

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL
CAMPUS CHAPECÓ
CURSO DE AGRONOMIA**

MARCO AURÉLIO ROCKENBACH

**EFEITOS DE BIOFERTILIZANTES NO DESENVOLVIMENTO DE MUDAS DE
ERVA-MATE (*Illex paraguariensis*)**

**CHAPECÓ
2022**

MARCO AURÉLIO ROCKENBACH

**EFEITOS DE BIOFERTILIZANTES NO DESENVOLVIMENTO DE MUDAS DE ERVA-
MATE (*Illex paraguariensis*)**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Agronomia da Universidade Federal da
Fronteira Sul (UFFS), como requisito para obtenção
do título de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Geraldo Ceni Coelho (UFFS)

Co-orientador: Dr. Paulo Alfonso Floss (EPAGRI)

CHAPECÓ

2022

Bibliotecas da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS

Rockenbach, Marco Aurélio
EFEITOS DE BIOFERTILIZANTES NO DESENVOLVIMENTO DE
MUDAS DE ERVA-MATE (*Illex paraguariensis*) / Marco
Aurélio Rockenbach. -- 2022.
39 f.:il.

Orientador: Dr. Geraldo Ceni Coelho
Co-orientador: Dr. Paulo Alfonso Floss
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) -
Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de
Bacharelado em Agronomia, Chapecó, SC, 2022.

1. Qualidade de mudas de erva-mate (*Illex paraguariensis*). 2. Resposta de mudas de erva-mate (*Illex paraguariensis*) ao déficit hídrico. 3. Incidência de ampola-da-erva-mate (*Gyropsylla spegazziniana*) e afídeos (Hemiptera: Aphididae). I. Coelho, Geraldo Ceni, orient. II. Floss, Paulo Alfonso, co-orient. III. Universidade Federal da Fronteira Sul. IV. Título.

Elaborada pelo sistema de Geração Automática de Ficha de Identificação da Obra pela UFFS com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

MARCO AURÉLIO ROCKENBACH

**EFEITOS DE BIOFERTILIZANTES NO DESENVOLVIMENTO DE MUDAS DE ERVA-
MATE (*Illex paraguariensis*)**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Agronomia da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), como requisito para obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Este trabalho foi defendido e aprovado pela banca em 22/03/2022.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Geraldo Ceni Coelho – UFFS
Orientador

Prof. Dr. Paulo Roger Lopes Alves – UFFS
Avaliador

Prof. Dra. Vanessa Neumann Silva - UFFS
Avaliadora

Dedico este trabalho à toda minha família,
pois sempre acreditaram em um objetivo
maior ao longo dessa jornada. À cada
coração generoso que abriu a porta de
sua casa nos diversos lugares onde parei
e à cada mente iluminada que encontrei
pelos milhares de quilômetros pelos quais
andei. Aos ventos que sopravam de todas
as direções e que compunham a melodia
dessa caminhada.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço Àquele que é o alfa e o ômega, que está acima de minha compreensão, ao Deus que não se explica e que cria a existência.

Agradeço imensamente aos meus pais, Marcos Rockenbach e Marlise Blos Rockenbach, que pacientemente apoiaram as minhas decisões e se esforçaram ao máximo para que eu pudesse chegar até onde estou. Sem dúvidas os seus ensinamentos continuarão a me orientar e incentivar minha busca por dias ainda melhores.

Também aos meus irmãos, Helena Rockenbach e Vítor Rockenbach, os quais sempre me encheram de alegria, conhecimento e curiosidade, os quais eu admiro imensamente!

Agradeço em especial à minha companheira de todos os dias, que me escolheu para estar ao seu lado enquanto conquistamos o mundo, Juliana Antunes Radwanski, que me apoia, me ouve, me aconselha e me ajuda. Graças a você minha caminhada se torna mais leve e feliz!

Sou grato ao meu orientador, professor Dr. Geraldo Ceni Coelho, um profissional admirável e que muito influenciou no direcionamento deste trabalho de pesquisa. Seus ensinamentos despertaram minha curiosidade e certamente serão um pilar do meu desenvolvimento profissional.

Muito obrigado aos meus professores, que com seu brilhantismo insistem em forjar mentes pensantes!

Aos meus amigos, que levo em meu coração, sou imensamente grato pois muito contribuíram para ampliar meu horizonte e minha visão!

Agradeço aos meus avós, que mantiveram firmes as suas raízes ao longo de gerações e me inspiraram a admirar e amar a agricultura. Tive a oportunidade de conhecer a terra através dos seus olhos, mãos e mentes. Em especial ao sr. Harri Blos (*in memoriam*), com quem plantei, cultivei e colhi as folhas que aqueceram corações e mentes em incontáveis cucas de chimarrão.

Muito obrigado!

RESUMO

A utilização de biofertilizantes demonstra resultados positivos em diversas culturas agrícolas. O objetivo desta pesquisa é avaliar a qualidade de mudas de erva-mate (*Illex paraguariensis*), da cultivar “Caa rari”, produzidas com a aplicação de diferentes biofertilizantes. A pesquisa foi desenvolvida em condições de viveiro, no município de Chapecó, Santa Catarina, entre os meses de agosto de 2021 e janeiro de 2022. As variáveis analisadas nas mudas produzidas foram a massa seca do sistema radicial, massa seca da parte aérea, comprimento do sistema radicial, comprimento da parte aérea, diâmetro do colo da muda e número de perfilhos. Com os dados obtidos, a qualidade das mudas produzidas foi avaliada através do índice de qualidade de Dickson. Foram verificados os índices de ataques dos insetos-praga ampola-da-erva-mate (*Gyropsylla spegazziniana*) e de pulgões (Hemiptera: Aphididae) sobre as mudas. Foi avaliada a resposta fisiológica das mudas de erva-mate, observando-se folhas e ramos danificados (murchas e escaldaduras solares), quando submetidas à condições de déficit hídrico. O delineamento experimental utilizado foi o “one tree plot” - OTP, com cinco tratamentos: T0 (testemunha/água), T1 (Serenade vivo), T2 (Serenade esterilizado), T3 (Supermagro modificado vivo) e T4 (Supermagro modificado esterilizado). Os resultados obtidos demonstram que a utilização do biofertilizante Serenade vivo, quando comparado a testemunha, promoveu a redução da qualidade das mudas de erva-mate, bem como aumentou os sinais de déficit hídrico e a suscetibilidade das mudas ao ataque de afídeos e ampola-da-erva-mate. A utilização do biofertilizante Supermagro modificado vivo, quando comparado à testemunha, promoveu a redução da incidência de pulgões sobre as mudas de erva-mate, no entanto, a suscetibilidade das mudas de erva-mate ao ataque do inseto-praga ampola-da-erva-mate aumentou. A qualidade das mudas produzidas e as respostas fisiológicas das mudas quando submetidas ao estresse hídrico com o tratamento Supermagro modificado vivo não diferiram da testemunha. As demais variáveis analisadas não foram influenciadas significativamente pelos tratamentos com biofertilizantes.

Palavras-chave: déficit hídrico; *Gyropsylla spegazziniana*; pulgões; qualidade de mudas; Serenade; Supermagro.

ABSTRACT

The use of biofertilizers shows positive results in several agricultural crops. The assessment of quality of yerba-mate seedlings (*Illex paraguariensis*), of the cultivar "Caa rari", produced with the application of Serenade and modified Supermagro biofertilizers is the purpose of this research. The research was developed under greenhouse conditions, in the municipality of Chapecó, Santa Catarina, from August 2021 to January 2022. The variables analyzed in the seedlings produced were the dry mass of the root system, dry mass of the aerial part, length of the root system, shoot length, seedling neck diameter and number of buds. With the data obtained, the quality of the seedlings produced was evaluated using the Dickson quality index. Were verified the attack of the insects pest of yerba-mate ampoule (*Gyropsylla spegazziniana*) and aphids (Hemiptera: Aphididae) on the seedlings. The physiological response of yerba mate seedlings was evaluated, observing damaged leaves and branches (withering and solar scalding), when submitted to conditions of water deficit.. The experimental design was the "one tree plot" - OTP, with five treatments: T0 (control/water), T1 (live Serenade), T2 (sterilized Serenade), T3 (live modified Supermagro) and T4 (sterilized modified Supermagro). The results demonstrate that using of live Serenade biofertilizer, when compared to the control, promoted a reduction in the quality of yerba mate seedlings, as well as increased the signs of water deficit and the susceptibility of seedlings to aphids and yerba-mate ampoule attacks. The use of the modified Supermagro biofertilizer promotes the reduction of the incidence of aphids on the yerba-mate seedlings, however, the susceptibility of yerba mate seedlings to the attack of the pest insect yerba-mate ampoule was increased. The quality and the physiological responses of the seedlings produced when subjected to water stress with the live modified Supermagro treatment did not differ from the control. The others variables analyzed were not significantly influenced by treatments with biofertilizers.

Keywords: water stress; *Gyropsylla spegazziniana*; aphid; quality of the seedlings; Serenade; Supermagro.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Médias do Índice de Qualidade de Dickson de mudas de erva-mate em função de diferentes biofertilizantes testados.....	57
Figura 2 - Proporção de mudas de erva-mate com sinais de déficit hídrico em função de diferentes biofertilizantes testados.....	59
Figura 3 - Estrutura denominada 'ampola' em folha de erva-mate.....	61
Figura 4 - Proporção de mudas de erva-mate atacadas por ampola da erva-mate em função de diferentes tratamentos testados.....	61
Figura 5 - Taxas médias de mudas de erva-mate atacadas por afídeos em função de diferentes tratamentos testados.....	63

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Discriminação dos custos de implantação e condução da pesquisa	44
Tabela 2 – Valores das médias das variáveis contínuas de mudas de erva-mate submetidas à tratamentos com diferentes biofertilizantes.	51
Tabela 3 – Médias das variáveis categóricas de mudas de erva-mate submetidas à tratamentos com diferentes biofertilizantes	52
Tabela 4 – Análise de variância multifatorial para a variável comprimento do sistema radicial de mudas de erva mate, produzidas em função da aplicação de diferentes biofertilizantes	53
Tabela 5 – Análise de variância multifatorial para a variável comprimento da parte aérea de mudas de erva mate, produzidas em função da aplicação de diferentes biofertilizantes	54
Tabela 6 – Análise de variância multifatorial para a variável diâmetro do colo das mudas de erva-mate, produzidas em função da aplicação de diferentes biofertilizantes	54
Tabela 7 – Análise de variância multifatorial para a variável massa seca do sistema radicial das mudas de erva-mate, produzidas em função da aplicação de diferentes biofertilizantes	55
Tabela 8 – Análise de variância multifatorial para a variável massa seca da parte aérea das mudas de erva-mate, produzidas em função da aplicação de diferentes biofertilizantes	56
Tabela 9 – Análise de variância multifatorial para a variável Índice de Qualidade de Dickson das mudas de erva-mate, produzidas em função da aplicação de diferentes biofertilizantes	58
Tabela 10 – Modelo Linear Generalizado sinais de déficit hídrico nas mudas	60
Tabela 11 – Modelo Linear Generalizado da incidência de ampola nas mudas	63
Tabela 12 – Modelo Linear Generalizado da incidência de afídeos	64
Tabela 13 – Análise de variância multifatorial para a variável comprimento da parte aérea de mudas de erva mate, produzidas em função da aplicação de diferentes biofertilizantes	65

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Esteriliz	Esterilizado
GLM	Modelo Linear Generalizado
IQD	Índice de Qualidade de Dickson
MANOVA	Análise de variância multivariada
PROMEGEM	Programa de melhoramento genético da erva-mate
SM	Supermagro modificado
SM est.	Supermagro modificado esterilizado
Seren	Serenade
SE vivo	Serenade vivo
SE est.	Serenade esterilizado
TEST	Testemunha
UFFS	Universidade Federal da Fronteira Sul

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	OBJETIVO GERAL	16
2.1	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
3	REVISÃO DE LITERATURA	17
3.1	A ERVA-MATE (<i>ILLEX PARAGUARIENSIS</i>).....	17
3.1.1	Produção de mudas	17
3.1.1.1	Adubação de mudas de erva-mate	19
3.1.1.2	Qualidade das mudas	19
3.2	BIOFERTILIZANTES	21
3.2.1	Biofertilizantes e a indução de resistência à pragas e doenças	23
3.2.2	Biofertilizantes e a indução de respostas ao déficit hídrico	24
3.2.3	Biofertilizantes na produção de espécies florestais	27
3.2.4	E erva-mate e a resposta ao déficit hídrico	29
3.3	AMPOLA DA ERVA-MATE	30
3.4	AFÍDEOS.....	31
3.5	PRINCIPAIS DOENÇAS DA CULTURA DE ERVA-MATE	31
4	METODOLOGIA EXPERIMENTAL	34
4.1	LOCALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO, PERÍODO DE EXECUÇÃO E CLIMA	34
4.2	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	34
4.3	MATERIAIS NECESSÁRIOS.....	35
4.3.1	 Tubetes e suportes	35
4.3.2	 Substrato e adubação de base	36
4.3.3	 Tela de sombreamento, lona plástica e regador	36
4.3.4	 Seringas e balança	36
4.3.5	 Mudas de erva-mate	37
4.3.6	 Biofertilizantes	38
4.3.7	 Água	38
4.3.8	 Bancada	39
4.4	IRRIGAÇÃO	39
4.4.1	 Primeira fase	39
4.4.2	 Segunda fase	40

4.5	APLICAÇÃO E DESCRIÇÃO DOS TRATAMENTOS.....	41
4.5.1	Testemunha (T0) – Água	41
4.5.2	Tratamento 1 (T1) – Serenade vivo.....	41
4.5.3	Tratamento 2 (T2) - Serenade esterilizado	42
4.5.4	Tratamento 3 (T3) – Supermagro modificado vivo	43
4.5.5	Tratamento 4 (T4) – Supermagro modificado esterilizado	43
4.6	CUSTOS TOTAIS.....	44
4.7	VARIÁVEIS ANALISADAS.....	44
4.7.1	Comprimento do sistema radicial	45
4.7.2	Comprimento da parte aérea	45
4.7.3	Diâmetro do colo da muda	46
4.7.4	Índice de qualidade de Dickson	46
4.7.5	Sinais de déficit hídrico	46
4.7.6	Sinais de ataque de pragas e doenças	47
4.7.7	Número de perfilhos.....	47
4.7.8	Massa seca da parte aérea	47
4.7.9	Massa seca do sistema radicial	48
4.8	PROCEDIMENTOS ESTATÍSTICOS.....	48
5	RESULTADOS	50
5.1	COMPRIMENTO DO SISTEMA RADICIAL.....	53
5.2	COMPRIMENTO DA PARTE AÉREA.....	53
5.3	DIÂMETRO DO COLO DA MUDA.....	54
5.4	MASSA SECA DO SISTEMA RADICIAL	55
5.5	MASSA SECA DA PARTE AÉREA	56
5.6	ÍNDICE DE QUALIDADE DE DICKSON.....	56
5.7	SINAIS DE DÉFICIT HÍDRICO	58
5.8	SINAIS DE ATAQUE DE PRAGAS E DOENÇAS.....	60
5.8.1	Incidência de ampola-da-erva-mate	61
5.8.2	Incidência de afídeos	63
5.9	NÚMERO DE PERFILHOS.....	65
6	DISCUSSÃO.....	66
7	CONCLUSÃO.....	71
	REFERÊNCIAS.....	72

1 INTRODUÇÃO

A erva-mate (*Ilex paraguariensis*) é o principal produto florestal não madeirável explorado no sul do Brasil (BONFATTI JÚNIOR; LENGOWSKI; LUDKA JÚNIOR, 2018). A cadeia produtiva emprega cerca de 700 mil pessoas e está presente em cerca de 180 mil propriedades rurais, na maioria de pequenos produtores (CHECHI et al., 2017). O principal produto obtido da cultura são as folhas das quais se obtém o chimarrão (NOGUEIRA, 2020), além da possibilidade de se obter uma série de outros produtos destinados à alimentação, produção de cosméticos, medicamentos e produtos de higiene (BONFATTI JÚNIOR; LENGOWSKI; LUDKA JÚNIOR, 2018), ganhando cada vez mais visibilidade no mercado internacional (NOGUEIRA, 2020).

Com uma área de ocorrência natural de aproximadamente 540.000 km² distribuídos entre o Brasil, Paraguai e Argentina, a porção brasileira representa um total de 450.000 km² deste montante (BONFATTI JÚNIOR; LENGOWSKI; LUDKA JÚNIOR, 2018), área a qual também é responsável pela maior produção mundial da cultura, com 880 mil toneladas produzidas no ano de 2019, seguido pela Argentina, com 837 mil toneladas, e Paraguai com 171 mil toneladas (NOGUEIRA, 2020). Na balança comercial, as exportações brasileiras de erva-mate somaram 35.285 toneladas no ano de 2019, totalizando US\$ 79.038 milhões (NOGUEIRA, 2020).

Estima-se que anualmente sejam produzidas mais de 10 milhões de mudas para implantação de novos ervais (DUBOC, 2015). Na produção de erva-mate um importante aspecto a ser observado é a qualidade das mudas, pois a implantação e produtividade de um erval dependerá diretamente desse fator (WENDLING et al., 2020). Dentre tantos, alguns dos desafios na etapa de produção de mudas são, além da capacitação profissional, o desenvolvimento de técnicas de manejo e tratamentos culturais que aprimorem as fases do processo de produção, destacando a importância da melhoria de índices que reflitam a qualidade das mudas, passando pela capacidade de controle de pragas e doenças e eficientes métodos de adubação (WENDLING et al., 2020).

A produção de mudas de erva-mate enfrenta desafios no controle de inseto-pragas e doenças e, nesse processo, os produtores fazem uso de defensivos agrícolas, elevando os custos da produção de mudas (BONFATTI JÚNIOR;

LENGOWSKI; ARTNER, 2019), aumentando os riscos de contaminações ambientais e humanas.

Uma das principais pragas de ocorrência nesta cultura é a ampola da erva-mate (*Gyropsylla spegazziniana*), responsável pela deformação e queda de folhas, retardando o desenvolvimento das mudas. Até o momento não existem produtos registrados para o controle desta praga (PENTEADO JUNIOR; GOULART, 2019)

Outro aspecto que reflete no sucesso da implantação de um erval é a taxa de mortalidade de mudas ocorridas no período pós-plantio, principalmente por efeito de déficit hídrico (PENTEADO JUNIOR; GOULART, 2019).

Nos últimos anos, pesquisas buscando mitigar efeitos de déficit hídrico em diversas culturas agrícolas vêm demonstrando resultados significativos através do emprego de biofertilizantes, como demonstrado por Martins *et al* (2018), Riva *et al* (2021) e Vurukonda *et al* (2016). Os biofertilizantes são fertilizantes de origem orgânica, com uma composição complexa, normalmente contendo um agente microbiológico ativo e podendo conter outros organismos vivos, células latentes, nutrientes, substâncias orgânicas e metabólitos oriundos dos processos metabólicos da fração microbiana (STUCHI, 2015; MEDEIROS; WANDERLEY; WANDERLEY, 2003; OLIVEIRA *et al.*, 2014).

Além de proporcionar nutrientes à cultura de forma direta, os compostos orgânicos presentes nos biofertilizantes auxiliam no controle e prevenção de pragas e doenças, induzindo nas plantas o desenvolvimento de resistência sistêmica, refletindo no aumento da produtividade agrícola de forma sustentável e inovadora, devido aos compostos bioativos que possuem, os quais contribuem com o equilíbrio metabólico na planta, auxiliando ainda com ação repelente e fagodeterrentes podendo afetar inclusive o desenvolvimento e reprodução dos patógenos (MEDEIROS; WANDERLEY; WANDERLEY, 2003).

Por proporcionar aporte de nutrientes de forma eficaz e contribuir no manejo de pragas e doenças, a utilização de biofertilizantes é crescente no Brasil. Além de serem pouco agressivos ao ambiente, geram economia, pelo fato de poderem ser produzidos pelos agricultores, sem grandes dificuldades, para serem usados como fonte de nutrientes. Tendo em vista que além do aporte nutricional os biofertilizantes tem potencial de auxiliar na diminuição de pragas e doenças, estes, podem ser uma

alternativa viável para a utilização no manejo integrado de pragas e doenças, diminuindo a necessidade do aporte de agrotóxicos de origem sintética nas lavouras(LANNA FILHO; FERRO; PINHO, 2010; MEDEIROS et al., 2007).

Os microrganismos presentes nos biofertilizantes não apenas aportam nutrientes de forma eficaz às culturas, como também podem mitigar efeitos do estresse hídrico em diversas culturas agrícolas (VURUKONDA et al., 2016).

A disponibilidade hídrica é um fator determinante na produção de mudas de erva-mate e implantação de ervais, visto que períodos de baixa disponibilidade de umidade no solo aumentam a mortalidade de mudas, e reduzem a altura e diâmetro das plantas remanescentes (PENTEADO JUNIOR; GOULART, 2019; ROCHA, 2018). Portanto, para obter êxito tanto na produção de mudas, quanto na implantação de ervais é interessante mitigar os efeitos advindos de condições climáticas adversas, como períodos de déficit hídrico.

2 OBJETIVO GERAL

Avaliar os efeitos da aplicação de dois biofertilizantes, sendo um comercial (SERENADE® BAYER) e outro elaborado de forma “caseira” na produção de mudas de erva-mate (*Illex paraguariensis*).

2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar a qualidade das mudas de erva-mate produzidas com a aplicação de biofertilizantes através da utilização do Índice de Qualidade de Dickson;
- Identificar a incidência de ataques do inseto-praga ampola da erva-mate (*Gyropsylla spegazziniana*) nas mudas de erva-mate;
- Identificar a incidência de ataque de afídeos (Hemiptera: Aphididae) em mudas de erva-mate;
- Identificar a incidência de doenças nas mudas de erva-mate;
- Avaliar a resposta das mudas de erva-mate submetidas à estresse hídrico após o término da aplicação dos tratamentos com biofertilizantes, através da constatação de tecidos danificados por murchas e escaldaduras solares;
- Identificar a funcionalidade do uso de biofertilizantes como alternativas na produção de mudas de erva-mate.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 A ERVA-MATE (*Illex paraguariensis*)

A erva-mate (*Illex paraguariensis*) é uma espécie arbórea pertencente à família Aquifoliaceae, conhecida por diferentes nomes populares, dentre os quais estão erva-mate, congonha, pau-de-erva e erva-congonha (ROCHA, 2018).

É considerada uma espécie sucessional clímax, costumando aparecer em ambientes naturais estáveis com onde a regeneração ambiental é avançada, tolerante à ambientes sombreados e úmidos (ROCHA, 2018). Ocorre naturalmente em altitudes que vão de 500 m até 1500 m de altitude, com regimes pluviométricos variando entre 1500 mm a 2000 mm anuais, onde sua área de ocorrência é abrangida pelos tipos climáticos Cfb (clima temperado) e Cfa (clima subtropical) (PENTEADO JUNIOR; GOULART, 2019).

Suas características morfológicas incluem apresentar uma copa baixa, composta de folhas com coloração em tons de verde, tronco reto ou pouco torto que apresenta coloração acinzentada e textura áspera e rugosa. Em condições naturais as árvores podem atingir até 30 metros de altura com um diâmetro à altura do peito (DAP) de até 100 cm (ROCHA, 2018).

As folhas apresentam coloração verde-escura na face adaxial, sendo que na parte abaxial do limbo foliar o tom de verde é mais claro. São folhas simples, alternadas e com formato obovado, podendo medir entre 5 a 10 cm de comprimento e 3 a 5 cm de largura (ROCHA, 2018).

3.1.1 Produção de mudas

Atualmente é possível produzir mudas de erva-mate tanto por via sexuada, quanto assexuada. O método vegetativo (assexuado), via clonagem de matrizes e denominado de miniestaquia (WENDLING et al., 2020), embora permita a produção de mudas ao longo do ano inteiro, devido as matrizes serem mantidas em ambiente controlado, exige alta adoção tecnológica por parte dos viveiristas, implicando em

altos custos de produção. Além disso, a propagação assexuada ainda enfrenta questões específicas como a dificuldade de enraizamento de estacas de erva-mate, em função de diversas variáveis inerentes à matriz (PENTEADO JUNIOR; GOULART, 2019; WENDLING *et al*, 2020).

O método mais empregado na produção de mudas de erva mate é a produção de mudas através de semente. Embora as sementes de erva-mate apresentem dormência embrionária, necessitando passar anteriormente à semeadura, por um período de estratificação que pode variar entre 3 a 6 meses, a produção de mudas através de sementes ainda é o método mais utilizado, por apresentar algumas vantagens como ser de fácil execução, exigindo baixa adoção tecnológica, e baixo custo de produção (PENTEADO JUNIOR; GOULART, 2019).

Para melhorar a qualidade das mudas obtidas é importante que as sementes utilizadas sejam escolhidas de matrizes que apresentem boas características de produção e vigor, onde a seleção de plantas leve em conta uma boa produção de massa foliar e reduzida produção de sementes, visando alto potencial produtivo. (PENTEADO JUNIOR; GOULART, 2019).

O programa de melhoramento de erva-mate (PROMEGEM) coordenado pela Embrapa Florestas, sediada no município de Colombo, estado do Paraná, através de pesquisas em diversas regiões produtoras de erva-mate no Brasil, avaliou o potencial produtivo de diversas progênies de erva-mate (STURION; RESENDE, 2010). Outros aspectos importantes na seleção de plantas matrizes são características de sabor e suavidade das folhas de cada planta (DUBOC, 2015).

Atualmente existem registradas seis cultivares de erva-mate, das quais duas são seminais e quatro são clonais (EMBRAPA FLORESTAS, 2019).

Embora a maior parte das mudas produzidas seja oriunda de sementes coletadas em ervais nativos ou plantados, sem processos de seleção, optar em produzir mudas de cultivares registradas traz alguns benefícios, como a uniformidade no plantio e a alta produtividade dos ervais. Isso ocorre pelo fato de que cultivares registradas apresentam uma menor variabilidade genética (DUBOC, 2015).

Para produção de mudas de cultivares registradas as sementes são produzidas e coletadas em áreas denominadas de áreas de produção de sementes. Nesses locais

são mantidas as plantas selecionadas de acordo com os aspectos supracitados, de onde são eliminadas plantas pouco produtivas, podendo estas serem substituídas por outras plantas com características desejáveis. (PENTEADO JUNIOR; GOULART, 2019).

3.1.1.1 Adubação de mudas de erva-mate

Proporcionar o aporte de nutrientes de forma adequada, buscando promover o equilíbrio nutricional da planta é fundamental para o bom desenvolvimento e obtenção de mudas com qualidade. O tipo do substrato, a época e a forma de aplicação têm influência direta sobre esses aspectos (WENDLING et al., 2020).

A maneira com a qual os fertilizantes são aplicados determinam o estado nutricional da planta, isso deve-se ao fato de que alguns dos nutrientes apresentam mobilidade no substrato, enquanto outros são imóveis. De maneira geral, a deficiência de nutrientes na etapa da produção da muda de erva-mate pode ser identificada por aspectos como mudança da tonalidade da folha, das nervuras ou ainda das bordas da folha, bem como através do aparecimento de manchas foliares (WENDLING et al., 2020).

A adubação de base consiste na incorporação de fertilizantes ao substrato, quando o substrato apresenta baixa fertilidade, antes mesmo que este seja utilizado para encher os recipientes que irão receber as mudas de erva-mate (WENDLING et al., 2020). O tipo do fertilizante e a quantidade a ser utilizada para adubação de base irá depender do tipo de substrato, tamanho do recipiente para desenvolvimento da muda e forma como ocorrerá o manejo posterior durante a produção da muda de erva-mate (PENTEADO JUNIOR; GOULART, 2019).

Outra etapa importante é a adubação de cobertura, que consiste em adubações periódicas, geralmente via fertirrigação ou através de aplicações individualizadas na base das mudas. Cada etapa do processo de produção da muda pode demandar uma quantia específica de fertilizante, bem como um tipo específico. Existe a necessidade da realização de novas pesquisas e estudos visando encontrar diferentes alternativas de adubação de cobertura para os diferentes tipos de substratos utilizados para produção de mudas (PENTEADO JUNIOR; GOULART, 2019).

3.1.1.2 Qualidade das mudas de erva-mate

Para ser considerada uma muda de boa qualidade a planta deve apresentar bom aspecto visual, como uniformidade na altura das mudas do lote, sistema radicial bem desenvolvido e sem enovelamento, uma relação adequada entre parte aérea e sistema radicial, ausência de sintomas de doenças e ataques de pragas, grau de lignificação e tamanho adequado para que seja levada à campo, bem como a ausência de sinais de deficiência nutricional (PENTEADO JUNIOR; GOULART, 2019; WENDLING et al., 2020).

A qualidade da muda é fundamental para o estabelecimento de ervais saudáveis e produtivos e está associada à uma série de fatores bióticos e abióticos, desde sua qualidade genética até os tratos culturais proporcionados no viveiro, como a época adequada de semeadura e repicagem, até mesmo a etapa de nutrição da muda (PENTEADO JUNIOR; GOULART, 2019).

Conhecer as matrizes e optar pela escolha de produzir mudas seminais de cultivares registradas ou através de propagação vegetativa possibilita a obtenção de novas mudas com alto potencial genético, das quais se esperam futuros ervais com níveis de produtividade mais elevado do que ervais formados por plantas oriundas de material genético não selecionado (PENTEADO JUNIOR; GOULART, 2019; WENDLING et al., 2020).

No entanto, além da sanidade das mudas e do aspecto visual, devem ser levados em conta outros aspectos, possíveis de serem inseridos em uma fórmula matemática que reflete a qualidade das mudas. Denominada como índice de qualidade de Dickson (IQD), essa função matemática relaciona diversos aspectos mensuráveis nas mudas, como a altura da muda, o diâmetro do colo da muda, a matéria seca da parte aérea e matéria seca das raízes. Quanto mais alto for o valor obtido para o IQD, melhor é a qualidade da muda (SOUZA; PERES, 2016).

Estudos realizados com a produção de mudas de eucalipto associadas à tratamentos com biofertilizantes demonstram que o IQD para mudas tratadas com biofertilizantes é superior ao IQD do tratamento testemunha do experimento (SOUZA; PERES, 2016). No entanto não existem até o presente momento pesquisas que

avaliem a qualidade de mudas de erva-mate produzidas com a utilização biofertilizantes.

3.2 BIOFERTILIZANTES

Os biofertilizantes são insumos que podem ser adquiridos em formulações comerciais, cada qual com características específicas de composição (alguns podem conter agentes microbiológicos, já outros contém principalmente enzimas e aminoácidos) ou então produzidos de forma caseira, sendo produzidos com recursos naturais obtidos da propriedade onde serão utilizados (PICLHER, 2011; SANTOS, 2012).

O efeito dos biofertilizantes e dos microrganismos promotores de crescimento está relacionado a quantidade e variabilidade de microrganismos utilizados no preparo do biofertilizante, pois essas variáveis são responsáveis pela produção das substâncias antibióticas e fitorreguladoras. Os metabólitos são dos mais variados tipos e com diferentes funções, desde proteínas e enzimas até toxinas e vitaminas, ésteres, ácidos, fenóis e antibióticos que podem atuar com ação fitorreguladora na planta (MEDEIROS; WANDERLEY; WANDERLEY, 2003). A grande quantidade e variedade de microrganismos presentes na rizosfera das plantas influencia diretamente o crescimento destas, e no contexto de culturas agrícolas, tem potencial de aumentar a produtividade (VURUKONDA et al., 2016).

Aplicações de agrotóxicos e fertilizantes químicos solúveis nas plantas podem inibir e interferir em processos metabólicos de proteossíntese. O desbalanço nutricional de uma planta e o seu sistema de defesa desequilibrado são pontos preponderantes para que a planta esteja suscetível ao ataque de pragas e doenças. Nesse aspecto converge a teoria da trofobiose, proposta por Francis Chaboussou em 1979, de que uma planta somente será atacada por um patógeno quando suas substâncias químicas, resultantes do desequilíbrio bioquímico em seus processos fisiológicos coincidirem com as necessidades alimentares do patógeno (MEDEIROS; WANDERLEY, WANDERLEY, 2003)

Sob a ação de agrotóxicos e fertilizantes altamente solúveis tais desbalanços hormonais resultam no acúmulo aminoácidos livres e açúcares de caráter redutor nos

tecidos vegetais; substâncias como estas, quando livres na seiva das plantas, estão diretamente relacionadas à incidência de pragas e doenças, pois os agentes patogênicos e insetos as usam como fonte de aminoácidos e energia para se alimentarem e realizarem seus processos metabólicos (MEDEIROS; WANDERLEY; WANDERLEY, 2003).

Algumas pesquisas com aplicação de biofertilizantes demonstraram incrementos na produtividade e na biomassa da parte aérea e das raízes em culturas como a da soja e do tomate (MARTINS et al., 2018; PICHLER, 2011).

Na produção de mudas de espécies florestais, Liu et al (2013) avaliaram a resposta de mudas de *Platyclusus orientalis* submetidas à condições de déficit hídrico, demonstrando aumento na resistência ao déficit hídrico das mudas inoculadas com *Bacillus subtilis*. Também foram testados efeitos de biofertilizantes na formação de mudas de cafeeiros por Araújo et al (2008) e na qualidade de mudas de eucalipto produzidas com a utilização de Supermagro por Pichler (2011) (esses e outros casos serão discutidos especificamente no item 3.3 desta revisão).

O biofertilizante acima citado, Supermagro, é um biofertilizante que pode ser produzido de forma “caseira” e leva em sua composição água, leite, melado, esterco bovino, farinha de osso, cal, ácido bórico e uma série de minerais tais como sulfato de zinco, cloreto de cálcio, sulfato de magnésio, sulfato de manganês, sulfato de cobalto e molibdato de sódio. Todos esse ingrediente são utilizados no preparo de uma calda que sofre um processo de fermentação para ficar pronto para o uso (INSTITUTO KAIRÓS, 2017). Um dos principais agente microbiológicos presentes no biofertilizante Supermagro é a espécie *Bacillus subtilis*, que é inserida na composição do biofertilizantes através do esterco bovino utilizado no preparo do biofertilizante (PICHLER, 2011)..

A espécie *Bacillus subtilis* age de forma competitiva, competindo por espaço com outros microrganismos, inclusive microrganismo com potencial patogênico, inibindo o crescimento fungos e bactérias (PICHLER, 2011).

3.2.1 Biofertilizantes e a indução de resistência à pragas e doenças

Várias pesquisas demonstram o efeito benéfico da utilização de microrganismos promotores de crescimento na redução da incidência de insetos-praga na parte aérea de diversas espécies de plantas. Na revisão de literatura realizada por Heinen et al. (2018), foi verificado que em dezessete pesquisas revisadas correlacionando a presença de rizobactérias promotoras de crescimento em associação com diversas plantas houve significativa redução de incidência de insetos-praga na parte aérea das plantas avaliadas.

A espécie *Bacillus subtilis* está entre as espécies comuns no composto biofertilizante SUPERMAGRO, atuando com ação antagonista contra agentes que causam patogenicidade em plantas de interesse agrícola, promovendo inclusive a resistência das plantas ao ataque de insetos e ácaros, devido à produção de compostos fagodeterrentes, ou seja, compostos que repelem o agente predador a partir do momento em que ele começa a se alimentar dos tecidos vegetais (PICHLER, 2011).

Algumas das espécies de microrganismos presentes nos biofertilizantes agem por antagonismo de diferentes maneiras, entre as quais utilizam-se da produção de sideróforos e síntese de antibióticos, enzimas e compostos com ação fungicida, competindo diretamente com microrganismos patogênicos (LIU et al., 2013).

As espécies de microrganismos pertencentes ao gênero *Bacillus* demonstram grande aptidão no combate à agentes patogênicos, devido principalmente à formação de endósporos e antibióticos, que possibilitam à essas espécies sobreviver longos períodos e se adaptar a diversos nichos ecológicos, combatendo mecanismos de ataque de agentes fitopatogênicos (LANNA FILHO; FERRO; PINHO, 2010).

Biofertilizantes comerciais com registro no ministério da agricultura são importantes aliados de produtores de maçãs no combate a pragas e doenças nesta cultura. Entre os produtos comerciais utilizados pelos agricultores na cultura da macieira estão o Serenade® (*Bacillus subtilis*), Dipel WG® (*Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki*); Agree® (*Bacillus thuringiensis* var. *aizawai* + *kurstaki*); e Sonata® (*Bacillus pumilus*), os quais atuam significativamente na mortalidade de lagartas de primeiro

instar do inseto-praga *Grapholita molesta*, responsável por perdas produtivas e econômicas nessa cultura (SANTOS, 2012).

Na produção de mudas de erva-mate, a utilização de cepas isoladas do microrganismo *Bacillus subtilis*, coletadas em áreas de ocorrência natural de erva-mate e a partir da lavagem de folhas de erva-mate, demonstrou efeitos positivos ao reduzir em até 90% a quantidade de danos causados às folhas devido à incidência da doença da pinta-preta (*Cylindrocladium spathulatum*), demonstrando a viabilidade da seleção, em mudas, de agentes antagonistas para realizar o controle desta doença na cultura (GOMES; GRIGOLETTI JUNIOR; AUER, 2001).

Em pesquisas realizadas com plantas de milho inoculadas com microrganismos promotores de crescimento, observou-se significativa redução da variedade de insetos atacando as plantas inoculadas, contudo foi descartada a influência direta do microrganismo sobre essa variável (MEGALI; SCHLAU; RASMANN, 2015). Em estudos posteriores verificou-se que a diminuição na variedade de insetos-praga nas plantas de milho ocorre em função do aumento da produção de compostos orgânicos voláteis de defesa em plantas atacadas por *Spodoptera littoralis*, e que plantas de milho inoculadas com microrganismo promotores de crescimento tem significativo aumento da palatabilidade para o inseto-praga *Spodoptera littoralis*, demonstrando haver uma correlação direta positiva entre o uso de microrganismos promotores de crescimento e a palatabilidade das plantas ao inseto praga citado (MEGALI; SCHLAU; RASMANN, 2015), sugerindo assim a necessidade de mais estudos correlacionando o uso de microrganismos promotores de crescimento e biofertilizantes com a incidência de pragas em cultivos agrícolas.

3.2.2 Biofertilizantes e a indução de respostas ao déficit hídrico

O estresse hídrico é o fator abiótico que mais tem se intensificado em frequência e severidade nas últimas décadas, e estima-se que esse fator altere a produtividade de alimentos em pelo menos metade de todas as terras agricultáveis do mundo (VURUKONDA et al., 2016). O déficit hídrico afeta o crescimento, desenvolvimento e produção de diversas culturas agrícolas, inclusive na silvicultura (LIU et al., 2013).

Os efeitos negativos ocorrem em função da diminuição da disponibilidade de água no solo, essencial para o transporte de nutrientes entre o solo e a planta, refrigeração da planta, bem como a manutenção da turgescência e do processo fotossintético, essenciais ao seu desenvolvimento. Quando episódios de seca ocorrem, a disponibilidade de água no solo reduz à medida que fator abiótico se estende. Assim, quanto menor a disponibilidade de água no solo, menor o gradiente potencial entre o sistema radicial das plantas e o solo reduzindo, portanto, a absorção e o movimentação de água na planta. Com isso os estômatos da planta, a fim de reduzir a perda de água da planta para a atmosfera, se fecham, e com isso outra função dos estômatos fica comprometida, que é de captura de gás carbônico, afetando dessa maneira o processo fotossintético da planta, reduzindo o seu desenvolvimento vegetativo (ROCHA, 2018). Além disso, esse estresse abiótico ocasiona também danos a níveis celulares nas plantas, induzindo-as a apresentar respostas fenotípicas e fisiológicas indesejadas (LIU et al., 2013).

As plantas de maneira geral evoluíram em meio a uma vasta quantidade de microrganismos, muitos dos quais são capazes de estabelecer relações com as plantas, obtendo delas substrato para suas funções metabólicas e fornecendo em troca nutrientes e podendo inclusive conferir níveis diferenciados de resistência à efeitos abióticos, como por exemplo a seca. Assim, as plantas aproveitam-se de uma série de mecanismos para reagir à episódios de falta de água, os quais são regradados pela ação de determinados genes da planta ativados em função do déficit hídrico e de metabólitos produzidos por microrganismos simbiotes (MARTINS et al., 2018; RIVA et al., 2021). Essa atribuição deve-se ao fato da síntese de variados metabólitos, por parte dos microrganismos, que podem ser absorvidos e translocados nos tecidos vegetais, influenciando os processos fisiológicos da planta (MEDEIROS; WANDERLEY; WANDERLEY, 2003) através da ativação de genes que estão ligados à mecanismos de resistência à estresses abióticos, como a seca (MARTINS et al., 2018).

Os efeitos mais severos do déficit hídrico são a queda na produtividade das culturas agrícolas, redução na qualidade da produção, e na pior das hipóteses a planta pode atingir o ponto de murcha permanente, que é a situação onde a murcha atinge um ponto irreversível, levando a planta à morte devido aos danos fisiológicos causados ao vegetal (WIECHETECK, 2017). Em pesquisa realizada com a produção de mudas de *Platycladus orientalis*, espécie arbórea de conífera, constatou-se que

nos tratamentos em que as mudas foram submetidas ao déficit hídrico, independentemente da inoculação de *Bacillus subtilis*, houve significativa redução de acúmulo de massa seca aérea nas plantas (LIU et al., 2013).

A microbiota do solo forma uma vasta comunidade que através da liberação de metabólitos no solo e de interações com as plantas tem capacidade de influenciar sua produtividade através do aumento da resistência das plantas ao estresse hídrico (VURUKONDA et al., 2016) e pesquisas demonstram significativos aumentos na absorção de água por plantas de milho inoculadas com microrganismos promotores de crescimento (MEGALI; SCHLAU; RASMANN, 2015).

Algumas cepas de microrganismos são capazes de se desenvolver em condições de disponibilidade reduzida de água; é o caso das cepas UFGS1 (*Bacillus subtilis*), UFGS2 (*Bacillus thuringiensis*), UFGRB2 e UFGRB3 (*Bacillus cereus*), identificadas por pesquisadores e inoculadas em plantas de soja a fim de avaliar a resposta das plantas à oferta reduzida de água. As cepas UFGS2 e UFGRB3 inoculadas em sementes e soja aumentaram significativamente a resposta de plantas de soja ao déficit hídrico. As cepas UFGS1 e UFGRB2 foram capazes de aumentar a expressão de genes associados à resistência de plantas de soja à seca. Além disso, as cepas UFGS2, UFGRB3 e UFGRB2 quando inoculadas em sementes de soja proporcionaram significativos incrementos na massa seca da parte aérea e das raízes de plantas (MARTINS et al., 2018).

Pesquisas evidenciam que a citocinina é um dos principais compostos produzidos por microrganismos que atuam na regulação do crescimento da planta em condições de déficit hídrico. No entanto acredita-se ainda que diversos outros fatores possam estar associados à atividade microbiológica e às respostas das plantas em condições de estresse abiótico, como por exemplo a produção de fitorreguladores, a fixação biológica de nitrogênio, a solubilização de fosfatos inorgânicos e a mineralização de fosfatos orgânicos e o antagonismo dos microrganismos promotores de crescimento para com os microrganismos causadores de doenças em plantas (LIU et al., 2013).

Alguns dos microrganismos utilizados na produção de biofertilizantes podem ser oriundos de locais suscetíveis à estresses abióticos, como o déficit hídrico, inferindo-se que estes microrganismos estejam adaptados à essas condições de estresse e tenham maiores chances de promover resultados significativos quando

utilizados em outras situações que apresentem circunstâncias semelhantes. Como exemplo, pesquisadores isolaram linhagens de *Bacillus subtilis* a partir da rizosfera de nogueiras em uma região frequentemente afetada por regimes de déficit hídrico em Jinan, na província de Shandong, China. A cepa isolada de *Bacillus subtilis* foi inoculada como tratamento na produção de mudas de tuia oriental (*Platycladus orientalis*) submetidas à diferentes regimes de irrigação, demonstrando efeitos significativos positivos de sua utilização (LIU et al., 2013). Destaca-se que mudas inoculadas com *Bacillus subtilis* submetidas à condição de déficit hídrico apresentaram variáveis respostas semelhantes as variáveis apresentadas por mudas que não foram submetidas ao estresse hídrico e que não haviam sido inoculadas. No sistema radicial houve menor significância da variável de peso seco, demonstrando que a parte aérea é mais sensível aos efeitos oriundos da inoculação de microrganismos promotores de crescimento (LIU et al., 2013).

3.2.3 Biofertilizantes na produção de espécie florestais

Embora existam poucos estudos correlacionando o uso de biofertilizantes com a produção de espécies arbóreas, alguns destes corroboram com bons resultados, que estimulam o desenvolvimento de novas pesquisas na área.

Pesquisas realizadas com eucalipto demonstram a obtenção de mudas que atendem aos padrões exigidos de qualidade sob aplicação do biofertilizante SUPERMAGRO com intervalos de 14 dias em concentrações que variaram entre 10 e 20%, no entanto, ao utilizar a concentração de 5% de SUPERMAGRO os autores demonstraram não haver resultados significativos satisfatórios (PICHLER, 2011). Em outra pesquisa, a aplicação de biofertilizantes à base de aminoácidos durante a produção de mudas de eucalipto promoveu significativa melhoria na qualidade das mudas (SOUZA; PERES, 2016).

Na cafeicultura, trabalhos de pesquisa testando diferentes concentrações do biofertilizante SUPERMAGRO, durante a formação dos cafeeiros, demonstraram resultados significativos para doses entre 14,6 e 16,2% de concentração de SUPERMAGRO aplicados em mudas em formação, isto quando ao substrato destas era adicionada uma dose específica de 770 g por vaso de composto orgânico

preparado a base de esterco de galinha, palha de café e palha de feijão (ARAÚJO et al, 2008).

Em estudos realizados no processo de produção de mudas de tuia oriental (*Platyclusus orientalis*) mudas inoculadas com uma linhagem de *Bacillus subtilis*, quando submetidas à uma menor oferta de água, apresentaram menor redução de citocininas na parte aérea das mudas quando comparadas às testemunhas. Enquanto em plantas não inoculadas a redução de citocinina na parte aérea foi próxima a 39,14%, em plantas inoculadas com a cepa de *Bacillus subtilis* a redução de citocininas na parte aérea foi de apenas 10,22%. Observou-se também que o teor de ácido abcísico presente nos tecidos da parte aérea aumentou nas plantas submetidas ao déficit hídrico, sendo ainda mais significativo esse aumento nas plantas que foram inoculadas. Para se entender como esses dois compostos atuam no desenvolvimento dos vegetais, devem ser analisadas as proporções dos mesmos e correlacionadas com as variáveis de resposta apresentadas pelas mudas. A citocinina estimula a abertura estomática estimulando o crescimento da planta, enquanto o ácido abcísico está diretamente relacionado com o fechamento estomático, o qual interfere no desenvolvimento vegetativo da planta, reduzindo seu crescimento. No sistema radicial não houve significância na interação entre os fatores testados para a quantidade de citocinina e ácido abcísico presente nos tecidos (LIU et al., 2013) .

Durante a pesquisa de Liu et al. (2013) com *Platyclusus orientalis* constatou-se que a matéria seca da parte aérea apresentou incrementos significativos quando as mudas foram inoculadas com *Bacillus subtilis*, tanto em mudas com condições normais de irrigação como também nas mudas submetidas ao déficit hídrico, quando comparadas às testemunhas não inoculadas, embora a proporção tenha sido distinta, variando de acordo com o regime hídrico, sendo que quanto menor a oferta de água, menor o incremento de matéria seca na parte aérea (LIU et al., 2013).

Em relação ao manejo sanitário, o uso de microrganismos na cultura da erva-mate demonstra resultados satisfatórios no controle de uma das principais doenças da cultura, através da ação antagonista do microrganismo *Bacillus subtilis*, que inibe a proliferação do fungo entomopatogênico *Cylindrocladium spathulatum*, responsável por causar a pinta-preta. Assim é demonstrado o potencial da realização de controle biológico no manejo fitossanitário desta cultura (GOMES; GRIGOLETTI JUNIOR; AUER, 2001).

A produção orgânica vêm abrindo portas para a perspectiva da produção sem uso de agrotóxicos e adubos químicos (STURION; RESENDE, 2010), demonstrando haver a necessidade de novos estudos e testes à campo a fim de validar o uso de biofertilizantes como uma alternativa à adubação e ao manejo fitossanitário da cultura da erva-mate (GOMES; GRIGOLETTI JUNIOR; AUER, 2001).

3.2.4 A erva-mate e a resposta ao déficit hídrico

O desenvolvimento e produtividade de espécies florestais está diretamente correlacionado com a dinâmica da umidade no sistema (ROCHA, 2018). A erva-mate é considerada uma espécie higrófila, o que significa que essa espécie apresenta boa desenvoltura em condições de elevada umidade (ROCHA, 2018).

Recomenda-se que o plantio de mudas seja realizado em períodos que o solo esteja úmido, após períodos de chuva, a fim de minimizar o índice de perdas de mudas por déficit hídrico (PENTEADO JUNIOR; GOULART, 2019).

Orienta-se que na cultura da erva-mate seja realizada a deposição de cobertura morta (*mulching*) sobre o solo, com a finalidade de suprimir plantas daninhas e manter a umidade do solo (PENTEADO JUNIOR; GOULART, 2019). Com essa orientação corroboram as observações realizadas em estudos com diferentes coberturas de solo para essa cultura, onde observou-se que o índice de sobrevivência de mudas de erva-mate implantadas em tratamentos onde a cobertura do solo proporcionou maior teor de umidade volumétrica e menores temperaturas no solo foi significativamente maior, no período do verão, do que em tratamentos onde a cobertura do solo não favoreceu a manutenção e equilíbrio da umidade e temperatura do solo (ROCHA, 2018).

Observou-se que para cultura da erva-mate também ocorre uma correlação positiva entre o grau de umidade no solo e a maior altura e diâmetro das plantas (ROCHA, 2018).

Quando submetidas à condições de menor umidade no solo, as plantas e erva-mate demonstram reduzir seu índice de sobrevivência, sua altura média e diâmetro (ROCHA, 2018).

3.3 AMPOLA DA ERVA-MATE

A ampola-da-erva-mate (*Gyropsilla spegazziniana*) é o principal inseto-praga de ocorrência em viveiros de produção de mudas de erva-mate. Recebe destaque por gerar grandes perdas na produtividade tanto dos viveiros de produção de mudas quanto nos ervais, sejam eles nativos ou implantados (DUBOC, 2015; WENDLING et al., 2020).

Os ataques podem ocorrer durante todo o ano, no entanto os meses com maior incidência são os de outubro a dezembro e nos meses de fevereiro a abril (PENTEADO JUNIOR; GOULART, 2019). Os danos na cultura ocorrem a partir do momento em que o adulto do inseto deposita seus ovos no limbo foliar, a partir de onde se desenvolverão as ninfas responsáveis pela deformação da folha, em formato de “ampola”. Os principais danos são a deformação das folhas, a queda prematura das mesmas e, por consequência, o retardo no desenvolvimento das plantas, resultando em mudas de má qualidade quando a incidência do ataque for durante a fase de viveiro (DUBOC, 2015; PENTEADO JUNIOR; GOULART, 2019; WENDLING et al., 2020).

A principal forma de controle utilizada por produtores de erva-mate é a aplicação de inseticidas, embora até o ano de 2020 nenhum inseticida tenha sido registrado para o controle desta praga. Além de aumentar os riscos à saúde humana, práticas como esta não são aconselháveis, visto que não há conhecimento da dosagem correta a ser aplicada e que a aplicação de inseticidas pode ser um antagonista dos potenciais inimigos naturais da ampola-da-erva-mate, podendo ocasionar assim desequilíbrio ambiental e perdas econômicas (WENDLING et al., 2020).

A recomendação para reduzir a incidência do ataque da ampola-da-erva-mate é que o produtor faça o corte e destruição dos galhos atacados (PENTEADO JUNIOR; GOULART, 2019).

3.4 AFÍDEOS

Os afídeos (Hemiptera: Aphididae), também generalizados como “pulgões”, estão entre os principais insetos-praga de ocorrência em viveiros de produção de mudas de erva-mate, atrás apenas da ampola-da-erva-mate, o inseto-praga mais comum (PENTEADO JUNIOR; GOULART, 2019).

Os afídeos normalmente atacam as brotações novas, sugando a seiva dos tecidos vegetais, tornando-os com aspecto retorcido ou enrugado. Abrigam-se na parte inferior do limbo foliar (WENDLING et al., 2020).

Além do dano direto, os pulgões excretam uma substância açucarada sobre a superfície do tecido do qual estão se alimentando que pode favorecer o desenvolvimento de doenças fúngicas, como a fumagina, que pode afetar negativamente o processo fotossintético da planta, podendo levar a planta à morte (PENTEADO JUNIOR; GOULART, 2019).

Têm-se observado que o controle dos afídeos que atacam a cultura da erva-mate se dá de forma natural através da parasitagem dos pulgões por algum agente parasitoide ainda desconhecido. Embora ocorra o controle natural, o uso de inseticidas para o controle desta praga acaba eliminando, além dos afídeos, os próprios agentes biológicos de controle natural (PENTEADO JUNIOR; GOULART, 2019).

3.5 PRINCIPAIS DOENÇAS DA CULTURA DE ERVA-MATE

Os principais problemas associados às doenças no cultivo de erva-mate ocorrem durante a fase de viveiro das mudas, nesse período é que há a maior manifestação de doenças, principalmente das doenças fúngicas, dentre as quais as principais a se destacarem, por causarem danos econômicos consideráveis são a antracnose, a pinta-preta, a podridão das raízes e o tombamento de mudas. (PENTEADO JUNIOR; GOULART, 2019).

A antracnose é causada por fungos do gênero *Colletotrichum* sp, sua ocorrência pode ser favorecida por sombra e umidade demasiada. O controle

preventivo pode ser feito de forma cultural, alterando as condições ambientais à qual as mudas são submetidas. Mudas afetadas devem ser retiradas do meio das plantas saudáveis e, antes de cada semeadura os recipientes e o substrato devem ser desinfestados. Evitar excessos de adubação nitrogenada ajudam a evitar a ocorrência da doença. Os principais danos ocorrem devido à queima do ápice da planta, com surgimento de manchas necróticas em formato irregular, as quais retardam o desenvolvimento da planta. Em geral ocorrem nas em brotações e nas bordaduras das folhas jovens (PENTEADO JUNIOR; GOULART, 2019; WENDLING et al., 2020).

A pinta-preta é principal doença da cultura da erva-mate, causada pelo fungo *Cylindrocladium spathulatum*, geralmente ocorre em folhas adultas e sua caracterização dá-se pelo surgimento de manchas com formato circular no centro ou nas bordas das folhas. A consequência é a queda prematura de folhas, resultando em menores produtividades em ervais para produção e na redução da qualidade das mudas produzidas em viveiros. A principal forma de perpetuação da doença em viveiros é através da produção contínua de mudas, sem vazio sanitário, ou ainda através da utilização de substratos e materiais contaminados. Como a antracnose, a pinta-preta também pode ser facilitada por sombra e umidade em excesso. O controle pode ser preventivo, melhorando condições de luminosidade e reduzindo a umidade nos ambientes de produção de mudas. Ainda, podem ser realizadas a remoção de plantas infestadas em meio às plantas saudáveis, ou mesmo realizar a coleta e eliminação de folhas caídas no viveiro, reduzindo assim a taxa de disseminação da doença (PENTEADO JUNIOR; GOULART, 2019; WENDLING et al., 2020).

A podridão das raízes e o tombamento de mudas ocorrem principalmente nas fases de sementeira e no período posterior à repicagem das mudas. Ambas podem ser causadas por uma série de agentes patogênicos (PENTEADO JUNIOR; GOULART, 2019).

A podridão das raízes está associada principalmente a fungos dos gêneros *Fusarium* sp., *Rhizoctonia* sp. e *Phyitium* sp. A podridão das raízes manifesta sintomas visíveis como o surgimento de manchas foliares, amarelecimento e queda de folhas, retardo no desenvolvimento de mudas, bem como a murcha e o secamento das mesmas. No sistema radicial das mudas surgem necroses que evoluem e causam o apodrecimento das raízes da planta. Plantas infectadas levadas à campo estão sujeitas à morte (PENTEADO JUNIOR; GOULART, 2019; WENDLING et al., 2020).

O tombamento de mudas pode ser causado, além dos agentes supracitados, também pelos fungos *Botrytis* sp. e *Cylindrocladium spathulatum*. Quanto acometida por algum destes agentes a planta tomba, devido ao estrangulamento do colo da muda (PENTEADO JUNIOR; GOULART, 2019).

Para evitar a podridão das raízes e o tombamento das mudas, aspectos a serem observados são evitar umidade elevada no ambiente, não utilizar substratos compactados, evitar a alta densidade de semeadura, não realizar adubação nitrogenada em excesso, e atentar para o uso de substratos e materiais possivelmente contaminados. Manejos culturais como o controle da irrigação, desinfecção do substrato com água quente e eliminação de plantas acometidas são grandes aliados para realização do controle destas doenças (PENTEADO JUNIOR; GOULART, 2019).

4 METODOLOGIA EXPERIMENTAL

Todas as etapas desenvolvidas, bem como os materiais e métodos necessários para realização do projeto de pesquisa serão descritos em tópicos específicos.

4.1 LOCALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO, PERÍODO DE EXECUÇÃO E CLIMA

O experimento foi conduzido em condições de viveiro, entre os meses de agosto de 2021 e janeiro de 2022, em área anexa ao domicílio do autor, no município de Chapecó. As coordenadas do local do experimento são -27.10 S, -52.67 O.

De acordo com a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Cfa, subtropical, a temperatura média anual varia de 18 a 19°C e os índices pluviométricos podem chegar a um acumulado médio anual de 1700 a 1900 mm (COLLAÇO, 2003).

4.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O delineamento experimental utilizado foi o *one tree plot* (OTP), que caracteriza cada planta utilizada no experimento como uma repetição. No total, foram adquiridas 304 mudas que foram distribuídas, inicialmente, de forma aleatória em 5 bandejas de suporte de tubetes.

Cada repetição do experimento é constituída por uma muda de erva-mate plantada em um container (tubete) de plástico de 280 cm³ de volume repleto de substrato com adubação de base.

Devido às mudas terem sido adquiridas logo após o processo de repicagem das mesmas, algumas morreram devido ao estresse decorrido em função do processo. Devido à mortalidade de mudas anteriormente ao início da aplicação de tratamentos com biofertilizantes, o número de mudas submetidas à cada tratamento variou.

Cada bandeja acomodou um determinado número de mudas (sobreviventes à repicagem) que foi submetida à um mesmo tratamento com determinado

biofertilizante. Ou seja, todas as repetições acomodadas em uma mesma bandeja recebiam o mesmo tratamento.

Os tratamentos e número de repetições foram:

- **Testemunha (T0)** – Desenvolvimento das mudas com aplicação do tratamento contendo apenas água. Repetições: 41
- **Tratamento 1 (T1)** – Serenade vivo. Repetições: 45
- **Tratamento 2 (T2)** – Serenade esterilizado. Repetições: 48
- **Tratamento 3 (T3)** – Supermagro modificado vivo. Repetições: 40
- **Tratamento 4 (T4)** – Supermagro modificado esterilizado. Repetições: 37

Os tratamentos serão detalhados nos subitens do item 4.5 da metodologia experimental deste trabalho.

4.3 MATERIAIS NECESSÁRIOS

Abaixo são descritos os materiais necessários para condução do experimento, bem como a forma de obtenção.

4.3.1 Tubetes e suportes

As repetições de cada tratamento foram conduzidas em tubetes adquiridos do viveiro florestal da Universidade Comunitária da Região de Chapecó (UNOCHAPECO).

O diâmetro superior do tubete é de 63 mm. A altura de cada tubete é de 190 mm. O volume de cada tubete é de 280 cm³. Foram adquiridos 225 tubetes.

Juntamente com os tubetes foram adquiridas as bandejas plásticas de suporte para acomodação dos tubetes. Cada bandeja possui espaço para acomodação de 54 tubetes, com disposição de 6 fileiras com 9 células em cada fileira. As medidas de cada bandeja são de 58,2 cm de comprimento por 41,0 cm de largura. Foram adquiridas 10 bandejas.

Os tubetes e bandejas adquiridos foram transportados até o viveiro produtor das mudas, para que no local o produtor das mudas pudesse transferir as mudas através do processo de repicagem da sementeira para cada tubete.

4.3.2 Substrato e adubação de base

Optou-se por utilizar no experimento o mesmo substrato utilizado pelo produtor fornecedor das mudas de erva-mate. Portanto, o substrato foi obtido diretamente com o produtor.

O substrato era um composto de fibra de coco com adubação de base de Osmocote 19-06-10 (NPK). A adubação de base disponível no substrato foi de 165 g de Osmocote a cada 50 litros de substrato de fibra de coco, totalizando assim em média 0,924 g deste fertilizante por tubete.

4.3.3 Tela de sombreamento, lona plástica e regador

Para condução do experimento foi adquirida uma tela de sombreamento de 50% utilizada para cobrir a estrutura da bancada, sobre a qual ficaram dispostas as bandejas com as mudas de erva-mate.

Sobre a tela de sombreamento foi instalada uma lona plástica transparente, objetivando evitar a interferência de episódios de pluviosidade sobre as mudas de erva-mate, assemelhando dessa maneira o local da condução do experimento à um viveiro comercial de produção de mudas.

Um regador foi utilizado para realizar a rega por aspersão na primeira fase do experimento, na qual todas as mudas recebiam a mesma quantidade de água.

4.3.4 Seringas e balança

As seringas utilizadas tinham a capacidade volumétrica de 20 ml e foram utilizadas para dosar com precisão a quantidade de água a ser administrada a cada muda de erva-mate durante o período em que se submeteu uma parcela das mudas ao déficit hídrico.

Uma balança comercial foi utilizada para aferir a massa média de água que cada repetição recebia após o a realização da rega por aspersão, possibilitando assim

encontrar a quantidade de água correspondente à capacidade de campo para o tipo de substrato utilizado neste experimento.

4.3.5 Mudanças de erva-mate

As mudas de erva-mate utilizadas na pesquisa são da cultivar Caa rari e foram adquiridas com o viveiro Eucaflora, sediado no município de Coronel Freitas, estado de Santa Catarina. As mudas produzidas por esse viveiro são oriundas de sementes adquiridas pelo produtor de mudas na unidade da EPAGRI de Chapecó, a qual comercializa as sementes da cultivar desenvolvida em parceria com a EMBRAPA. No total foram adquiridas 304 mudas. O número total de mudas avaliadas ao final do experimento foi de um total de 211 mudas, devido à mortalidade de algumas mudas ocorridas em função do processo de repicagem ao qual as mudas foram submetidas anteriormente ao início da aplicação dos tratamentos.

A repicagem consiste no transplante das mudas de erva-mate das sementeiras para os tubetes individualizados. As mudas foram adquiridas imediatamente após o processo de repicagem. Devido à desuniformidade da emergência e do ritmo de desenvolvimento inicial das mudas de erva-mate, não é possível precisar a idade das mudas, no entanto o processo de repicagem foi realizado observando-se o comprimento médio da parte aérea das mudas, que era de aproximadamente 3 cm.

Optou-se pela utilização de uma cultivar de erva-mate registrada a fim de diminuir as variações oriundas da segregação genética, variações estas que são mais frequentes e evidentes em amostragens de população aberta.

Logo após repicadas para os tubetes, as mudas foram transportadas para o local do experimento, onde passaram por um período de 14 dias de aclimação, recebendo apenas água coletada da chuva.

O motivo da utilização de água da chuva é evitar o uso da água disponibilizada pelo sistema urbano de abastecimento, o qual disponibiliza água com resíduos de cloro, que poderia comprometer a qualidade e funcionalidade dos biofertilizantes testados. O tema será abordado novamente nos próximos tópicos.

4.3.6 Biofertilizantes

Os biofertilizantes foram obtidos de diferentes formas.

Um dos biofertilizantes testados, o chamado “Supermagro modificado”, foi doado pelo orientador do projeto de pesquisa, o qual produziu o biofertilizante durante a ministração do componente de Ecologia Agrícola no campus da Universidade Federal da Fronteira Sul. Este biofertilizante recebe o adjetivo de “modificado” devido ao fato de sua receita diferir em alguns aspectos da receita do Supermagro orientada nas Fichas Agroecológicas do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (INSTITUTO KAIRÓS, 2017).

O Supermagro utilizado nesta pesquisa, ao invés de receber a adição de minerais específicos em dosagens controladas (2 kg de sulfato de zinco; 2 kg de cloreto de cálcio; 2 kg de sulfato de magnésio; 300 g de sulfato de manganês; 50 g de sulfato de cobalto; 100 g de molibdato de sódio; 1 kg de ácido bórico ou 1,5 kg de bórax), recebeu cinzas de fogão na proporção de 5 kg para 200 L de água.

O outro biofertilizante testado é um produto com registro comercial, chamado Serenade, produzido pela empresa de insumos Bayer. Esse biofertilizante possui como princípio ativo a presença de microrganismos vivos da espécie *Bacillus subtilis*. Não são fornecidas mais informações a respeito da composição mineralógica do produto.

4.3.7 Água

Os biofertilizantes possuem seus atributos graças à fração microbiológica que os constitui. A água da chuva, por não conter grandes quantidade de agentes sanitizantes, é mais apropriada para utilização no preparo das soluções e também para irrigação diária, tendo em vista que não irá reduzir a população ou esterilizar os microrganismos adicionados às repetições via irrigação localizada.

4.3.8 Bancada

O experimento foi conduzido sobre bancadas de madeira, construídas pelo próprio estudante com a finalidade de manter as mudas a determinada altura do solo, similarmemente às condições verificadas em viveiros de produção de mudas. As medidas da bancada são 2,50 m de comprimento, por 1,2 m de largura e 0,70 m de altura. A bancada foi coberta com telado com taxa de sombreamento de 50%, a fim de proporcionar condições adequadas ao estabelecimento e desenvolvimento inicial das mudas de erva-mate.

Sobre as bancadas foram dispostas dez bandejas de plástico para acomodar os tubetes com as mudas de erva-mate.

A fim de garantir condições ambientais idênticas à todas as repetições, as bandejas contendo as mudas sobre a bancada eram rotacionadas a cada 3 dias, sendo que todas as bandejas ocuparam todas as posições na bancada diversas vezes durante a condução do experimento.

4.4 IRRIGAÇÃO

A irrigação ocorreu em duas fases temporais distintas. A primeira fase ocorreu do início do experimento até o dia correspondente à última aplicação dos tratamentos. Já a segunda fase ocorreu a partir do primeiro dia após a última aplicação dos tratamentos, prolongando-se por 30 dias, quando as amostras foram então avaliadas.

Abaixo serão detalhadas as fases da irrigação.

4.4.1 Primeira fase

A irrigação na primeira fase foi realizada diariamente com o auxílio de um regador e cada muda recebia aproximadamente 15 ml de água, quantidade determinada por gravimetria.

A quantidade de água fornecida para cada repetição era calculada através da média da diferença de peso do tubete, contendo o substrato e a muda, antes e após

a irrigação por aspersão. Foram pesados 5 tubetes de cada bandeja, de forma aleatória, para verificar a quantidade de água recebida por cada uma. Com posse dessa informação, determinava-se por quantos segundos cada bandeja deveria ser irrigada para que todas as repetições recebessem quantidade de água correspondente à 15 ml.

Para que a quantidade de água disponibilizada a cada repetição se mantivesse em 15 ml durante toda a primeira fase do experimento, semanalmente realizava-se a aferição do tempo necessário de irrigação sob cada bandeja para que todas as mudas recebessem a quantidade de água prevista de 15 ml. Isso fez-se necessário pois a área foliar das mudas aumentava com o decorrer das semanas, ocasionando assim o bloqueio de certa quantidade de água, respingando parte da água aspergida fora do substrato das mudas. Portanto semanalmente o tempo de irrigação sob cada bandeja, com o auxílio do regador, aumentava alguns segundos, até atingir o nível desejado de disponibilidade de água por repetição.

4.4.2 Segunda fase

A segunda fase do experimento foi determinada pela alteração na forma de irrigação. Após o último dia em que foram realizadas as aplicações dos tratamentos, 5 de dezembro de 2021 (descrito mais detalhadamente no próximo tópico), cessou-se o uso do regador para realizar a irrigação, passando-se a utilizar a partir deste momento seringas para realizar a irrigação.

A partir do dia 6 de dezembro de 2021 as repetições de cada tratamento testado foram separadas em duas parcelas, de forma aleatória. Nesse momento, além das 5 bandejas já utilizadas para acomodar os tubetes, foram utilizadas mais 5 bandejas, para alocar as parcelas subdivididas. Cada uma dessas parcelas continha 50 % das repetições (mudas) remanescentes ao final da primeira fase do experimento. A partir de então, uma das parcelas de cada tratamento recebia diariamente exatamente 15 ml de água, enquanto a outra parcela era submetida à uma redução de água, recebendo diariamente 12 ml de água. A segunda fase da irrigação durou 30 dias.

4.5 APLICAÇÃO E DESCRIÇÃO DOS TRATAMENTOS

Os tratamentos com biofertilizantes foram administrados nas mudas de erva-mate via irrigação, com intervalos de 14 dias entre cada aplicação, com um total de 9 administrações de tratamento durante o período avaliado. A administração da irrigação contendo os tratamentos era feita com auxílio de seringas. A dose administrada de solução de biofertilizante e água era de 15 ml por repetição, em todos os tratamentos.

A primeira aplicação dos tratamentos com biofertilizantes ocorreu no dia 14 de agosto de 2021. A data da última aplicação de biofertilizantes foi 5 de dezembro de 2021.

Após a última aplicação de biofertilizantes como tratamento, iniciou-se a segunda fase de irrigação do experimento, a qual foi realizada fornecendo-se diariamente apenas água da chuva às mudas, pelo período de 30 dias, conforme descrito anteriormente.

4.5.1 Testemunha (T0) – Água

As mudas de erva-mate consideradas testemunhas receberam durante todo o decorrer do experimento irrigação contendo apenas água. A irrigação foi realizada via aspersão diariamente, ao final da tarde. Cada repetição (planta) recebia o aporte de 15 ml de água no substrato diariamente (ver item 4.4.1).

Nos dias correspondentes à aplicação dos biofertilizantes, ou seja, a cada 14 dias, as mudas recebiam a água dosada em seringa, com exatos 15 ml para cada repetição.

4.5.2 Tratamento 1 (T1) – Serenade vivo

Este biofertilizante não possui indicação para uso na cultura da erva-mate, no entanto, possui indicação para o controle de uma série de agentes patogênicos, como fungos e bactérias que causam fitopatologias em outras culturas agrícolas e que são

comuns no processo produtivo de mudas de erva-mate. A concentração da solução preparada para aplicação deste tratamento foi determinada baseando-se na recomendação da bula proposta para o controle dos agentes patogênicos em outras culturas agrícolas e que também acometem a cultura da erva-mate, como *Rhizoctonia solani*, *Fusarium oxysporum* e *Pythium ultimum*. A bula deste biofertilizante recomenda o uso, em média, de 4 litros do biofertilizante Serenade para o preparo de 200 litros de calda que devem ser aplicados em 1 ha de área.

Para saber a quantidade exata de calda a ser administrada por bandeja, foi realizado cálculo da área superficial de substrato em cada tubete.

A proporção de biofertilizante e de água foi calculada em 1 parte de Serenade para 50 partes de água. Para o preparo da calda foram utilizados 20 ml de Serenade vivo e 980 ml de água da chuva, obtendo assim 1 litro de calda.

Realizando os cálculos da quantidade necessária de calda para irrigar cada muda, chegou-se a um valor de calda muito pequeno a ser administrado por repetição, tornando impraticável a administração precisa em cada muda. Por esse motivo, calculou-se a quantidade de calda necessária para todas as mudas do tratamento e, a quantidade total necessária, de acordo com o número de mudas remanescentes na repetição, foi diluída em água suficiente para que cada muda recebesse 15 ml da solução de água e calda no momento da aplicação do tratamento. De acordo com a área superficial de substrato em um tubete, correspondente a $0,003117 \text{ m}^2$, calculou-se a proporção de calda matriz a ser diluída, tendo em vista a recomendação da bula, de 200 litros de calda por hectare (10.000 m^2). Assim, quando ocorria o dia da aplicação dos tratamentos, multiplicava-se $0,06234 \text{ ml}$ (quantidade necessária de calda por muda) pelo número de mudas remanescentes no tratamento. O resultado obtido correspondia a quantidade de calda de Serenade vivo a ser coletada e solubilizada em água suficiente para que cada repetição do tratamento pudesse receber 15 ml de solução.

4.5.3 Tratamento 2 (T2) - Serenade esterilizado

A calda utilizada neste tratamento é uma porção da mesma calda utilizada no tratamento Serenade vivo (T1), estando, portanto, na mesma concentração em ambos tratamentos. A esterilização do biofertilizante ocorreu através da combinação de altas

temperaturas e pressão, esterilizando dessa maneira a fração bioativa do biofertilizante. O equipamento utilizado para o processo de esterilização foi uma panela de pressão, dentro da qual foi despejada a calda de biofertilizantes, que permaneceu em fogo alto, com pressão, durante 45 minutos.

O cálculo da quantidade de calda a ser solubilizada em água para que cada repetição pudesse receber 15 ml da solução no dia correspondente à aplicação dos tratamentos foi obtida com a mesma metodologia utilizada para o cálculo de calda necessária no tratamento T1.

4.5.4 Tratamento 3 (T3) – Supermagro modificado vivo

A concentração da solução de Supermagro modificado foi estabelecida com base na observação de diversas pesquisas realizadas anteriormente, dentre as quais a de Pichler (2011), que testou a concentração de 5% de Supermagro na produção de mudas de eucalipto, e a de Araújo *et al.* (2008), na qual concentrações de Supermagro próximas a 5% foram testadas na produção de mudas de cafeeiros. Determinou-se portanto a utilização de uma calda com concentração de 5% de Supermagro.

Nos dias correspondentes à aplicação do tratamento com biofertilizantes, cada repetição do tratamento recebeu o equivalente a 15 ml de calda de Supermagro modificado vivo com concentração de 5%.

4.5.5 Tratamento 4 (T4) – Supermagro modificado esterilizado

A calda utilizada neste tratamento é a mesma calda utilizada no tratamento com Supermagro vivo (T3), porém agora esterilizada. A concentração dessa calda foi, portanto, de 5%.

A esterilização da calda foi realizada com auxílio de uma panela de pressão que permaneceu em fogo alto, com pressão, durante 45 minutos.

4.6 CUSTOS TOTAIS

A relação de todos os materiais necessários para condução do experimento, bem como o valor correspondente aos mesmos está discriminada na tabela abaixo. Do início ao final do experimento, o investimento total realizado foi de R\$1024,82.

Tabela 1. Discriminação dos custos de implantação e condução da pesquisa.

Item	Quantidade	Valor unitário R\$	Valor parcial
Bandejas (unidades)	10	R\$ 20,00	R\$ 200,00
Testes (unidades)	304	R\$ 0,67	R\$ 203,68
Mudas com substrato (unidades)	304	R\$ 0,80	R\$ 243,20
Serenade (litros)	1	R\$ 209,44	R\$ 209,44
Supermagro (litros)	15	R\$ 0,00	R\$ 0,00
Água (litros)	1100	R\$ 0,00	R\$ 0,00
Taboas suporte (m corrido)	8	R\$ 1,25	R\$ 10,00
Tela de sombreamento (m ²)	12	R\$ 6,00	R\$ 72,00
Pregos (kg)	1	R\$ 12,00	R\$ 12,00
Seringas (unidades)	7	R\$ 2,50	R\$ 17,50
Lona plástica (estufa) (m ²)	12	R\$ 4,00	R\$ 48,00
Regador (unidades)	1	R\$ 9,00	R\$ 9,00
		TOTAL	R\$ 1.024,82

Fonte: Autor (2022)

4.7 VARIÁVEIS ANALISADAS

Foram analisadas diversas variáveis durante o experimento, as quais possibilitaram a constatação dos efeitos da aplicação de diferentes biofertilizantes na produção de mudas de erva-mate, e para que sejam bem compreendidas, as variáveis serão listadas e descritas nos tópicos a seguir.

As variáveis foram analisadas 30 dias após a última aplicação de biofertilizantes às mudas de erva-mate, quando o experimento completava 113 dias desde o início da aplicação dos tratamentos, quando foram transportadas até o laboratório do campus da Universidade Federal da Fronteira Sul, onde as variáveis massa seca aérea, massa seca radicial, comprimento da parte aérea, comprimento do sistema radicial, diâmetro do colo da muda, número de perfilhos, número de mudas atacadas por ampola-da-erva-mate e número de plantas atacadas por afídeos foram coletadas

de forma individual, ou seja, procedeu-se a coleta dos dados de todas as variáveis em cada muda de erva-mate produzida durante o período de pesquisa.

Todas as mudas foram submetidas ao mesmo processo anteriormente ao início da coleta de dados, que consistiu no destorroamento do substrato das raízes das mudas, via ação mecânica manual, seguida da lavagem do sistema radicial em água corrente (para remoção do substrato remanescente), com posterior secagem da água remanescente nas raízes das mudas com auxílio de toalha de papel absorvente.

4.7.1 Comprimento do sistema radicial

O comprimento do sistema radicial é uma variável que reflete na qualidade da muda produzida, pois quanto mais desenvolvido for, maiores serão as chances de sobrevivência das mudas no período pós plantio no campo.

A obtenção dos dados foi realizada em laboratório e procedeu de forma que após as raízes das mudas já estarem secas (após a lavagem do substrato), as mesmas foram aferidas compreendendo o intervalo exatamente a partir do início da primeira raiz inserida no colo da muda até o limite da raiz mais comprida do sistema radicial. As medidas foram realizadas com o auxílio de uma régua milimetrada. A unidade de medida utilizada para registro dos dados foi em centímetros (cm).

4.7.2 Comprimento da parte aérea

O comprimento da parte aérea da muda é uma variável utilizada para o cálculo do índice de qualidade de Dickson, que determinará o padrão de qualidade das mudas e que será detalhado entre os tópicos que se seguem.

Para obtenção destes dados, a parte aérea das mudas (em cm) foi aferida com auxílio de uma régua milimetrada. Considerou-se parte aérea o intervalo que iniciava exatamente acima da inserção da primeira raiz no colo da muda até o nó de inserção da última folha no caule da muda. Para mudas que continham mais de um caule perfilhado, aferia-se essa variável apenas no caule mais alto da muda.

4.7.3 Diâmetro do colo da muda

O diâmetro do colo da muda também é utilizado no cálculo do Índice de qualidade de Dickson.

A obtenção do diâmetro de cada muda (em cm) foi realizado com o auxílio de um paquímetro, o qual era posicionado exatamente acima da inserção da primeira raiz do sistema radicial no colo da muda.

4.7.4 Índice de qualidade de Dickson

O valor de IQD foi obtido através da seguinte função:

$$IQD = (Matéria\ seca\ total) / \left(\left(\frac{altura\ da\ muda}{diâmetro\ do\ colo} \right) + \left(\frac{massa\ seca\ parte\ aérea}{massa\ seca\ das\ raízes} \right) \right)$$

As variáveis de massa foram calculadas utilizando-se grama (g) como unidade medida, enquanto as variáveis métricas foram utilizadas com unidade de medida em centímetros (cm).

4.7.5 Sinais de déficit hídrico

Para determinação dos efeitos do déficit hídrico foram observados sinais de murcha, escaldaduras e más formações de tecidos foliares.

Foram atribuídos valores para a presença ou ausência de sinais de déficit hídrico da seguinte maneira:

Repetição sem sinais de déficit hídrico: 0

Repetição com sinais de déficit hídrico: 1

4.7.6 Sinais de ataque de pragas e doenças

Foram realizadas avaliações semanais nas mudas de erva-mate, a fim de verificar a incidência de ataque de inseto-pragas e doenças durante o período do experimento.

Foram atribuídos valores para a presença ou para a ausência do ataque dos insetos-pragas. Os valores foram atribuídos da seguinte maneira:

Repetição sem ataque de inseto praga: 0

Repetição com ataque de inseto-praga: 1

4.7.7 Número de perfilhos

O número de perfilhos foi coletado com intuito de registrar o número de brotações que as mudas apresentavam. Considerou-se cada brotação apical como um perfilho, logo, número de perfilhos registrados correspondeu ao número de brotações apicais de cada muda.

Avaliar essa variável pode trazer informações relevantes em relação ao manejo das mudas em viveiro e no campo, pois mudas com maior número de perfilhos podem apresentar vantagens na formação da copa das plantas destinadas à produção.

4.7.8 Massa seca da parte aérea

A massa seca da parte aérea foi utilizada no cálculo do Índice de qualidade de Dickson, bem como no cálculo de relação entre massa seca aérea e massa seca do sistema radicial.

Para obter a massa seca da parte aérea, após a aferição das variáveis de incidência de pragas e doenças, comprimento e massa fresca da parte aérea e do sistema radicial e diâmetro do colo da muda a parte aérea de cada repetição foi destacado do restante da muda com o auxílio de um estilete. A secção do caule da muda ocorreu na região exatamente acima da inserção da primeira raiz no caule e então a parte aérea (caule e folhas) das mudas foram colocadas em estufa com

circulação de ar forçada em temperatura de 60°C até as amostras atingirem massa constante, o que ocorreu após 72 horas consecutivas de secagem.

A massa das amostras foi obtida com auxílio de uma balança eletrônica de precisão, sob a qual foi colocada a parte aérea seca de cada muda, e a unidade de medida utilizada para registro dos dados foi grama (g).

4.7.9 Massa seca do sistema radicial

A massa seca do sistema radicial foi utilizada no cálculo do Índice de qualidade de Dickson, bem como no cálculo de relação entre massa seca aérea e massa seca do sistema radicial, que também é um parâmetro utilizado para classificação da qualidade das mudas.

Para obter a massa seca do sistema radicial, este foi destacado do restante da muda com o auxílio de um estilete. A secção do caule da muda ocorreu na região exatamente acima da inserção da primeira raiz no caule e então as raízes das mudas foram colocadas em estufa com circulação de ar forçada em temperatura de 60°C até as amostras atingirem massa constante, o que ocorreu após 72 horas consecutivas de secagem.

A massa das amostras foi obtida com auxílio de uma balança eletrônica de precisão (marca Shimadzu), sob a qual foi colocada o sistema radicial de cada muda, e a unidade de medida utilizada foi grama (g).

4.8 PROCEDIMENTOS ESTATÍSTICOS

Os dados foram registrados de duas formas distintas, sendo elas “dados de variação contínua” e “dados categóricos”.

Dados contínuos:

Massa seca aérea (g);

Massa seca do sistema radicial (g);

Diâmetro do colo da muda (cm);

Comprimento do sistema radicial (cm);

Comprimento da parte aérea (cm);

Índice de qualidade de Dickson (IQD).

Os dados mensuráveis foram submetidos à análise de variância multivariada (MANOVA) e as médias dos tratamentos foram comparadas entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Dados categóricos: variáveis discretas (plantas com sinais de déficit hídrico, plantas com sinais de ataque de ampola-da-erva-mate e plantas com sinais de ataque de pulgão), foram registradas observando a ocorrência ou a ausência da variável resposta.

Os dados categóricos, por não possuírem os dados amostrais distribuídos de forma normal, foram ajustados ao modelo linear generalizado (GLM) e as médias dos tratamentos foram comparadas entre si pelo teste de Mann-Whitney ao nível de 5% de probabilidade.

5 RESULTADOS

Os resultados serão elencados em tópicos correspondentes às variáveis analisadas.

A Tabela 2 (p. 51) contém o valor de todas as médias das variáveis com dados contínuos para todos os tratamentos testados em diferentes condições de disponibilidade hídrica. Além disso, estão detalhados os fatores que atuam sobre as variáveis determinando diferenças estatísticas.

A Tabela 3 (p. 52) contém o valor de todas as médias percentuais das variáveis com dados discretos, ou então categóricos, para os diferentes tratamentos testados em diferentes funções de déficit hídrico. Também são detalhados os fatores que atuam sobre as variáveis, determinando a ocorrência de diferenças significativas entre as médias.

TABELA 2: Valores das médias das variáveis contínuas de mudas de erva-mate submetidas à tratamentos com diferentes biofertilizantes.

Variável	Testemunha		SM vivo		SM est.		SE vivo		SE est.		Fatores		
	12 ml	15 ml	Água	Ester.	Biofert.								
comprimento radicial (cm)	16,5 ± (1,51)	17,2 ± (1,91)	16,7 ± (1,23)	16,9 ± (0,68)	16,5 ± (2,35)	16,9 ± (2,87)	16,3 ± (1,56)	16,1 ± (2,55)	16,8 ± (1,67)	17,0 ± (1,53)	n. s.	n. s.	n. s.
Comprimento parte aérea (cm)	14,3 ± (3,94)	14,9 ± (3,69)	14,4 ± (2,94)	15,0 ± (2,75)	14,0 ± (4,39)	15,2 ± (3,74)	15,2 ± (3,22)	15,9 ± (4,32)	14,8 ± (3,52)	15,8 ± (3,05)	n. s.	n. s.	n. s.
Diâmetro do colo (cm)	0,330 ± (0,069)	0,361 ± (0,060)	0,352 ± (0,054)	0,347 ± (0,054)	0,340 ± (0,081)	0,378 ± (0,068)	0,333 ± (0,051)	0,344 ± (0,085)	0,338 ± (0,065)	0,377 ± (0,052)	*	n. s.	n. s.
Massa seca radicial (g)	0,310 ± (0,123)	0,344 ± (0,166)	0,285 ± (0,113)	0,379 ± (0,174)	0,316 ± (0,182)	0,341 ± (0,141)	0,252 ± (0,122)	0,294 ± (0,154)	0,297 ± (0,172)	0,369 ± (0,142)	*	n. s.	n. s.
Massa seca parte aérea (g)	0,980 ± (0,369)	1,134 ± (0,405)	1,067 ± (0,367)	1,195 ± (0,312)	1,065 ± (0,511)	1,198 ± (0,398)	0,927 ± (0,320)	1,036 ± (0,402)	0,987 ± (0,427)	1,144 ± (0,327)	*	n. s.	n. s.
Índice de Qualidade de Dickson	0,0281 ± (0,0111)	0,0329 ± (0,0111)	0,0305 ± (0,0113)	0,0347 ± (0,0130)	0,0313 ± (0,0163)	0,0354 ± (0,0128)	0,0242 ± (0,0100)	0,0268 ± (0,0114)	0,0270 ± (0,0122)	0,0339 ± (0,0113)	**	n.s.	*
Número de perfilhos	1,2500 ± (0,5501)	1,2857 ± (0,5606)	1,5500 ± (0,6863)	1,5500 ± (0,7591)	1,4737 ± (0,7723)	1,3889 ± (0,5016)	1,2609 ± (0,4490)	1,6818 ± (0,7799)	1,2917 ± (0,5500)	1,4167 ± (0,5036)	n.s.	n.s.	n.s.

Os dados são as médias das repetições. Números entre parênteses correspondem ao desvio padrão. Significativo ao nível de 1% de probabilidade (**). Significativo ao nível de 5% de probabilidade (*). Não significativo (n.s.).

TABELA 3: Médias das variáveis categóricas de mudas de erva-mate submetidas à tratamentos com diferentes biofertilizantes.

Variável	Testemunha		SM vivo		SM est.		SE vivo		SE est.		Fatores		
	12 ml	15 ml	12 ml	15 ml	12 ml	15 ml	12 ml	15 ml	12 ml	15 ml	Água	Ester.	Biofert.
% de mudas atacadas por ampola-da-erva-mate	25,00	38,10	30,00	80,00	42,11	44,44	69,57	68,18	41,67	50,00	*	*	***
% de mudas atacadas por afídeos	35,00	42,86	20,00	5,00	31,58	44,44	65,22	72,73	58,33	54,17	n. s.	n. s.	***
% de mudas com sinais de déficit hídrico	30,00	28,57	25,00	15,00	15,79	72,22	60,87	54,55	54,17	70,83	n.s.	n. s.	***

Os dados são as médias das repetições. Números entre parênteses correspondem ao desvio padrão. Significativo ao nível de <1% de probabilidade (***). Significativo ao nível de 5% de probabilidade (*). Não significativo (n.s)

5.1 COMPRIMENTO DO SISTEMA RADICIAL

Não houveram diferenças entre as médias do comprimento do sistema radicial das mudas de erva-mate submetidas aos tratamentos com diferente biofertilizantes e submetidas à dois diferentes regimes hídricos, de 12 ml e 15 ml de água diariamente., conforme pode ser observado na Tabela 2 (p. 51).

Tabela 4: Análise de variância multifatorial para a variável comprimento do sistema radicial de mudas de erva mate, produzidas em função da aplicação de diferentes biofertilizantes.

	Soma dos quadrados	Graus de liberdade	Valor F	Pr(>F)
Água	2.73	1	0.7817	0.3777
Esteriliz	5.19	1	14.852	0.2244
Fertilizante	4.87	2	0.6960	0.4998
água:esteriliz	1.02	1	0.2917	0.5897
água:Fertilizante	4.47	2	0.6395	0.5286
esteriliz:Fertilizante	5.94	1	17.002	0.1938
água:esteriliz:Fertilizante	0.12	1	0.0330	0.8560
Resíduo	702.57	201		

Fonte: Autor (2022)

5.2 COMPRIMENTO DA PARTE AÉREA

Não foram encontradas diferenças entre as médias do comprimento da parte aérea das mudas de erva-mate submetidas aos tratamentos com diferente biofertilizantes e submetidas à diferentes regimes hídricos, as médias dos tratamentos podem ser observadas na Tabela 2 (p. 51).

Tabela 5: Análise de variância multifatorial para a variável comprimento da parte aérea de mudas de erva mate, produzidas em função da aplicação de diferentes biofertilizantes.

	Soma dos quadrados	Graus de liberdade	Valor F	Pr(>F)
Água	33.34	1	2.5961	0.1087
Esteriliz	1.33	1	0.1037	0.7478
Fertilizante	36.18	2	1.4086	0.2469
água:esteriliz	2.52	1	0.1963	0.6582
água:Fertilizante	0.07	2	0.0028	0.9972
esteriliz:Fertilizante	0.07	1	0.0055	0.9408
água:esteriliz:Fertilizante	0.17	1	0.0136	0.9073
Resíduo	2581.13	201		

Fonte: Autor (2022)

5.3 DIÂMETRO DO COLO DA MUDA

Foram encontradas diferenças estatísticas entre as médias do diâmetro do colo das mudas, conforme pode ser observado na Tabela 2 (p. 51). No entanto, o único fator que influenciou diferenças estatísticas percebidas nesta variável foi a quantidade de água recebida pelas mudas (na fase 2 da irrigação), sendo descartada qualquer efeito resultante da aplicação de biofertilizantes.

Tabela 6: Análise de variância multifatorial para a variável diâmetro do colo das mudas de erva-mate, produzidas em função da aplicação de diferentes biofertilizantes. (continuação na página posterior)

	Soma dos quadrados	Graus de liberdade	Valor F	Pr(>F)
Água	0.02824	1	6.7268	0.01020 *
esteriliz	0.00892	1	2.1252	0.14646
Fertilizante	0.00170	2	0.2028	0.81659
água:esteriliz	0.01282	1	3.0525	0.08214

água:Fertilizante	0.00592	2	0.7047	0.49546
esteriliz:Fertilizante	0.00084	1	0.1995	0.65564
água:esteriliz:Fertilizante	0.00064	1	0.1532	0.69590
Resíduo	0.84391	201		

* significativo ao nível de 5% de probabilidade

Fonte: Autor (2022).

5.4 MASSA SECA DO SISTEMA RADICIAL

Foram encontradas diferenças estatísticas entre as médias dos tratamentos testados no entanto, foi possível concluir que o fator que determinou diferenças estatísticas nesta variável foi a quantidade de água disponibilizada às mudas de erva-mate, sendo descartados possíveis efeitos da utilização de biofertilizantes sobre essa variável, conforme pode ser observado na Tabela 2 (p. 51).

Tabela 7: Análise de variância multifatorial para a variável massa seca do sistema radicial das mudas de erva-mate, produzidas em função da aplicação de diferentes biofertilizantes.

	Soma dos quadrados	Graus de liberdade	Valor F	Pr(>F)
água	0,1548	1	6.8122	0.009735**
esteriliz	0,0426	1	1.8758	0.172345
Fertilizante	0,0509	2	1.1195	0.328474
água:esteriliz	0,0025	1	0.1088	0.741915
água:Fertilizante	0,0079	2	0.1747	0.839861
esteriliz:Fertilizante	0,0417	1	1.8344	0.177130
água:esteriliz:Fertilizante	0,0258	1	1.1359	0.287792
Resíduo	4,5676	201		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade

Fonte: Autor (2022)

5.5 MASSA SECA DA PARTE AÉREA

Assim como na variável da massa seca do sistema radicial, a variável massa seca da parte aérea também apresentou médias entre os tratamentos que diferiram entre si.

A diferença entre as médias foi influenciada exclusivamente pelo fator da quantidade de água disponibilizada às mudas de erva-mate, sendo descartados possíveis efeitos do tratamento com biofertilizantes sobre essa variável, conforme pode ser observado na Tabela 2 (p. 51)

Tabela 8: Análise de variância multifatorial para a variável massa seca da parte aérea das mudas de erva-mate, produzidas em função da aplicação de diferentes biofertilizantes.

	Soma dos quadrados	Graus de liberdade	Valor F	Pr(>F)
água	0.9855	1	6.6061	0.01089*
esteriliz	0.0903	1	0.6056	0.43737
Fertilizante	0.4911	2	1.6459	0.19542
água:esteriliz	0.0085	1	0.0569	0.81172
água:Fertilizante	0.0089	2	0.0300	0.97050
esteriliz:Fertilizante	0.0735	1	0.4928	0.48348
água:esteriliz:Fertilizante	0.0049	1	0.0327	0.85658
Resíduo	29.9853	201		

* significativo ao nível de 5% de probabilidade

Fonte: Autor (2022)

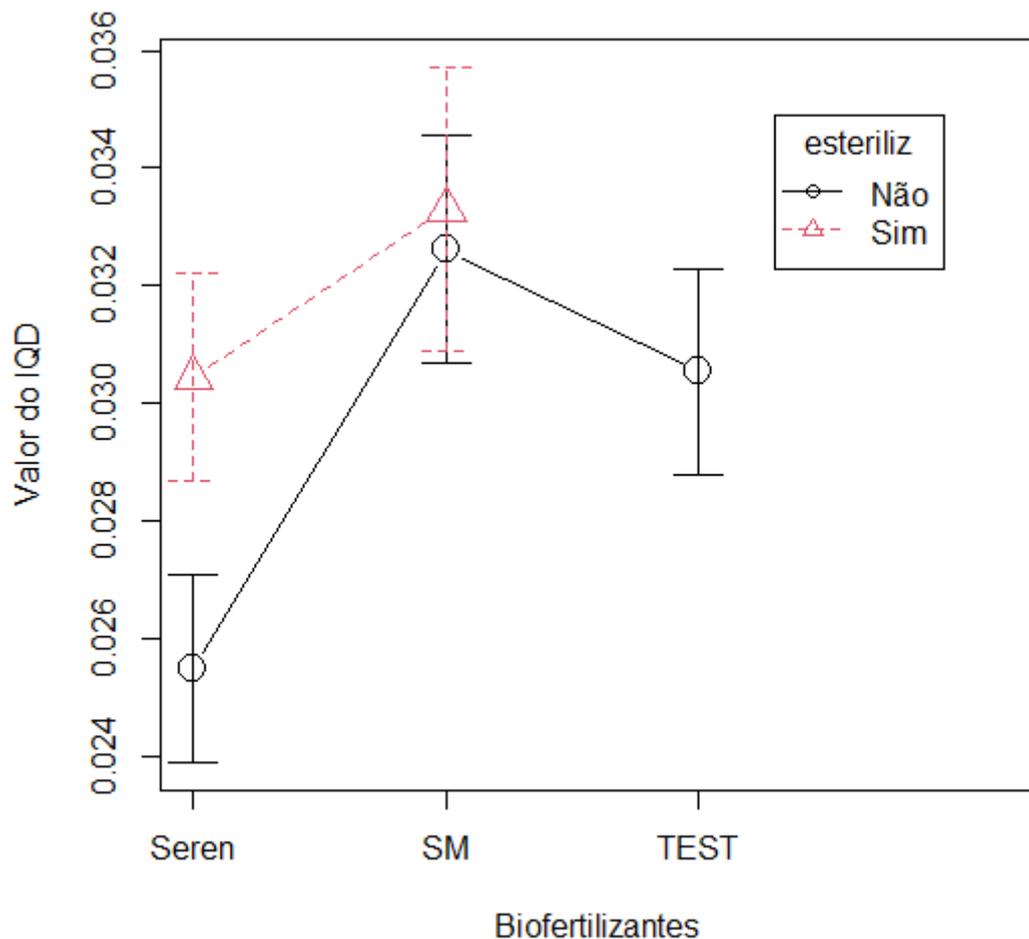
5.6 ÍNDICE DE QUALIDADE DE DICKSON

Foram detectadas diferenças estatísticas entre as médias do Índice de Qualidade de Dickson. Os fatores que determinaram as diferenças estatísticas nesta

variável foram a quantidade de água disponibilizada às mudas de erva-mate e a utilização de biofertilizantes, conforme pode ser observado na Tabela 2 (p. 51)

A figura 1 ilustra as diferenças entre as médias.

Figura 1. Médias do Índice de Qualidade de Dickson de mudas de erva-mate em função de diferentes biofertilizantes testados. Seren = Serenade, SM = Supermagro modificado, TEST = Testemunha.



Fonte: Autor (2022).

As barras de intervalo representam o erro padrão da média. Barras não sobrepostas indicam diferenças significativas entre médias ($P < 0,05$).

O índice de qualidade de Dickson das mudas tratadas com biofertilizantes Supermagro modificado foi superior ao das mudas submetidas ao tratamento com Serenade não esterilizado, sendo, no entanto, igual à média das testemunhas.

Tabela 9: Análise de variância multifatorial para a variável Índice de Qualidade de Dickson das mudas de erva-mate, produzidas em função da aplicação de diferentes biofertilizantes.

	Soma dos quadrados	Graus de liberdade	Valor F	Pr(>F)
água	0.0011080	1	7.5762	0.006456**
esteriliz	0.0003876	1	2.6501	0.105110
Fertilizante	0.0011315	2	3.8683	0.022467*
água:esteriliz	0.0000559	1	0.3821	0.537165
água:Fertilizante	0.0000184	2	0.0630	0.938926
esteriliz:Fertilizante	0.0001818	1	1.2429	0.266248
água:esteriliz:Fertilizante	0.0000540	1	0.3693	0.544067
Resíduo	0.0293965	201		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade

* significativo ao nível de 5% de probabilidade

Fonte: Autor (2022)

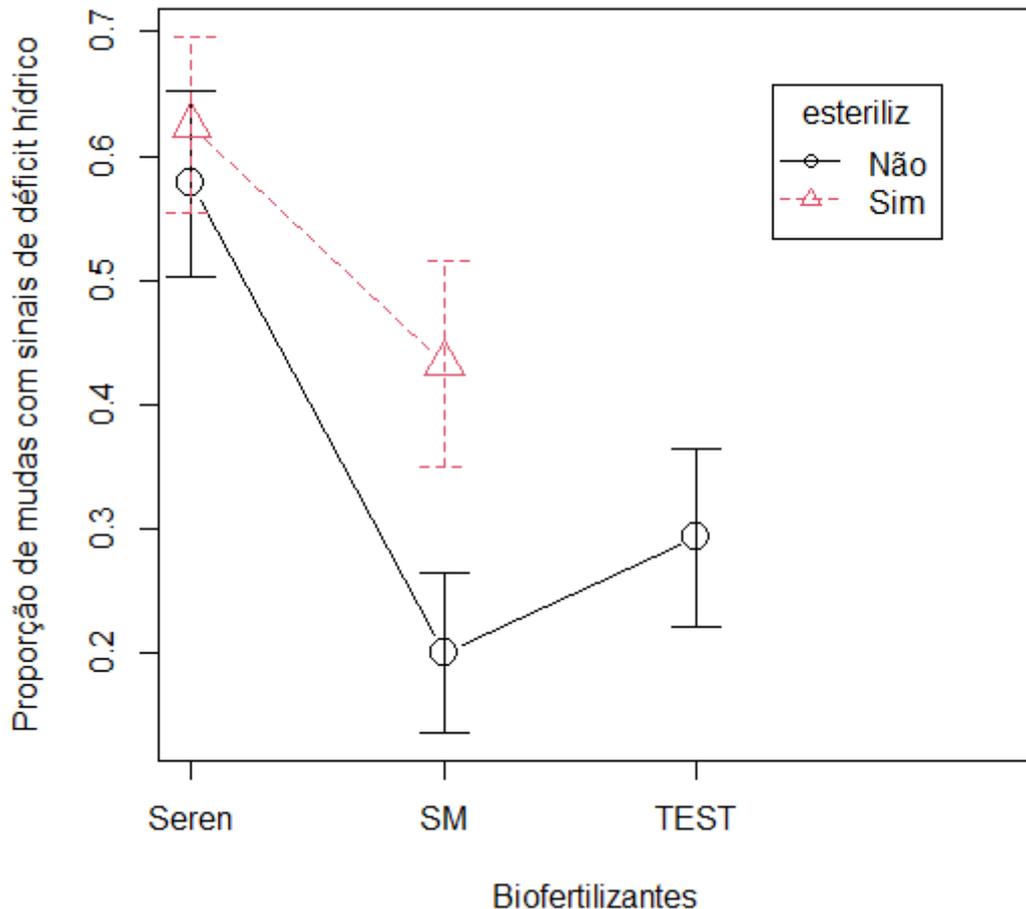
5.7 SINAIS DE DÉFICIT HÍDRICO

Na análise dos sinais de déficit hídrico nas mudas de erva-mate foram detectadas diferenças estatísticas entre as médias em função dos tratamentos com biofertilizantes.

As diferenças estatísticas entre as médias estão detalhadas na Tabela 3 (p. 52).

A figura 2 (p. 61) ilustra as diferenças entre as médias de mudas de erva-mate que apresentaram sinais de déficit hídrico durante a condução do experimento.

Figura 2. Proporção de mudas de erva-mate com sinais de déficit hídrico em função de diferentes biofertilizantes testados. Seren = Serenade, SM = Supermagro modificado, TEST = Testemunha.



Fonte: Autor (2022)

As barras de intervalo representam o erro padrão da média. Barras não sobrepostas indicam diferenças significativas entre médias ($P < 0,05$).

Nas repetições submetidas ao tratamento realizado com o biofertilizante Serenade a taxa média de plantas que apresentam sinais de déficit hídrico é superior tanto em relação ao biofertilizante Supermagro modificado como também em relação à testemunha do experimento, as quais não diferem entre si.

É possível observar que ocorrem diferenças entre tratamentos do Supermagro modificado, o qual apresenta taxa média de plantas que apresentam sinais de déficit hídrico menor quando a fração bioativa do fertilizante é preservada (não esterilizada).

Tabela 10: Modelo Linear Generalizado sinais de déficit hídrico nas mudas.

	Estimativa	Erro padrão	Valor Z	Pr(> z)
(Intercept)	-0.1001	0.3038	-0.330	0.741747
Fertilizante[T.SM]	-12.246	0.3305	-3.705	0.000212***
Fertilizante[T.TEST]	-10.282	0.4373	-2.351	0.018702*
esteriliz[T.Sim]	0.5843	0.3266	1.789	0.073574
água[T.quinze]	0.4589	0.2958	1.551	0.120842

*** significativo ao nível de <1% de probabilidade

* significativo ao nível de 5% de probabilidade

Fonte: Autor (2022)

5.8 SINAIS DE ATAQUE DE PRAGAS E DOENÇAS

Não foi constatada a incidência de qualquer patologia nas mudas de erva-mate durante a condução do experimento.

Em relação ao ataque de inseto-pragas, foram constatadas as incidências de duas espécies durante o período de condução do experimento.

Algumas das repetições sofreram ataques de pulgões, outras repetições sofreram ataques de ampola-da-erva-mate e algumas repetições sofreram o ataque concomitante de ambos inseto-pragas agora citados.

Puderam ser constatadas deformações foliares em algumas mudas, as quais foram atacadas por pulgões que se abrigavam na parte inferior do limbo foliar. Também foram constatadas nas folhas de algumas repetições a formação de estruturas denominadas de 'ampola' (Figura 3, p. 63), ocasionadas pelo ataque do inseto-praga ampola-da-erva-mate.

Figura 3. Estrutura denominada 'ampola' em folha de erva-mate.



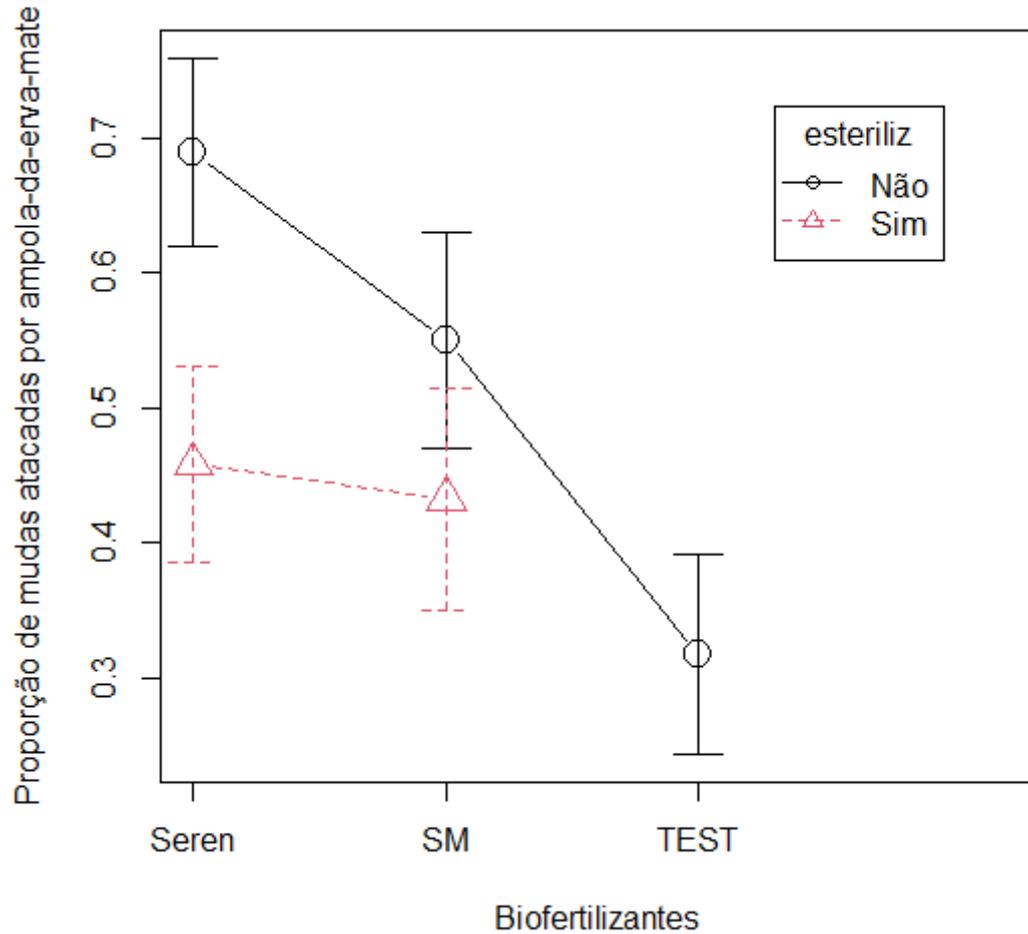
Fonte: Autor (2022)

5.8.1 Incidência de ampola-da-erva-mate

A incidência do ataque de ampola da erva-mate originou médias que diferiram entre si.

Os fatores que determinaram as diferenças estatísticas nesta variável foram a quantidade de água disponibilizada às mudas de erva-mate, o tipo do biofertilizantes utilizado e a esterilização dos biofertilizantes (Detalhado na Tabela 3 (p. 52)).

Figura 4. Proporção de mudas de erva-mate atacadas por ampola da erva-mate em função de diferentes tratamentos testados. Seren = Serenade, SM = Supermagro modificado, TEST = Testemunha.



Fonte: Autor (2022)

As barras de intervalo representam o erro padrão da média. Barras não sobrepostas indicam diferenças significativas entre médias ($P < 0,05$).

É possível observar que quando os biofertilizantes foram esterilizados a taxa média de mudas que sofreram ataques de ampola-da-erva-mate, tanto para o biofertilizante Serenade quanto para o biofertilizante Supermagro modificado permaneceu igual à média da testemunha.

No entanto, quando os biofertilizantes não foram esterilizados, tanto o tratamento Serenade como também o tratamento com Supermagro modificado, sem diferirem entre si, promoveram médias superiores de incidência de ataque de ampola-da-erva-mate, o que corresponde a uma maior quantidade de dano às mudas, quando comparadas à média observada para a testemunha do experimento, que foi o tratamento com menor quantidade de repetições atacadas e danificadas (Figura 4).

Tabela 11: Modelo Linear Generalizado da incidência de ampola nas mudas

	Estimativa	Erro padrão	Valor Z	Pr(> z)
(Intercept)	0.3877	0.3041	1.275	0.202360
Fertilizante[T.SM]	-0.3512	0.3189	-1.101	0.270805
Fertilizante[T.TEST]	-1.4793	0.4382	-3.376	0.000737***
esteriliz[T.Sim]	-0.7507	0.3181	-2.360	0.018291*
água[T.quinze]	0.6008	0.2881	2.085	0.037037*

*** significativo ao nível de <1% de probabilidade

* significativo ao nível de 5% de probabilidade

Fonte: Autor (2022)

5.8.2 Incidência de afídeos

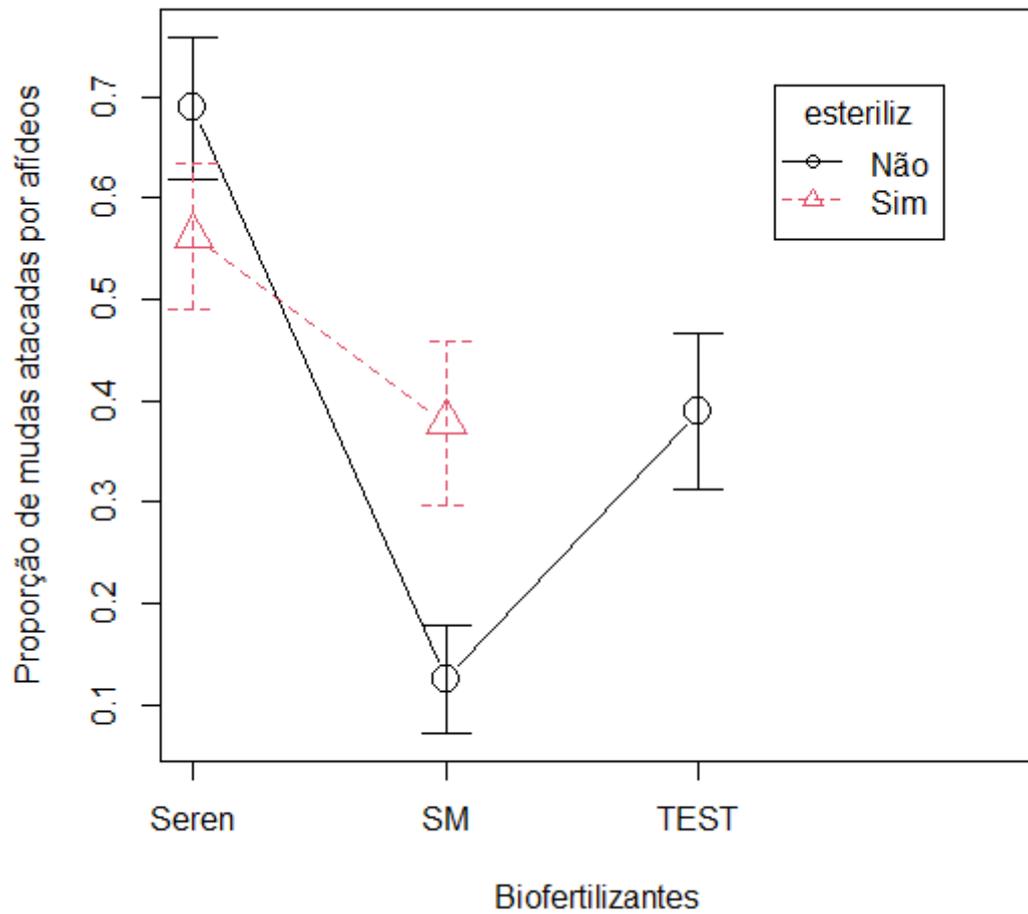
A incidência do ataque de afídeos (Hemiptera: Aphididae) originou médias entre os tratamentos que diferiram entre si, sendo influenciadas pelo tipo de biofertilizante utilizado, como pode ser observado na Tabela 3 (p.54).

Dentro dos tratamentos, foram observadas diferenças estatísticas apenas no tratamento Supermagro modificado, onde as médias diferiram em função da esterilização do biofertilizante, sendo que o Supermagro modificado não esterilizado foi o tratamento em que houve a menor incidência de afídeos.

É possível perceber que a média do Supermagro modificado esterilizado é igual à média da testemunha.

O tratamento com a maior média de plantas atacadas por afídeos foi o tratamento Serenade, tanto com sua fração biológica ativa como também esterilizada.

Figura 5. Taxas médias de mudas de erva-mate atacadas por afídeos em função de diferentes tratamentos testados. Seren = Serenade, SM = Supermagro modificado, TEST = Testemunha.



Fonte: Autor (2022)

As barras de intervalo representam o erro padrão da média. Barras não sobrepostas indicam diferenças significativas entre médias ($P < 0,05$).

Tabela 12: Modelo Linear Generalizado da incidência de afídeos

	Estimativa	Erro padrão	Valor Z	Pr(> z)
(Intercept)	0.5051	0.2140	2.360	0.0183*
Fertilizante[T.SM]	-16.211	0.3401	-4.766	0.00000188***
Fertilizante[T.TEST]	-0.9514	0.3851	-2.470	0.0135*

*** significativo ao nível de <1% de probabilidade

* significativo ao nível de 5% de probabilidade

Fonte: Autor (2022)

5.9 NÚMERO DE PERFILHOS

Não foram encontradas diferenças significativas nas médias do número de perfilhos registrados nas mudas de erva-mate nos diferentes tratamentos, conforme pode-se observar na Tabela 2 (p. 51).

Tabela 13 : Análise de variância multifatorial para a variável comprimento da parte aérea de mudas de erva mate, produzidas em função da aplicação de diferentes biofertilizantes.

	Soma dos quadrados	Graus de liberdade	Valor F	Pr(>F)
água	0.641	1	1.6752	0.19704
esteriliz	0.578	1	1.5091	0.22071
Fertilizante	1.870	2	2.4421	0.08955
água:esteriliz	0.426	1	1.1122	0.29288
água:Fertilizante	1.292	2	1.6880	0.18750
esteriliz:Fertilizante	0.000	1	0.0002	0.98791
água:esteriliz:Fertilizante	0.117	1	0.3061	0.58069
Resíduo	76.950	201		

Fonte: Autor (2022)

6 DISCUSSÃO

Aplicar biofertilizantes de forma esterilizada nesta pesquisa fez-se necessário para constatar ao final do experimento se possíveis diferenças estatísticas entre os tratamentos são de fato decorrentes da fração biológica do biofertilizante, pois apesar de não haver mais fração biológica ativa no tratamento esterilizado, ainda haverá a fração mineral presente no composto e metabólitos produzidos pelos microrganismos antes da esterilização dos biofertilizantes, que pode influenciar diretamente as respostas das mudas nos diferentes tratamentos.

É possível que o comprimento do sistema radicial não tenha apresentado diferenças estatísticas devido à altura do tubete, que limitava o crescimento longitudinal das raízes. No geral, as repetições apresentavam as raízes alcançando o orifício de drenagem de água do tubete, no ápice inferior deste. Isso sugere que para a análise desta variável, em pesquisas futuras, devem ser avaliadas outras opções de recipientes para o desenvolvimento do sistema radicial das mudas. É possível que utilizando tubetes de maior altura o sistema radicial das mudas possa desenvolver-se em comprimento plenamente e sem restrições, permitindo a mensuração e avaliação desta variável com assertividade.

As variáveis diâmetro do colo da muda, massa seca da parte aérea e massa seca do sistema radicial apresentaram diferenças estatísticas nas médias entre os tratamentos, no entanto, as diferenças foram originadas devido aos diferentes regimes de disponibilidade hídrica às quais as repetições foram submetidas.

A massa seca da parte aérea sofreu influência significativa das diferentes quantidades de água disponibilizada às mudas, sendo que as mudas que receberam o aporte de 15 ml apresentaram maiores médias de massa seca aérea em comparação com as mudas que foram condicionadas ao estresse hídrico, recebendo apenas 12 ml de água diariamente. É possível observar semelhanças ao comparar esse resultado com os resultados obtidos por Liu et al. (2013) em que mudas da espécie florestal *Platyclusus orientalis* foram submetidas ao estresse hídrico e também apresentaram médias menores de massa seca aérea em comparação com as médias das mudas não condicionadas ao estresse hídrico.

A massa seca do sistema radicial também sofreu influência significativa em função das diferentes condições de disponibilidade hídrica às quais as mudas foram

submetidas, sendo que as mudas submetidas ao estresse hídrico (com aporte diário de 12 ml de água) apresentaram médias de massa seca radicial inferiores as médias obtidas em mudas não submetidas às condições de déficit hídrico (com aporte de 15 ml de água diariamente). Esse resultado no entanto, não se assemelha aos resultados obtidos na produção de uma espécie florestal (*Platyclusus orientalis*) submetidas ao déficit hídrico obtidas por Liu et al. (2013), onde a massa seca do sistema radicial era igual para os tratamentos com e sem condição de déficit hídrico. A aplicação de diferentes quantidades de água na produção de mudas de erva-mate sugere que a variável da massa seca do sistema radicial dessa espécie seja responsiva ao estresse hídrico. Penteado Junior; Goulart (2019) e Rocha (2018) já evidenciavam a correlação existente entre a umidade disponível no solo e o desenvolvimento e sobrevivência de mudas dessa espécie.

A diferença entre as médias do diâmetro do colo das mudas, que foram influenciadas significativamente pela disponibilidade de água ofertada às mudas, pode ter correlação direta com a responsividade da espécie ao fator abiótico da disponibilidade de água no solo, assim como o comportamento observado na variável da massa seca do sistema radicial, corroborando novamente com as observações de Penteado Junior; Goulart (2019) e Rocha (2018) em relação a debilidade da cultura em condições de baixa disponibilidade hídrica.

O índice de qualidade de Dickson (IQD) é calculado em função de algumas variáveis, dentre as quais duas delas (massa seca do sistema radicial e diâmetro do colo das mudas) foram influenciadas significativamente pelo fator de diferentes disponibilidades hídricas, e por esse motivo diferenças entre médias do IQD em função dessa variável (disponibilidade hídrica) já eram previstas, demonstrando que a deficiência de água durante o período de produção de mudas pode reduzir significativamente a qualidade das mudas produzidas. Também foram verificadas diferenças entre as médias do IQD das mudas influenciadas diretamente pelo uso de biofertilizantes. As médias mais elevadas para o valor de IQD foram obtidas com o tratamento Supermagro modificado não esterilizado, Supermagro modificado esterilizado, Serenade esterilizado e Testemunha, que não diferiram entre si. O biofertilizante Serenade não esterilizado apresentou a menor média entre os tratamentos. Esses resultados não corroboram com os resultados obtidos por Pichler (2011), em que os tratamentos realizados com Supermagro, embora não fosse modificado, promoveram médias de IQD inferiores em relação a testemunha na

produção de mudas de eucalipto. O que fica evidente é que a aplicação do biofertilizante Serenade na produção de mudas de erva-mate, com sua fração biológica ativa, ou seja, sem ser esterilizado, tem uma correlação negativa com a qualidade das mudas produzidas.

A menor proporção de plantas atacadas por afídeos foi obtida com o tratamento utilizando o biofertilizante Supermagro modificado não esterilizado, enquanto os tratamentos com biofertilizante Serenade, tanto esterilizado quanto o não esterilizado promoveram a maior proporção de plantas atacadas por afídeos. A proporção de mudas de erva-mate atacadas por afídeos no tratamento com Supermagro modificado esterilizado e no tratamento testemunha não diferiram entre si, sendo inferiores ao tratamento com Supermagro modificado vivo e superiores às médias dos tratamentos com Serenade. Essas médias demonstram uma correlação benéfica entre o uso do biofertilizante Supermagro, de forma não esterilizada, e a redução da suscetibilidade das mudas de erva-mate ao ataque de afídeos em mudas de erva-mate. É comum que o biofertilizante Supermagro, em sua formulação original, possua em sua composição microrganismos promotores de crescimento (PICHLER, 2011). É possível que o biofertilizante Supermagro modificado, utilizado nesta pesquisa, também possua microrganismos promotores de crescimento, embora não tenha sido possível realizar a caracterização microbiológica da composição deste biofertilizante durante a realização dessa pesquisa. Sugere-se que em pesquisas futuras relacionadas a esse tema a caracterização microbiológica do biofertilizante seja realizada, a fim de verificar se os resultados obtidos na pesquisa demonstram similaridades com as observações feitas na revisão de literatura realizada por Heinen et al. (2018) que constatou que em todas as 17 pesquisas revisadas houveram resultados significativos na redução de ataques de insetos na parte aérea de plantas em função da interação entre as plantas e rizobactérias promotoras de crescimento.

Os tratamentos com o biofertilizante Serenade aumentaram a incidência de ataque de afídeos mesmo com a inativação dos microrganismos (Serenade esterilizado). Embora a esterilização tenha eliminado os microrganismos, é possível que seus produtos metabólicos ainda permaneçam solubilizados na calda e, em função de aplicações repetidas, estes ainda podem gerar efeitos biológicos significativos nas mudas de erva-mate. A relação entre o tratamento Serenade não esterilizado e maior proporção de mudas atacadas por afídeos pode ter correlação com a presença dos microrganismos presentes no biofertilizante, embora não seja

possível afirmar essa sentença com certeza. No entanto, Megali; Schlau; Rasmann (2015) identificaram o aumento na palatabilidade de plantas de milho quando inoculadas com microrganismos promotores de crescimento.

Em relação aos ataques de ampola-da-erva-mate sobre as mudas, constatou-se que a utilização dos biofertilizantes Supermagro modificado e Serenade, ambos não esterilizados, promoveram o aumento da suscetibilidade das mudas ao ataque do inseto-praga. Essas observações apresentam similaridades com os dados revisados por Megali; Schlau; Rasmann (2015), que descrevem uma relação significativa entre a utilização de microrganismo promotores de crescimento e o aumento da palatabilidade de plantas de milho para *Spodoptera littoralis*. Foi possível observar ainda que quando os biofertilizantes foram esterilizados, a incidência de ataques de ampola-da-erva-mate reduziu, igualando-se à média da testemunha.

Os sinais de déficit hídrico foram mais presentes em mudas submetidas aos tratamentos com o biofertilizante Serenade não esterilizado e Serenade esterilizado, demonstrando que a utilização deste biofertilizante aumenta a suscetibilidade das mudas de erva-mate à manifestação de sinais de déficit hídrico, mesmo quando a condição de déficit hídrico imposta às mudas não alterou essa variável. Constatou-se que tanto o tratamento com Supermagro modificado quanto a testemunha apresentaram as menores proporções de plantas com sinais de déficit hídrico. Porém, o tratamento Supermagro, quando esterilizado, promoveu mais sinais de déficit hídrico quando comparado com o mesmo biofertilizante com a fração biológica ativa (não esterilizado).

Embora sinais de estresse hídrico tenham sido detectados e se mostraram alterados pelos tratamentos utilizando biofertilizantes, não foram detectados os efeitos dos biofertilizantes sobre a massa seca aérea e do sistema radicial das mudas de erva-mate. Possivelmente, isto se deve ao período curto de submissão ao estresse hídrico, e considerando ainda que a erva-mate é uma espécie de crescimento lento. Foi possível observar que as variáveis da massa seca da parte aérea e do sistema radicial, bem como o diâmetro do colo das mudas são mais responsivas à diferentes condições de disponibilidade hídrica e não ao uso de biofertilizantes.

De um modo geral, o produto Serenade não esterilizado não beneficiou o desenvolvimento das mudas de erva-mate, reduzindo o valor de IQD, aumentando os sinais de déficit hídrico nas mudas de erva-mate e sua susceptibilidade ao ataque de insetos (pulgões e ampolas) em comparação ao tratamento testemunha.

As formulações com microrganismos não promoveram aumento da resistência ao estresse hídrico, ao contrário de trabalhos anteriores com espécies arbóreas (LIU et al., 2013; LIU et al., 2019a; LIU et al., 2019b). Efeitos biológicos de bactérias promotoras de crescimento vegetal (PGBR) são bastante variáveis e dependem de diversos fatores ambientais e também de fatores genéticos dos organismos envolvidos, de modo a apresentar uma reprodutibilidade relativamente menor do que tratamentos químicos (FREITAS, 2007).

7 CONCLUSÃO

A utilização do biofertilizantes Supermagro modificado não esterilizado na produção de mudas de erva-mate promove a obtenção de mudas de boa qualidade, que apresentam boas condições fisiológicas em resposta à episódios de déficit hídrico, promovendo também a redução da suscetibilidade das mudas ao ataque de afídeos. O contraponto é que a utilização deste biofertilizante torna as mudas mais suscetíveis ao ataque do inseto praga ampola-da-erva-mate (*Gyropsylla spegazziniana*).

O uso do biofertilizante Serenade não esterilizado promoveu a produção de mudas de erva-mate de baixa qualidade quando comparadas à testemunha, aumentando a sensibilidade das mudas em condições de déficit hídrico, e elevando a suscetibilidade das mudas de erva-mate ao ataque de afídeos e à ampola-da-erva-mate.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, João Batista Silva; CARVALHO, Gabriel José de; GUIMARÃES, Rubens José; MORAIS, Augusto Ramalho de; CUNHA, Rodrigo Luz da. Composto orgânico e biofertilizante supermagro na formação de cafeeiros. **Coffee Science**, Lavras, MG, v. 3, n. 2, p. 115-123, julho/dezembro 2008. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/277044759_Composto_organico_e_biofertilizante_supermagro_na_formacao_de_cafeeiros. Acesso em: 24 jul. 2021.

BONFATTI JÚNIOR, Eraldo Antonio; LENGOWSKI, Elaine Cristina; ARTNER, Luiz Matheus. Avaliação econômica da produção de mudas de erva-mate. **Scientia Agraria Paranaensis**, Marechal Cândido Rondon, PR, v. 18, n. 1, p. 22-27, janeiro/março 2019. Disponível em: <https://e-revista.unioeste.br/index.php/scientiaagraria/article/view/21086/14092>. Acesso em: 6 ago. 2021.

BONFATTI JÚNIOR, Eraldo Antonio; LENGOWSKI, Elaine Cristina; LUDKA JÚNIOR, Aderbal. Mapeamento do processo produtivo de erva-mate. **Revista Internacional de Ciências**, Rio de Janeiro, RJ, v. 8, n. 1, p. 82-98, janeiro/junho 2018. DOI 10.12957/ric.2018.32500. Disponível em: <https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/ric/article/view/32500/24905>. Acesso em: 8 ago. 2021.

CHECHI, Leticia Andrea; SCHULTZ, Glauco; FERRONATTO, Edna Maria de Oliveira; MONTAGNER, Juliana. Ativos territoriais e desenvolvimento: estudo da articulação pela indicação geográfica da erva-mate no polo ervateiro Alto Taquari - RS. **Revista Estratégia e Desenvolvimento**, Santana do Livramento, RS, v. 1, n. 1, p. 16-34, janeiro 2017. Disponível em: <https://periodicos.unipampa.edu.br/index.php/RED/article/view/164/147>. Acesso em: 5 ago. 2021.

COLLAÇO, Murilo; SECRETARIA DE ESTADO DE DESENVOLVIMENTO REGIONAL - SDR (Chapecó). Instituto de planejamento e economia agrícola de Santa Catarina - Instituto CEPA/SC. Caracterização regional. **Secretaria de estado do planejamento, orçamento e gestão**, Chapecó, p. 1-37, 1 maio 2003. Disponível em: http://docweb.epagri.sc.gov.br/website_cepapublicacoes/diagnostico/CHAPECO.pdf. Acesso em: 14 ago. 2021.

DUBOC, Eny. **Erva-Mate: Parâmetros para Seleção de Planta Matriz e Área de Coleta de Sementes**: 1ª Reunião Técnica sobre Produção de Mudas de Erva-Mate em Mato Grosso do Sul. 1. ed. Dourados, MS: Embrapa Agropecuária Oeste, 2015. 48 p. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/141021/1/DOC2015132-ERVA-MATE.pdf>. Acesso em: 22 jul. 2021.

EMBRAPA FLORESTAS. **Cultivares comerciais de erva-mate**. Colombo, PR: EMBRAPA Florestas, dezembro 2019. Disponível em: <https://www.embrapa.br/florestas/transferecia-de-tecnologia/erva-mate/cultivares>. Acesso em: 2 jul. 2021.

FREITAS, Sueli dos Santos. Rizobactérias Promotoras do Crescimento de Plantas. In: SILVEIRA, Adriana Parada Dias da; FREITAS, Sueli dos Santos.(eds.). *Microbiota do solo e qualidade ambiental*. Campinas: Instituto Agrônômico, 2007, p 1-20. Disponível em: <http://www.iac.agricultura.sp.gov.br/publicacoes/arquivos/microbiota.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2022.

GOMES, Nei Sebastião Braga; GRIGOLETTI JUNIOR, Albino; AUER, Celso Garcia. SELEÇÃO DE ANTAGONISTAS PARA O CONTROLE DE *Cylindrocladium spathulatum* EM ERVA-MATE. **Boletim de pesquisa florestal**, Colombo, PR, n. 43, p. 123-138, julho/dezembro 2001. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPF-2009-09/30240/1/gomes.pdf>. Acesso em: 1 mar. 2022.

HEINEN, Robin; BIERE, Arjen; HARVEY, Jeffrey; BEZEMER, Martijn. Effects of Soil Organisms on Aboveground Plant-Insect Interactions in the Field: Patterns, Mechanisms, and the Role of Methodology. **Frontiers in Ecology and Evolution**, [s. l.], v. 6, n. 106, p. 1-15, 24 jul. 2018. DOI 10.3389/fevo.2018.00106. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fevo.2018.00106/full>. Acesso em: 10 mar. 2022.

INSTITUTO KAIRÓS (São Paulo). Preparo do biofertilizante supermagro. In: MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (Brasil). Coordenação de agroecologia. **Caderno técnico para agricultor(a) sobre produção orgânica e transição agroecológica**. 1. ed. São Paulo, SP: Câmara Brasileira do Livro, 2017. p. 49-52. ISBN 978-85-99517-09-3. Disponível em: https://institutokairos.net/wp-content/uploads/2017/11/KAIROS_Caderno-sobre-Produ%C3%A7%C3%A3o-Organica_FINAL.pdf. Acesso em: 3 ago. 2021.

LANNA FILHO, Roberto; FERRO, Henrique Monteiro; PINHO, Renata Silva Canuto de. Controle biológico mediado por *Bacillus subtilis*. **Revista Trópica: Ciências Agrárias e Biológicas**, Chapadinha, MA, v. 4, n. 2, p. 12-20, 2010. Disponível em: <http://www.periodicoseletronicos.ufma.br/index.php/ccaatropica/article/view/145/96>. Acesso em: 14 ago. 2021.

LE, Tuan Anh; PÉK, Zoltán; TAKÁCS, Sándor; NEMÉNYI, András; DAOOD, Hussein; HELYES, Lajos. The effect of plant growth promoting rhizobacteria on the water-yield relationship and carotenoid production of processing tomatoes. **HortScience**, [s. l.], v. 53, n. 6, p. 816-822, junho 2018. DOI 10.21273/HORTSCI113048-18. Disponível em: <https://journals.ashs.org/hortsci/view/journals/hortsci/53/6/article-p816.xml>. Acesso em: 16 ago. 2021.

LIU, Fangchun; XING, Shangjun; MA, Hailin; DU, Zhenyu; MA, Bingyao. Cytokinin-producing, plant growth-promoting rhizobacteria that confer resistance to drought stress in *Platycladus orientalis* container seedlings. **Appl Microbiol Biotechnol** : APPLIED MICROBIAL AND CELL PHYSIOLOGY, Berlim, Alemanha, n. 97, p. 9155-9164, 28 ago. 2013. DOI 10.1007/s00253-013-5193-2. Disponível em: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&profile=ehost&scope=site&authType=crawler&jrnl=01757598&AN=90428366&h=ArKIDsFpUU43CHfBMwIrozPxTkG5l>

DWirHdAyINzTLmfERltPkMPq3VmGG9nHGy9HrZRNoc8GyEpT5k9nbfaVw%3D%3D&url=f&casa_token=m97zhqz9yLcAAAAA:FhMAUZQ. Acesso em: 17 ago. 2021.

LIU, Fangchun; MA, Hailin; PENG, Lin; DU, Zhenyu; MA, Bingyao; LIU, Xinghong. Effect of the inoculation of plant growth-promoting rhizobacteria on the photosynthetic characteristics of *Sambucus williamsii* Hance container seedlings under drought stress. **AMB Express**, Jinan, Shandong, People's Republic of China., v. 9, n. 1, p. 1-9, 2019. DOI 10.1186/s13568-019-0899-x. Disponível em: <https://amb-express.springeropen.com/track/pdf/10.1186/s13568-019-0899-x.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2022.

LIU, Fangchun; MA, Hailin; DU, Zhenyu; MA, Bingyao; LIU, Xinghong; PENG, Lin; ZHANG, Wenxin. Physiological response of North China red elder container seedlings to inoculation with plant growth-promoting rhizobacteria under drought stress. **PLOS ONE**, [s. l.], v. 14, n. 12, 18 dez. 2019. DOI 10.1371/journal.pone.0226624. Disponível em: <https://journals.plos.org/plosone/article/file?id=10.1371/journal.pone.0226624&type=printable>. Acesso em: 10 mar. 2022.

MARTINS, Samuel Julio; ROCHA, Geisiane Alves; MELO, Hyrandir Cabral de; GEORG, Raphaela de Castro; ULHÔA, Cirano José; DIANESE, Érico de Campos; HOSHIQUIRI, Leticia Harumi; CUNHA, Marcos Gomes da; ROCHA, Mara Rúbia da; ARAÚJO, Leila Garcês de; VAZ, Karina Santana; DUNLAP, Christopher. Plant-associated bacteria mitigate drought stress in soybean. **Environmental Science and Pollution Research**, Berlim, Alemanha, v. 25, p. 13676-13686, 3 mar. 2018. DOI 10.1007/s11356-018-1610-5. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Samuel-Martins-3/publication/323539109_Plant-associated_bacteria_mitigate_drought_stress_in_soybean/links/5ca65b94299bf118c4b320fc/Plant-associated-bacteria-mitigate-drought-stress-in-soybean.pdf. Acesso em: 27 jul. 2021

MEDEIROS, Damiana Cleuma de; LIMA, Bruno Afonso Bezerra de; BARBOSA, Marcos Romualdo; ANJOS, Regina Sheila Barros dos; BORGES, Rafaela Duarte; CAVALCANTE NETO, José Galdino; MARQUES, Luciano Façanha. Produção de mudas de alface com biofertilizantes e substratos. **Horticultura Brasileira**, Mossoró, RN, v. 25, n. 3, p. 433-436, julho/setembro 2007. DOI 10.1590/s0102-05362007000300021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/hb/a/bX5qx6pQQQRc8Fxx3BVVQ6h/?lang=pt&format=pdf>. Acesso em: 23 jul. 2021.

MEDEIROS, Marcos Barros de; WANDERLEY, Paulo Alves; WANDERLEY, Maria José Araújo. Biofertilizantes líquidos: Processo trofobiótico para proteção de plantas em cultivos orgânicos. **Revista Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento**, [s. l.], ano 6, ed. 31, p. 38-44, julho/dezembro 2003. Disponível em: https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/bio2_000ga8tkmzy02wx5ok047v56lfffxoe5.pdf. Acesso em: 22 jul. 2021.

MEGALI, Lea; SCHLAU, Benjamin; RASMANN, Sergio. Soil microbial inoculation increases corn yield and insect attack. **Agronomy for Sustainable Development**, France, n. 35, p. 1511-1519, 4 jul. 2015. DOI 10.1007/s13593-015-0323-0.

Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s13593-015-0323-0>. Acesso em: 10 mar. 2022.

NOGUEIRA, Rogério Cesar. Governo do estado do Paraná - secretaria da agricultura e do abastecimento. Departamento de Economia Rural - DERAL. Prognóstico Erva Mate - Novembro de 2020. **Divisão de conjuntura agropecuária**, Paraná, p. 1-5, 2020. Disponível em: [https://www.agricultura.pr.gov.br/sites/default/arquivos_restritos/files/documento/2020-12/Progóstico Erva Mate - 2020.pdf](https://www.agricultura.pr.gov.br/sites/default/arquivos_restritos/files/documento/2020-12/Progóstico_Erva_Mate_-_2020.pdf). Acesso em: 28 jul. 2021.

OLIVEIRA, José de; GOMES, Regina; ARAÚJO, Ademir; MARINI, Fillipe; LOPES, João; ARAÚJO, Raul. Estado nutricional e produção da pimenteira com uso de biofertilizantes líquidos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v. 18, n. 12, p. 1241-1246, 27 jun. 2014. DOI 10.1590/1807-1929/agriambi.v18n12p1241-1246. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662014001200006&lng=pt&lng=pt. Acesso em: 22 jul. 2021.

PENTEADO JUNIOR, Joel Ferreira; GOULART, Ives Clayton Gomes dos Reis. **Erva 20: Sistema de produção para erva-mate**. 1. ed. Colombo, PR: EMBRAPA Florestas, 2019. 154 p. ISBN 978-85-7035-875-2. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1106677/erva-20-sistema-de-producao-para-erva-mate>. Acesso em: 14 jul. 2021.

PICHLER, MARIA ELENA BONATTO. **Avaliação do biofertilizante supermagro na produção de mudas de *Eucalyptus dunnii* Maiden**. Orientadora: Kátia Cylene Lombardi. 2011. 83 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais: Manejo Florestal) - Universidade Estadual do Centro-Oeste, Irati, PR, 2011. Disponível em: http://www.bibliotecaflorestal.ufv.br/bitstream/handle/123456789/9116/Dissertacao_Maria_Elena_Bonatto_Pichler.pdf?sequence=1. Acesso em: 10 ago. 2021.

RIVA, Valentina; MAPELLI, Francesca; DRAGONETTI, Giovanna; ELFAHL, Mustafa; VERGANI, Lorenzo; CREPALDI, Paola; MADDALENA, Nicola La; BORIN, Sara. Bacterial Inoculants Mitigating Water Scarcity in Tomato: The Importance of Long-Term in vivo Experiments. **Frontiers in Microbiology**, Milano, Itália, v. 12, n. 675552, p. 1-12, 15 jun. 2021. DOI 10.3389/fmicb.2021.675552. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmicb.2021.675552/full>. Acesso em: 16 jul. 2021.

ROCHA, Samara Pozzan da. **Crescimento de erva-mate consorciada com plantas de cobertura em argissolo**. Orientador: Dalvan José Reinert. 2018. 167 p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2018. Disponível em: https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/14255/TES_PPGEF_2018_ROCHA_SAMARA.pdf?sequence=6. Acesso em: 29 jul. 2021.

SANTOS, Régis Sívoris Silva dos. AÇÃO DE FORMULAÇÕES COMERCIAIS DE BACILLUS SPP SOBRE LAGARTAS DE GRAPHOLITA MOLESTA (LEPIDOPTERA: TORTRICIDAE). **Enciclopédia Biosfera: Centro científico conhecer**, Goiânia, GO, v. 8, n. 14, p. 16-22, 30 jun. 2012. Disponível em:

https://www.conhecer.org.br/enciclop/2012a/agrarias/acao_de_formulacoes.pdf. Acesso em: 2 ago. 2021.

SOUZA, Louise Rickli de; PERES, Fabiana Schmidt Bandeira. Uso de biofertilizantes à base de aminoácidos na produção de mudas de *Eucalyptus dunnii*. **Pesquisa Florestal Brasileira Brazilian**, Colombo, PR, v. 36, n. 87, p. 211-218, 30 set. 2016. DOI doi: 10.4336/2016.pfb.36.87.1127. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/309277137_Utilizacao_de_biofertilizantes_a_base_de_aminoacidos_na_producao_de_mudas_de_Eucalyptus_dunnii_Maiden. Acesso em: 22 jul. 2021.

STUCHI, Julia Franco. **Biofertilizante**: Um adubo líquido de qualidade que você pode fazer. 1. ed. Macapá, AP: EMBRAPA Amapá, 2015. 20 p. ISBN 978-85-7035-536-2 1. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1046948/1/CPAFAP2015CartilhaBiofertilizantefinal.pdf>. Acesso em: 25 ago. 2021.

STURION, José Alfredo; RESENDE, Marcos Deon Vilela de. **Melhoramento genético da erva-mate**. 1. ed. Colombo, PR: EMBRAPA Florestas, 2010. 10 p. ISBN 978-85-89281-32-4. Disponível em: <https://livimagens.sct.embrapa.br/amostras/00051920.pdf>. Acesso em: 18 jul. 2021.

VURUKONDA, Sai Shiva Krishna Prasad; VARDHARAJULA, Sandhya; SHRIVASTAVA, Manjari; SKZ, Ali. Enhancement of drought stress tolerance in crops by plant growth promoting rhizobacteria. **Microbiological Research**, Rajendranagar, India, ed. 184, p. 13-24, 2016. DOI 10.1016/j.micres.2015.12.003. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0944501315300380?via%3Dihub>. Acesso em: 14 jul. 2021.

WENDLING, Ivar; SANTAROSA, Emiliano; PENTEADO JUNIOR, Joel; AUER, Celso Garcia; PENTEADO, Susete Do Rocio Chiarello; QUEIROZ, Dalva Luiz De; SANTOS, Alvaro Figueredo Dos. **Manual de produção de mudas clonais de erva-mate**. Colombo, PR: Comitê Local de Publicações da EMBRAPA Florestas, 2020. 47 p. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1123804>. Acesso em: 7 jul. 2021.

WIECHETECK, Lucia Helena. **Ponto de murcha permanente para trigo e cevada em solos dos campos gerais do Paraná**. Orientadora: Neyde Fabíola Balarezo Giarola. 2017. 68 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Uso e Manejo do solo.) - Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, PR, 2017. Disponível em: <https://tede2.uepg.br/jspui/bitstream/prefix/2304/1/Lucia%20Helena%20Wiecheteck.pdf>. Acesso em: 12 jul. 2021.