MATERIALS. **D 2867 (2004)**: Standard Test Method for Moisture in Activated Carbon.
- ASTM - AMERICAN SOCIETY OF TESTING AND MATERIALS. **D 3838-80 (1999)**: Standard Test Method for Open Cell Content of Rigid Cellular Plastics.
- BAUTISTA-VARGAS, E. *et al.* Lodo industrial textil en la producción de hortênsias (*Hydrangea macrophylla* L.) en maceta. *Revista Mexicana de Ciências Agrícolas*, n. 12, p. 2359-2370, nov./dez. 2015.
- CALDEIRA, M. V. W. *et al.* Substratos alternativos na produção de mudas de *Chamaecrista desvauxii*. *Revista Árvore*, Viçosa-MG, v.37, n.1, p.31-39, 2013.
- CARVALHO, P. E. R. **Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira**. Curitiba: EMPRAPA/CNPFlorestas,1994.
- CASTRO, T. M. *et al.* Caracterização de blocos cerâmicos acústicos produzidos com incorporação de lodo de lavanderia têxtil. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, online, v.20, n.1, 47-54, jan/mar 2015.
- DORNELES, P. **Análises físicas de substratos e sua utilização na produção de mudas de caju-de-árvore-do-cerrado (*Anacardium othonianum* rizz.)**. 2012. 60 p. Dissertação (Mestrado Ciências Agrárias). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Rio Verde, 2012.
- EMATER/RS. **Certificação da qualidade – Erva-mate**. Disponível em: <<http://www.emater.tche.br/site/servicos/certificacao-de-produtos/erva-mate.php#.XPMtu49v9PZ>>. Acesso em: 15 de maio de 2019.
- EMBRAPA. Perguntas e Respostas. **Transferência de tecnologia Florestal**. Colombo, Paraná. Dezembro de 2019. Disponível em: <https://www.embrapa.br/florestas/transferencia-de-tecnologia/erva-mate/perguntas-e-respostas> Acesso em: 01 de maio de 2021.
- ESMELINDRO, M. C. *et al.* Caracterização físico-química da erva-mate: influência das etapas do processamento industrial. *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, Campinas, v. 22 n. 2, p. 193-204, maio-ago 2002.
- FARIA, J. C. T. *et al.* Substratos alternativos na produção de mudas de *Mimosa setosa* Benth. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 26, n. 4, p. 1075-1086, out./dez. 2016.

FRANCISCO BELTRÃO, 2018. **Lei 4594** de 28 de agosto de 2018. Dispõe sobre a nova Lei que institui o plano diretor do município de Francisco Beltrão. Disponível em:

<<http://www.franciscobeltrao.pr.gov.br/o-municipio/plano-diretor/> PDM 2017 – V1-4 – DADOS GEOFÍSICOS – Final>. Acesso em: 16 de abril de 2019.

FRANZON R. C.; CARPENEDO, S.; SILVA, J. C. S. **Produção de Mudanças: principais técnicas utilizadas na propagação de fruteiras**. Documentos / Embrapa Cerrados, ISSN 1517-5111, ISSN online 2176-5081; 283, 2010. Disponível em:

<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/77778/1/doc-283.pdf> Acesso em: 04 de junho de 2021.

GUERCIO, M. J. **Variação de impactos ambientais decorrentes da implantação da norma ISO 14001**: um estudo multicasos em indústrias têxteis de Santa Catarina. 2006. 169. Dissertação (Mestrado em Administração) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

**IBGE. Sidra**: sistema **IBGE** de recuperação automática. Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/289>>

KRATZ, D. *et al.* **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 23, n. 4, p. 607-621, out./dez. 2013.

MANTOVANI, E. C. Compactação do solo. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 13, n. 147, p. 52-55, mar. 1987.

MALAVASI, U. C. Macropropagação vegetativa de coníferas: perspectivas biológicas e operacionais. **Floresta e Ambiente**, v. 1, n. 1, p. 131-35, 1994.

MELO, G. W. B.; BERTOLOZZO, A. R. & VARGAS, L. **Produção de Morangos no Sistema Semi-Hidropônico**. Embrapa uva e vinho, Sistemas de produção 15 ISSN 1678-8761 Versão Eletrônica Dez./2006.

NARVÁEZ-ORTIZ, *et al.* Efectividad del lodo textil en la producción y composición química del fruto de tomate. **Rev. Mex. Cienc. Agríc.** Vol.4 Núm.1 1 de jan - 14 de fev, 2013.

NETO, A. S. R. **Agrometereologia**. Secretaria do Agricultura e do Abastecimento. Departamento de economia rural. 2010.

NITSCHKE, P. R.; *et al.* **Atlas Climático do Estado do Paraná**. Londrina, PR: IAPAR, 2019.

OLIVEIRA, Y. M. M.; ROTTA, E. Área de distribuição natural de erva-mate. In: SEMINÁRIO SOBRE ATUALIDADES E PERSPECTIVAS FLORESTAIS, 10., 1983, Curitiba. **Anais...** Curitiba: EMBRAPA-CNPQ, 1985. p. 17-36.

- PEREIRA, I. C. **Lodo secundário de esgoto sanitário como adsorvente alternativo para remoção de corante vermelho reativo 120 em solução aquosa.** 2018. 204. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2018.
- PINTRO, J. S.; MATUMOTO-PINTRO, P. T.; SCHAWAN-ESTRADA, K. R. F.(2008). Crescimento e desenvolvimento de mudas de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hill.) cultivadas em solo sob diferentes níveis de fertilidade. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 20, p. 285-289. 1998.
- POLETTI, I.; et al. Influência da inoculação de *Fusarium* spp. e níveis de sombreamento no crescimento e desenvolvimento da erva-mate. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 20, n. 3, p. 513-521 jul./set. 2010.
- PRIM, E. C. C. **Reaproveitamento de lodo têxtil e da cinza pesada na construção civil: aspectos tecnológicos e ambientais.** 1998. 136. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1998.
- RIBEIRO, R. B. *et al.* Impacto da não-preservação ambiental no resultado de uma indústria têxtil da região metropolitana de Natal. **Revista Universo Contábil**, Blumenau, v. 6, n. 3, p. 80-95, jul./set., 2010.
- ROSA, E. V. C. **Reaproveitamento de lodo têxtil em solo florestal: estudos dos aspectos físico-químicos, agrônômicos e ecotoxicológicos.** 2004. 139. Tese (Doutorado em química) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.
- ROSA, J. M. *et al.* Detecção do residual de peróxido de hidrogênio em efluente têxtil tratado por processo oxidativo avançado via UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. **Revista Química Têxtil**, n. 103, p. 64-70, 2019.
- ROSSA, U. B. *et al.* Influência da luminosidade e fertilizantes nos teores de metilxantinas e compostos fenólicos em folhas de erva-mate. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 27, n. 4, p. 1365-1374, out.-dez. 2017.
- SÁ, F. P. *et al.* Miniestaquia de erva-mate em quatro épocas do ano. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 28, n. 4, p. 1431-1442, out.- dez., 2018.
- SAIDELLES, F. L. F.; REINERT, D. J.; SALET, R. L. Crescimento inicial de mudas de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hill.) em três classes de solos, na região central do Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 13, n. 2, p 17-25, 2003.
- SAMBIASSI, C.; ESCALADA, A. M.; SCHMALKO, M. E. Extration optimization of soluble compounds of yerba maté. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v. 45, n. 2, p. 189-193, 2002.

SANTIN, D. *et al.* Sobrevivência, crescimento e produtividade de plantas de erva-mate produzidas por miniestacas juvenis e por sementes. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 25, n. 3, p. 571-579, jul./set. 2015.

SANTOS, K. A. **Estabilidade da erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hill) em embalagens plásticas**. Dissertação de Mestrado em Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

SILVERSTEIN, R. M. *et al.* **Identificação espectrométrica de compostos orgânicos**. 8. ed. Rio de Janeiro: LCT, p. 71-77, 2019.

WENDLING, I; GUASTALA, D; DOMINGOS, D. M. Substratos para Produção de Mudanças de Erva-Mate em Tubetes Plásticos. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 52, p. 21-36 jan./jun. 2006.

ZORZETO, T. Q. *et al.* Caracterização física de substratos para plantas. **Bragantia**, Campinas, v. 73, n. 3, p.300-311, 2014.