

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL**

Marllos Santos de Lima

**EFEITO DO ESTUFIM E DA APLICAÇÃO DE AIB NA PRODUTIVIDADE
EFETIVA DE MUDAS CLONAIAS DE *Corymbia torelliana* × *Corymbia citriodora***

Santa Maria, RS
2022

Marllos Santos de Lima

**EFEITO DO ESTUFIM E DA APLICAÇÃO DE AIB NA PRODUTIVIDADE
EFETIVA DE MUDAS CLONAIIS DE *Corymbia torelliana* × *Corymbia citriodora***

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito para obtenção do título de **Mestre em Engenharia Florestal**.

Orientadora: Prof. Dr^a. Maristela Machado Araujo

Santa Maria, RS
2022

de Lima, Marllos Santos
EFEITO DO ESTUFIM E DA APLICAÇÃO DE AIB NA
PRODUTIVIDADE EFETIVA DE MUDAS CLONAIIS DE *Corymbia*
torelliana × *Corymbia citriodora* / Marllos Santos de
Lima.- 2022.

63 p.; 30 cm

Orientador: Maristela Machado Araujo
Coorientador: Ezequiel Gasparin
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós
Graduação em Engenharia Florestal, RS, 2022

1. Sazonalidade 2. Sobrevivência 3. Enraizamento 4.
Miniestaquia I. Machado Araujo, Maristela II. Gasparin
, Ezequiel III. Título.

Sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFSM. Dados fornecidos pelo autor(a). Sob supervisão da Direção da Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central. Bibliotecária responsável Paula Schoenfeldt Patta CRB 10/1728.

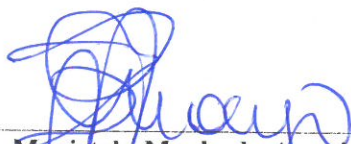
Declaro, MARLLOS SANTOS DE LIMA, para os devidos fins e sob as penas da lei, que a pesquisa constante neste trabalho de conclusão de curso (Dissertação) foi por mim elaborada e que as informações necessárias objeto de consulta em literatura e outras fontes estão devidamente referenciadas. Declaro, ainda, que este trabalho ou parte dele não foi apresentado anteriormente para obtenção de qualquer outro grau acadêmico, estando ciente de que a inveracidade da presente declaração poderá resultar na anulação da titulação pela Universidade, entre outras consequências legais.

Marllos Santos de Lima

EFEITO DO ESTUFIM E DA APLICAÇÃO DE AIB NA PRODUTIVIDADE EFETIVA DE MUDAS CLONAIIS DE *Corymbia torelliana* × *Corymbia citriodora*

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito para obtenção do título de **Mestre em Engenharia Florestal**.

Aprovado em 24 de março de 2022.



**Maristela Machado Araujo, Dra. (UFSM) - Webconferência
(Presidente/Orientadora)**



Suelen Carpenedo Aimi, Dra. (UFSM) - Webconferência



Nathalia Pimentel, Dra. (CMPC – Celulose Riograndense) - Webconferência

Santa Maria, RS
2022

*À minha mãe Maria Angélica,
minha avó Alice,
e aos meus familiares,
dedico este trabalho.*

AGRADECIMENTOS

Inicialmente gostaria de agradecer a minha mãe, Maria Angélica Fenalti dos Santos, que sempre esteve ao meu lado, me deu todo o suporte necessário e me incentivou aos estudos. Agradeço por ter me mostrado o melhor caminho a ser seguido.

À Universidade Federal de Santa Maria, ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal (PPGEF) pela oportunidade de desenvolvimento pessoal e profissional e aos professores do PPGEF pela troca de conhecimento.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) que por meio do auxílio financeiro permitiu a realização da presente pesquisa.

À minha família, pois ao lado de vocês tudo fica mais fácil. Obrigado por estarem ao meu lado nos bons e nos maus momentos, sem a ajuda de vocês eu jamais teria conseguido! Em casa tive sábios ensinamentos entre eles o respeito, a humildade, a simplicidade e acima de tudo a honestidade, com vocês aprendi que a felicidade está em nós e em nenhum outro lugar.

Às minhas primas Daniele e Alessandra, por todo suporte, carinho e tempo dedicado a mim e a minha mãe nestes últimos anos.

À minha parceira de vida, Tássia Dias, pela cumplicidade, carinho e suporte. Por ter estado ao meu lado em todos os momentos.

À minha segunda família, Viveiro Florestal - UFSM, lugar onde fiz grandes amizades. Em especial a professora Maristela Araujo por me receber em seu grupo de pesquisa, pelos ensinamentos e amizade.

À Suelen Aimi, pela sua amizade, ensinamentos, incentivo e apoio durante todos estes anos.

Às minhas colegas Adriana Griebeler e Claudia Costella pela parceria nas viagens de campo, pelo suporte na condução desta pesquisa, pelos conselhos, ensinamentos e amizade durante todos estes anos.

A todos os bolsistas do Laboratório de Silvicultura e Viveiro Florestal – UFSM, pelo apoio na condução da pesquisa. O trabalho e dedicação de vocês foi imprescindível para esta pesquisa.

“Without ambition one starts nothing.

Without work one finishes nothing.

The prize will not be sent to you.

You have to win it.”

- Ralph Waldo Emerson

RESUMO

EFEITO DO ESTUFIM E DA APLICAÇÃO DE AIB NA PRODUTIVIDADE EFETIVA DE MUDAS CLONAIAS DE *Corymbia torelliana* × *Corymbia citriodora*

AUTOR: Marllós Santos de Lima
ORIENTADORA: Maristela Machado Araujo

O setor florestal brasileiro possui contribuição a nível mundial para o suprimento de madeira, celulose e papel, entre outros subprodutos com origem em florestas plantadas e, em sua grande parte, certificadas por órgãos internacionais que garantem o manejo sustentável deste recurso. O país atingiu esta colocação a nível global devido a elevada produtividade das florestas plantadas, em virtude das condições edafoclimáticas encontradas no território brasileiro e pelo desenvolvimento de materiais genéticos altamente produtivos. Atualmente, empresas do setor siderúrgico e de celulose e papel têm demonstrado interesse por clones de espécies puras e híbridas do gênero *Corymbia*, devido a elevada densidade da madeira, resistência a pragas e doenças e a fatores abióticos como estresse hídrico. Além disso, o gênero torna-se uma alternativa para a possível estagnação da produtividade das florestas plantadas. Entretanto, materiais genéticos do gênero vêm sendo classificados como de difícil propagação vegetativa, por apresentar taxas de enraizamento inferiores a 70%. Diante deste cenário, a presente pesquisa teve como objetivo avaliar o efeito da aplicação de diferentes doses de AIB em conjunto com a utilização do estufim durante a produção de brotações e durante o enraizamento de miniestacas sobre as variáveis sobrevivência, enraizamento e qualidade morfológica das mudas ao longo de três estações sazonais. A pesquisa foi conduzida em região de clima subtropical (Barra do Ribeiro, RS) ao longo de três estações (inverno, primavera e verão) em esquema fatorial (2 x 2 x 4) com parcelas sub-subdivididas, sendo a parcela principal composta por dois ambientes de produção de brotações (minijardim clonal com estufim e sem estufim), a sub-parcela por dois ambientes de enraizamento (casa de vegetação com estufim e sem estufim) e a sub-subparcela por quatro concentrações de ácido indol-3-butírico (AIB) (0, 1.500, 3.000 e 4.500 mg L⁻¹). Os resultados obtidos na pesquisa demonstraram que o clone estudado apresenta maior produtividade efetiva durante o inverno, em detrimento do maior enraizamento adventício das miniestacas. Além disso, verificou-se que o uso do estufim no minijardim clonal potencializa o enraizamento das miniestacas. Estes resultados são explicados, principalmente pela maior turgescência das minicepas e menor estresse fisiológico durante a coleta das brotações. Outro resultado importante obtido na pesquisa, refere-se ao uso do AIB o qual não incrementou a taxa de sobrevivência das miniestacas aos 30 dias após o estaqueamento e a qualidade morfológica das mudas aos 120 dias. Diante disso, conclui-se que a produção de mudas clonais do híbrido *C. torelliana* × *C. citriodora* deve ser priorizada durante os períodos frios do ano (inverno) e o uso do estufim no MJ deve ser realizado em todas as estações do ano. Além disso, conclui-se que para a produção de mudas de *Corymbia* não é necessário o uso de AIB.

Palavras-chave: Sazonalidade. Sobrevivência. Enraizamento. Miniestaquia.

ABSTRACT

MINI-TUNNEL EFFECT AND IBA APPLICATION ON EFFECTIVE PRODUCTIVITY OF *Corymbia torelliana* × *Corymbia citriodora* CUTTINGS

AUTHOR: Marllos Santos de Lima

ADVISOR: Maristela Machado Araujo

The Brazilian Forest sector contributes worldwide to the supply of wood, cellulose and paper, among other by-products originating from planted forests and, for the most part, certified by international organizations that guarantee the sustainable management of this resource. The country achieved this position at a global level due to the high productivity of planted forests, due to the edaphoclimatic conditions found in the Brazilian territory and the development of highly productive genetic materials. Currently, companies in the steel and pulp and paper sectors have shown interest in clones of pure and hybrid species of the genus *Corymbia*, due to the high density of wood, resistance to pests and diseases and to abiotic factors such as water stress. In addition, the genus becomes an alternative for the possible stagnation of productivity in planted forests. However, genetic materials of the genus have been classified as difficult to propagate vegetatively, as they present rooting rates below 70%. In view of this scenario, the present research aimed to evaluate the effect of the application of different doses of IBA together with the use of the mini-tunnel during the production of shoots and during the rooting of mini-cuttings on the variable survival, rooting and morphological quality of the cuttings at over three seasons. The research was carried out in a subtropical climate region (Barra do Ribeiro, RS) over three seasons (winter, spring and summer) in a factorial scheme (2 x 2 x 4) with split-split plots, the main plot being composed of two shoot production environments (mini-garden with and without a mini-tunnel), the split-plot by two rooting environments (greenhouse with and without a mini-tunnel) and the split-split plot by four concentrations of indole-3-butyric acid (AIB) (0, 1,500, 3,000 and 4,500 mg L⁻¹). The results obtained in the research showed that the clone studied presents greater effective productivity during the winter, to the detriment of the greater adventitious rooting of the mini-cuttings. In addition, it was found that the use of the mini-tunnels in the clonal mini-garden enhances the rooting of mini-cuttings. These results are mainly explained by the higher turgidity of the mini-stumps and lower physiological stress during the collection of shoots. Another important result obtained in the research refers to the use of IBA which do not increase the survival of mini-cuttings at 30 days after propagation and the morphological quality of cuttings at 120 days. In view of this, it is concluded that the production of cuttings of the hybrid *C. torelliana* × *C. citriodora* should be prioritized during the cold periods of the year (winter) and the mini-tunnel in the mini-garden should be carried out in all seasons of the year. In addition, we concluded that to produce *Corymbia* cuttings it is not necessary to use IBA.

Keywords: Seasonality. Survival. Rooting. Minicutting.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Principais exportadores mundiais de celulose – US\$ Bilhões (a), e principais produções mundiais de madeira serrada - Milhões de m ³ (b).....	15
Figura 2 – Áreas com introdução de espécies do gênero <i>Corymbia</i>	19
Figura 3 – Mapa de aptidão climática e silvicultural da espécie <i>Corymbia torelliana</i> em território brasileiro (a), e características morfológicas da árvore (b)	21
Figura 4 – Mapa de aptidão climática e silvicultural da espécie <i>Corymbia citriodora</i> em território brasileiro (a), e características morfológicas da árvore (b)	21
Figura 5 – Minijardim clonal do híbrido <i>Corymbia torelliana</i> × <i>Corymbia citriodora</i> com estufim – MJCE (a), e minijardim clonal sem estufim – MJSE (b)	28
Figura 6 – Ambiente de enraizamento utilizado para a produção de mudas clonais, com a utilização do estufim (esquerda, CVCE), e sem a utilização de estufim (direita, CVSE).....	31
Figura 7 – Temperaturas do ar nos minijardins clonais, com estufim (MJCE) e sem estufim (MJSE) ao longo do dia, durante as estações sazonais do inverno (a), primavera (b) e verão (c), em região de clima subtropical, Barra do Ribeiro, RS, Brasil.....	36
Figura 8 – Umidade relativa do ar nos minijardins clonais, com estufim (MJCE) e sem estufim (MJSE) ao longo do dia nas estações inverno (a), primavera (b) e verão (c), em região de clima subtropical, Barra do Ribeiro, RS, Brasil	37
Figura 9 – Umidade do substrato (a) e concentração de CO ₂ (b) nos minijardins clonais, com estufim (MJCE) e sem estufim (MJSE) ao longo do dia nas estações inverno, primavera e verão, em região de clima subtropical, Barra do Ribeiro, RS, Brasil.....	39
Figura 10 – Temperaturas do ar na casa de vegetação, com estufim (CVCE) e sem estufim (CVSE) ao longo do dia durante as estações inverno (a), primavera (b) e verão (c), em região de clima subtropical, Barra do Ribeiro, RS, Brasil	40
Figura 11 – Umidade relativa do ar na casa de vegetação, com estufim (CVCE) e sem estufim (CVSE) ao longo do dia durante as estações sazonais do inverno (a), primavera (b) e verão (c), em região de clima subtropical, Barra do Ribeiro, RS, Brasil.....	41
Figura 12 – Concentração de CO ₂ na casa de vegetação, com estufim (MJCE) e sem estufim (MJSE) ao longo do dia durante as estações sazonais do inverno, primavera e verão, em região de clima subtropical, Barra do Ribeiro, RS, Brasil	42
Figura 13 – Potencial hídrico de minicepas do híbrido <i>C. torelliana</i> × <i>C. citriodora</i> nos minijardins clonais com estufim (MJCE) e sem estufim (MJSE) durante o meio-dia (a) e durante	

a madrugada (b) nas estações inverno, primavera e verão, em região de clima subtropical, Barra do Ribeiro, RS, Brasil.....	43
Figura 14 – Assimilação líquida de CO ₂ de minicepas do híbrido <i>C. torelliana</i> × <i>C. citriodora</i> nos minijardins clonais com estufim (MJCE) e sem estufim (MJSE) durante as estações sazonais do inverno, primavera e verão, em região de clima subtropical, Barra do Ribeiro, RS, Brasil.....	44
Figura 15 – Rendimento quântico máximo do fotossistema II de minicepas do híbrido <i>C. torelliana</i> × <i>C. citriodora</i> nos minijardins clonais com estufim (MJCE) e sem estufim (MJSE) durante as estações sazonais do inverno, primavera e verão, em região de clima subtropical, Barra do Ribeiro, RS, Brasil.....	44
Figura 16 – Sobrevivência de miniestacas do híbrido <i>C. torelliana</i> × <i>C. citriodora</i> em resposta a aplicação de ácido indol-3-butírico (AIB) durante as estações inverno (a), primavera (b) e verão (c), em região de clima subtropical, Barra do Ribeiro, RS, Brasil	46
Figura 17 – Enraizamento de miniestacas do híbrido <i>C. torelliana</i> × <i>C. citriodora</i> com origem de brotações produzidas no minijardim clonal com estufim (MJCE) e sem estufim (MJSE) durante as estações inverno (a), primavera (b) e verão (c), em região de clima subtropical, Barra do Ribeiro, RS, Brasil.....	47
Figura 18 – Produtividade efetiva de minicepas do híbrido <i>C. torelliana</i> × <i>C. citriodora</i> conduzidas em minijardim clonal com estufim (MJCE) e sem estufim (MJSE) durante as estações inverno, primavera e verão, em região de clima subtropical, Barra do Ribeiro, RS, Brasil.....	48

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 – Qualidade morfológica de mudas clonais do híbrido *C. torelliana* × *C. citriodora* produzidas durante o inverno em região de clima subtropical 49
- Tabela 2 – Modelos de regressão para a determinação da qualidade morfológica de mudas clonais de *C. torelliana* × *C. citriodora* em resposta a aplicação de AIB, durante o inverno em região de clima subtropical 50
- Tabela 3 – Qualidade morfológica de mudas clonais do híbrido *C. torelliana* × *C. citriodora* produzidas durante a primavera em região de clima subtropical 51
- Tabela 4 – Qualidade morfológica de mudas clonais do híbrido *C. torelliana* × *C. citriodora* produzidas durante o verão em região de clima subtropical 52

SUMÁRIO

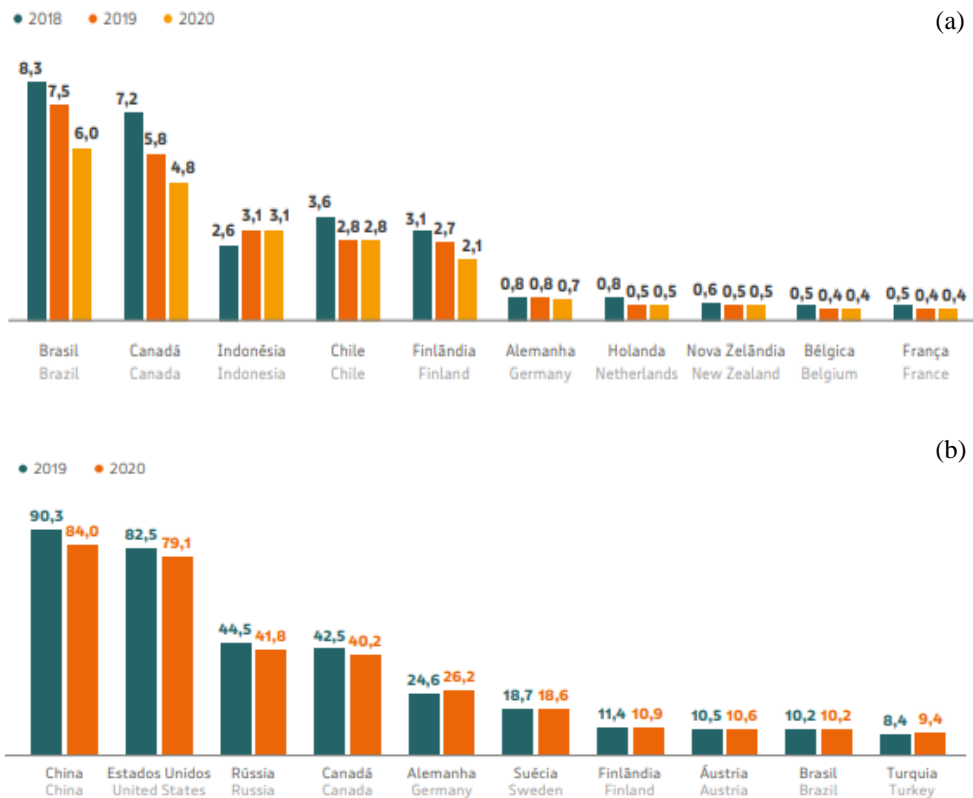
1	INTRODUÇÃO GERAL	15
2	HIPÓTESES	18
3	OBJETIVOS	18
3.1	OBJETIVO GERAL.....	18
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
4	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	19
4.1	ESPÉCIES E HÍBRIDOS DO GÊNERO <i>Corymbia</i>	19
4.2	SILVICULTURA CLONAL DE ESPÉCIES EXÓTICAS.....	22
4.3	EFEITO DO AMBIENTE SOBRE A PRODUÇÃO DE MUDAS CLONAIS	24
4.4	USO DE REGULADORES DE CRESCIMENTO VEGETAL.....	26
5	MATERIAL E MÉTODOS	27
5.1	LOCAL DO ESTUDO	27
5.2	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	27
5.3	MINIJARDIM CLONAL E ESTUFIM.....	28
5.4	MINICEPAS.....	29
5.5	COLETA DE BROTAÇÕES E PREPARO DAS MINIESTACAS	29
5.6	PREPARO DO ÁCIDO INDOL-3-BUTÍRICO E MINIESTAQUIA	30
5.7	CASA DE VEGETAÇÃO E ESTUFIM	30
5.8	PARÂMETROS AVALIADOS	31
5.8.1	Variáveis ambientais	31
5.8.2	Variáveis Fisiológicas	32
5.8.3	Produtividade e Produtividade Efetiva do Minijardins Clonais	32
5.8.4	Sobrevivência e Enraizamento Adventício	33
5.8.5	Qualidade morfológica das mudas	34
5.9	ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	34
6	RESULTADOS	35
6.1	VARIÁVEIS AMBIENTAIS	35
6.1.1	Minijardim Clonal	35
6.1.2	Casa de Vegetação	38
6.2	VARIÁVEIS FISIOLÓGICAS DAS MINICEPAS	42
6.3	SOBREVIVÊNCIA DE MINIESTACAS.....	44
6.4	ENRAIZAMENTO.....	46

6.5	PRODUTIVIDADE EFETIVA DO MINIJARDIM CLONAL	47
6.6	QUALIDADE MORFOLÓGICA DAS MUDAS	48
7	DISCUSSÃO	53
8	CONCLUSÃO	57
	REFERÊNCIAS	58

1 INTRODUÇÃO GERAL

A silvicultura brasileira vem se destacando anualmente frente a outros países, fazendo com que o Brasil se mantenha entre os dez principais países ligados aos seguimentos de celulose (Figura 1a), papel, painéis de madeira e madeira serrada (Figura 1b) (IBÁ, 2021). Além de ser referência em produtividade florestal, devido as condições edafoclimáticas favoráveis no país, é líder mundial na exportação de celulose, arrecadando cerca de 8,3 bilhões de dólares em 2020 (IBÁ, 2021).

Figura 1 – Principais exportadores mundiais de celulose – US\$ Bilhões (a), e principais produções mundiais de madeira serrada - Milhões de m³ (b)



Fonte: Ibá (2021).

Atualmente a área total, em território brasileiro, destinada a silvicultura é de aproximadamente 10 milhões de hectares, onde predominam plantios do gênero *Eucalyptus* (aproximadamente 75%), demonstrando assim, a importância deste para o setor florestal brasileiro (IBGE, 2019; IBÁ, 2021). Fazendo parte desta área plantada, em menor proporção, encontram-se outras espécies da família *Myrtaceae*, como as do gênero *Corymbia*.

Recentemente, tem sido observado o maior aquecimento do setor florestal, entretanto, o país vem se preparando para o aumento das projeções na demanda e produção de celulose (principal subproduto das florestas plantadas) há anos, intensificando os investimentos na prospecção de terras visando o cultivo de florestas, na indústria, e em novas tecnologias (SANQUETTA et al., 2020; IBÁ, 2021).

Concomitantemente, a expansão florestal e ao constante aumento na demanda por produtos obtidos de fontes renováveis (PAYN et al., 2015; FSC, 2012), surge a necessidade na obtenção e multiplicação de novos materiais genéticos com o objetivo de realizar a manutenção, ou até mesmo potencializar a produtividade das florestas plantadas. Em consequência disso, tem-se a entrega de matéria prima de qualidade para o setor industrial. Como estratégia para atingir esse objetivo, devido à expansão para novas áreas, até então menos produtivas, e fatores ligados as mudanças climáticas, o setor florestal tem investido esforços no desenvolvimento de clones do gênero *Corymbia* (ASSIS, 2014; DAMACENA et al., 2021).

O gênero *Corymbia*, com espécies anteriormente pertencentes ao gênero *Eucalyptus*, apresenta ampla distribuição geográfica na Austrália, ao longo das regiões tropicais e subtropicais, indicando a elevada plasticidade a diferentes condições edafoclimáticas. Segundo Tambarussi et al. (2018), no Brasil as espécies do gênero *Corymbia* tem sido direcionada para regiões que futuramente podem se tornar inadequadas para o cultivo de espécies de *Eucalyptus*, considerando a tolerância a estresses abióticos e bióticos que poderão surgir, principalmente devido as mudanças climáticas.

Entretanto, apesar dos possíveis ganhos com a implantação de projetos florestais utilizando clones de espécies puras ou híbridas do gênero *Corymbia* (ASSIS, 2014), há uma série de impasses que antecedem o estabelecimento e sucesso desses projetos, tal como a produção de mudas clonais, etapa do processo produtivo fundamental à obtenção de plantios homogêneos e multiplicação das características de interesse selecionadas de cada material genético.

Viveiros comerciais, de médio à grande porte, tem utilizado a técnica de miniestaquia como principal meio de produção de mudas clonais (LIMA et al., 2021a). A partir dessa técnica, todas as fases de viveiro são otimizadas, desde a obtenção dos propágulos até a seleção e expedição das mudas para o campo (XAVIER et al., 2013), ainda que a miniestaquia necessite maior controle dos ambientes de produção, de modo a eliminar fontes de variação e perdas de processo. Somado a isso, o grau de juvenildade que as fontes de propágulos apresentam possibilita o maior enraizamento das miniestacas, homogeneidade e elevado padrão de qualidade das mudas produzidas (KONZEN et al., 2018).

O manejo utilizado durante a produção de mudas clonais deve ser específico, considerando as particularidades de cada material genético (BRYANT; TRUEMAN 2015; DE ALMEIDA et al., 2020). Estudos voltados à propagação vegetativa de clones do híbrido *Corymbia torelliana* × *Corymbia citriodora* (Toreliodora), na região sul do Brasil (local de clima subtropical), tem demonstrado taxas de enraizamento inferiores a 70% (entre 30 a 60%) (LIMA et al., 2021a; COSTELLA, 2021), isso indica que os materiais apresentam potencial para a produção de mudas clonais, porém necessitam ser melhor compreendidos quanto as especificidades dos ambientes de produção.

Tratando-se de produção em larga escala, estes valores de enraizamento ainda são incipientes. Para que um clone possa entrar na linha de produção de um viveiro comercial e tornar-se operacional a taxa de enraizamento deve ser superior a 70% (LOPES et al., 2001; MINDÊLLO et al., 2006). Estudos têm demonstrado que o manejo adequado das variáveis ambientais dos ambientes de produção, bem como o conhecimento do efeito da sazonalidade sobre cada clone, pode representar ganhos significativos na sobrevivência, no enraizamento das miniestacas e, conseqüentemente, na produtividade efetiva das minicepas (LIMA et al., 2021a; COSTELLA, 2021). Assim, torna-se fundamental o estudo destes ambientes associados a outros fatores como o uso de reguladores de crescimento vegetal, visando garantir o suprimento de mudas clonais.

Além disso, devemos considerar a qualidade morfológica das mudas produzidas, tendo em vista o impacto destas nas operações de plantio e, conseqüentemente, no desenvolvimento inicial das florestas plantadas. Conforme Freitas et al. (2005) e Moreira et al. (2014), a expedição de mudas clonais com qualidade inadequada, em especial a qualidade do sistema radicular, acarretará o atraso do desenvolvimento das mudas após o plantio no campo, bem como nas taxas de replantio, já que mudas expedidas com maior vigor e índices de qualidade poderão apresentar menor susceptibilidade às condições adversas do campo (SILVA et al., 2012). As pesquisas voltadas a qualidade morfológica de mudas clonais têm se concentrado principalmente em espécies e híbridos do gênero *Eucalyptus*, tendo em vista sua importância para o setor florestal.

Tais estudos, associam a qualidade das mudas principalmente ao recipiente, substrato, nutrição e irrigação das mudas (COSTELLA et al., 2022; SILVA et al., 2011; TATAGIBA et al., 2019; VITERI et al., 2012). Entretanto, fatores como o efeito da sazonalidade (CIAVATTA, 2010), temperatura e umidade relativa do ar tem sido pouco considerado. Tratando-se de *Corymbia* os estudos são ainda mais incipientes. Esse déficit de estudos, abordando a qualidade de mudas clonais do gênero se dá em função da propagação seminal, de espécies puras, ainda

ser a principal via de obtenção de mudas, devido à dificuldade de produção pelo baixo enraizamento das miniestacas.

2 HIPÓTESES

- I. O efeito da sazonalidade, em região de clima subtropical influencia a produtividade efetiva de minicepas do híbrido *Corymbia torelliana* × *Corymbia citriodora*;
- II. A utilização do estufim sobre o minijardim clonal e na casa de vegetação, associado ao uso de reguladores de crescimento potencializam a produtividade efetiva de minicepas do híbrido *Corymbia torelliana* × *Corymbia citriodora*;
- III. A aplicação de ácido indol-3-butírico (AIB) na base nas miniestacas previamente ao estaqueamento potencializa a sobrevivência, o enraizamento e a qualidade morfológica das mudas do híbrido *Corymbia torelliana* × *Corymbia citriodora*.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

A pesquisa teve como objetivo avaliar o efeito da aplicação de diferentes doses de AIB em conjunto com a utilização do estufim durante a produção de brotações e durante o enraizamento de miniestacas sobre as variáveis sobrevivência, enraizamento e qualidade morfológica das mudas ao longo de três estações sazonais.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- I. Determinar a eficiência do AIB visando a obtenção da maior produtividade efetiva das minicepas e qualidade morfológica das mudas produzidas;
- II. Verificar o efeito do estufim no minijardim clonal e na casa de vegetação sobre as variáveis sobrevivência, enraizamento das miniestacas, produtividade efetiva das minicepas e qualidade das mudas produzidas;
- III. Determinar a estação sazonal ideal, bem como o manejo adequado do estufim para a produção de mudas clonais do híbrido *Corymbia torelliana* × *Corymbia citriodora*;

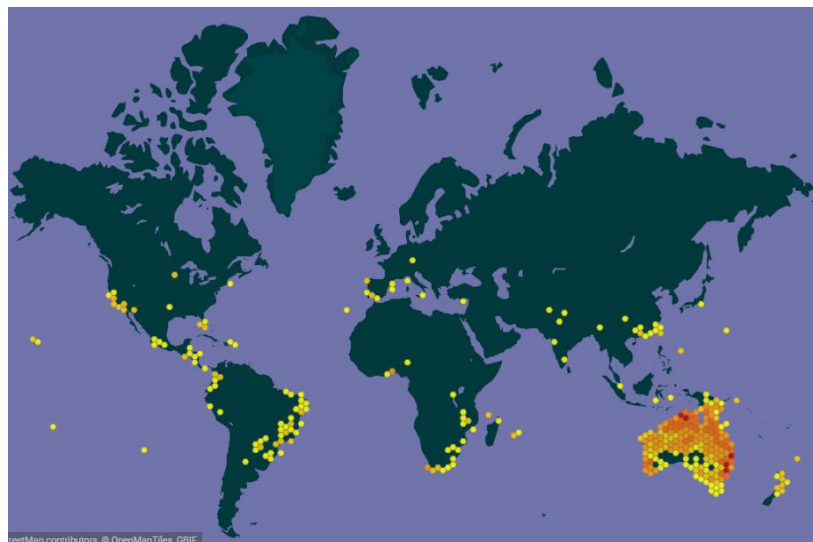
- IV. Obter indicadores para as condições ambientais do minijardim clonal e para a casa de vegetação visando otimizar a produção de mudas clonais de *Corymbia torelliana* × *Corymbia citriodora*.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 ESPÉCIES E HÍBRIDOS DO GÊNERO *Corymbia*

A reclassificação do gênero *Eucalyptus* por volta da década de 90, devido à presença de divergências entre as características morfológicas e moleculares de algumas espécies, deu origem ao gênero *Corymbia*, também pertencente à família Myrtaceae, o qual possui mais de 113 espécies arbóreas (HILL; JOHNSON, 1995). Outro fator decisivo para a reclassificação destas espécies está atrelado a incompatibilidade reprodutiva com demais espécies do gênero *Eucalyptus* (DICKINSON et al., 2012), fato este que impossibilita a formação de híbridos intergenéricos. Tais espécies possuem ampla ocorrência natural na Austrália, e aptidão silvicultural ao longo de regiões tropicais e subtropicais (Figura 2), resultado da elevada plasticidade do gênero a diferentes condições edafoclimáticas.

Figura 2 – Áreas com introdução de espécies do gênero *Corymbia*



Fonte: The Global Biodiversity Information Facility (2022).

Segundo Tambarussi et al. (2018), no Brasil as espécies do gênero *Corymbia* têm sido direcionadas para regiões que futuramente podem se tornar inadequadas para espécies de *Eucalyptus*, devido a tolerância a estresses abióticos e bióticos, causados principalmente pelo efeito das mudanças climáticas. Espécies do gênero *Corymbia* demonstraram maior resistência e tolerância ao calor, estresse hídrico e resistência a pragas e doenças, em relação às espécies de *Eucalyptus* (BRAWNER et al., 2011; DIANESE et al., 1986). Entretanto, estas diferentes respostas aos fatores bióticos e abióticos pode ocorrer não só a nível de gênero, mas também a nível de espécie, híbrido e clone. Além disso, o gênero tem demonstrado crescimento potencial e propriedades tecnológicas da madeira adequadas para o setor industrial (BRAWNER et al., 2012; GARDNER et al., 2007; LEE, 2007; LIN et al., 2017; MORAIS et al., 2010), bem como multiplicidade de usos (construção, móveis, decks e energia).

No Brasil, tem-se observado principalmente o cultivo das espécies *C. torelliana* (Figura 3), *C. citriodora* (Figura 4) e *C. maculata* e com menor expressividade a espécie *C. henryi* (SILVA et al., 2016; DICKINSON et al., 2012; PALUDZYSZYN et al., 2013). Dentre essas, destacam-se a espécie *C. torelliana*, utilizada principalmente na composição de híbridos do gênero como progenitor feminino, apresenta ampla aptidão climática para as regiões centro-oeste, norte e noroeste do território brasileiro (Figura 3). A espécie *C. citriodora*, por outro lado, apresenta ampla aptidão climática para cultivo em regiões sul, sudeste, central e nordeste do território brasileiro (Figura 4). Destaca-se que grande parte destes cultivos tem sido realizado utilizando a propagação seminal (REIS et al., 2014). Tais características de aptidão climática apresentada pelas duas espécies do gênero, torna os híbridos interespecíficos propensos a apresentar maior plasticidade ambiental possibilitando o cultivo destes híbridos ao longo de todo o território brasileiro.

Segundo Lee et al. (2009) os programas de melhoramento genético de espécies puras como *C. citriodora* não haviam progredido no Brasil, devido ao surgimento de híbridos do gênero *Eucalyptus* altamente produtivos. Entretanto, atualmente as empresas de celulose e papel, siderúrgicas e produtoras de carvão vegetal tem demonstrado interesse na hibridação interespecífica para plantios comerciais (LEE et al., 2009; REIS et al., 2013). Isto deve-se ao fato, que plantios com híbridos interespecíficos de *Corymbia* têm demonstrado elevada produção de biomassa e rápido crescimento comparado a plantios de espécies puras (LEE et al., 2009), bem como madeira de alta densidade (640 kg m^{-3}) ao final do ciclo de sete anos e incremento médio anual acima de $40 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ (ASSIS, 2014).

Figura 3 – Mapa de aptidão climática e silvicultural da espécie *Corymbia torelliana* em território brasileiro (a), e características morfológicas da árvore (b)

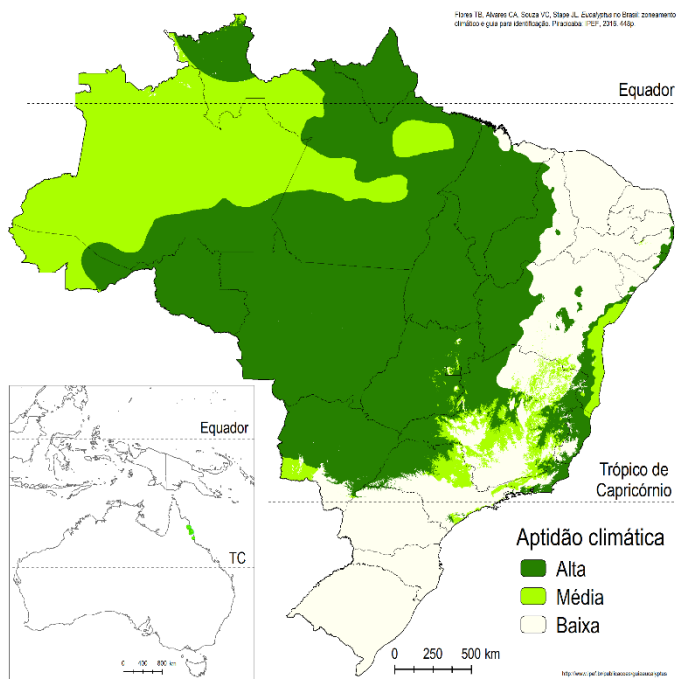
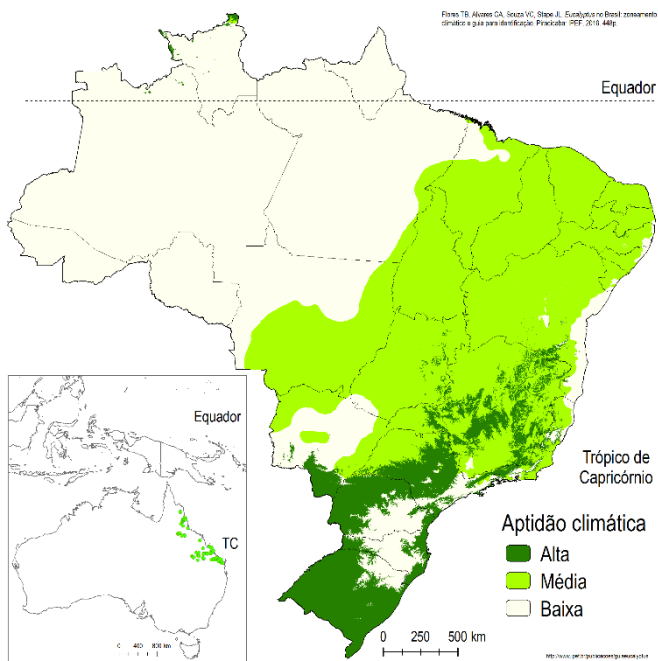


Figura 4 – Mapa de aptidão climática e silvicultural da espécie *Corymbia citriodora* em território brasileiro (a), e características morfológicas da árvore (b)



Segundo Reis et al. (2014) o desenvolvimento de híbridos a partir dos genótipos *C. citriodora* e *C. torelliana* aumenta a probabilidade de heterose entre os descendentes, além de aumentar a base genética das populações sintéticas. No entanto, conforme Lee (2007), Reis et al. (2014) e Souza (2018), os cruzamentos entre *C. torelliana* e *C. citriodora* têm sido pouco explorados, mesmo apresentando forte heterose para características de crescimento e chances de clonagem em níveis operacionais. As chances de se obter taxas de clonagem em níveis operacionais se dá especialmente quando utilizado a espécie *C. torelliana* como progenitor feminino (REIS et al., 2014).

A capacidade de enraizamento de *C. torelliana* tem se mostrado superior em relação a outras espécies do gênero, aproximadamente 30%, no entanto, tem-se observado uma grande variabilidade para essa característica entre diferentes genótipos, podendo-se obter índices de enraizamento acima de 80% (REIS et al., 2014). Esta característica da espécie a torna importante na composição de híbridos interespecíficos, pois diversos híbridos passaram a enraizar devido ao efeito positivo da participação do *C. torelliana* como progenitor feminino (ASSIS, 2000). Da mesma forma com *C. citriodora*, há um certo grau de dificuldade na propagação desta espécie, devido ao baixo nível de enraizamento. Além disso, as mudas apresentam crescimento lento, maior susceptibilidade a doenças e são mais exigentes quanto ao uso de nutrientes (BERNARDI et al., 2012; REIS et al., 2013).

4.2 SILVICULTURA CLONAL DE ESPÉCIES EXÓTICAS

O interesse pela silvicultura clonal de espécies exóticas como as do gênero *Eucalyptus* foi intensificada no início do século XXI em decorrência dos ganhos de processo comparado a formação de povoamentos florestais com origem seminal (XAVIER; SILVA, 2010). Entre os principais ganhos, destacam-se a homogeneidade das florestas, a multiplicação de materiais resistentes a pragas e doenças e aumento da produtividade. Entretanto, existem relatos que a formação de povoamentos clonais surgiu ainda na década de 70 quando a heterogeneidade das florestas já era considerada como problema para a indústria de base florestal, além da incidência de cancro em plantios comerciais (AHUJA; LIBBY, 1993a; AHUJA; LIBBY, 1993b; ALFENAS et al., 2004; ASSIS; MAFIA, 2007; XAVIER et al., 2009). Assim, para contornar tais problemáticas foi necessário o desenvolvimento de técnicas de propagação vegetativa adequadas a produção em larga escala.

A estaquia surgiu como uma das primeiras técnicas de produção em massa de mudas, a qual consiste na coleta de estacas caulinares em cepas de árvores selecionadas no campo ou de

jardins clonais (XAVIER; SILVA, 2010). Segundo Alfenas et al. (2009) e Xavier e Silva (2010), o uso de jardins clonais é a forma de obtenção de estacas mais adequada, comparada a coleta em cepas selecionadas, pois permite o manejo adequado e intensivo das cepas, bem como a coleta de propágulos fisiologicamente mais jovens e propensos ao enraizamento.

Na estaquia, são utilizados seguimentos (estacas) de aproximadamente 10 cm contendo um par de folhas com área foliar reduzida em 50% visando reduzir a desidratação dos tecidos. As estacas são estaqueadas em tubetes contendo substrato e adubação de base e levadas para casa de vegetação para o desenvolvimento de raízes onde permanecem por aproximadamente 45 dias, conforme o material genético e a estação do ano, cujo tempo até o desenvolvimento de raízes pode variar (ALFENAS et al., 2009; XAVIER et al., 2013;). Xavier e Silva (2010), destacam a importância da aplicação de AIB na base das estacas previamente ao estaqueamento visando potencializar a indução de raízes adventícias na base das estacas.

Apesar de pioneira e de representar avanços significativos para a silvicultura (HARTMANN et al., 2002), algumas espécies apresentaram dificuldades de enraizamento e acabaram inviabilizando a produção de mudas clonais por estaquia em larga escala. Além disso, essa técnica exige maior estrutura física para a produção de brotações. Diante destas problemáticas, a técnica foi aperfeiçoada e hoje a miniestaquia é um dos principais meios de produção clonal em viveiros comerciais de médio a grande porte (LIMA et al., 2021a; XAVIER; SILVA, 2010) sendo amplamente empregada para a produção de espécies com valor comercial como as do gênero *Eucalyptus*, porém a técnica não se restringe a espécies exóticas, podendo ser empregada na produção de espécies nativas (DIAS et al., 2012).

Com a miniestaquia o processo de produção de mudas foi otimizado, pois a técnica reduz o período de produção, tendo em vista que algumas etapas do processo são eliminadas, tais como a de semente, emergência, bem como o espaço físico dos viveiros (BRONDANI et al., 2010). As estruturas empregadas nos minijardins clonais promoveram um aumento na eficiência durante a irrigação, nutrição e controle de pragas (XAVIER et al., 2003). Outro fator importante é o grau de juvenildade que as fontes de propágulos apresentam (segmentos apicais com 5 a 8 cm de comprimento contendo dois pares de folhas com redução da área foliar em 50%), pois segundo Xavier et al. (2003a), isso ocasionou a redução no tempo de formação de raízes adventícias, assim como aumento nas taxas de sobrevivência e enraizamento das miniestacas (brotações) propagadas. Desse modo, assim como na estaquia, para a obtenção de sucesso na miniestaquia é necessário que se obtenha um bom enraizamento adventício das miniestacas. Entretanto, ao se tratar de espécies do gênero *Corymbia* há um entrave na produção

de mudas clonais, mesmo para aqueles híbridos que apresentam *C. torelliana* como progenitor feminino (COSTELLA, 2021; LIMA et al., 2021a).

Os maiores obstáculos envolvidos na miniestaquia são relativos à dificuldade de isolar e caracterizar os fatores que controlam o processo de formação de raízes adventícias de miniestacas, em virtude da complexidade e interação entre estes fatores (ASSIS; TEIXEIRA, 1998; CUNHA et al., 2009). Dentre os fatores podem ser destacados; a predisposição ao enraizamento adventício dos genótipos, as condições fisiológicas, nutricionais e hormonais da planta matriz (minicepa), assim como a influência do ambiente e da sazonalidade.

Segundo Haissig (1982, apud BISOGNIN; LENCINA, 2017), Druge et al. (2019) e Zhang et al. (2017) o enraizamento adventício é controlado geneticamente, pela capacidade das células sofrerem desdiferenciação, sendo necessário que as condições ambientais sejam favoráveis para a expressão gênica. De acordo com Alfenas et al. (2004), Eldridge et al. (1994) e Hartmann et al. (2011), as oscilações sazonais das condições ambientais como temperatura e fotoperíodo em que as minicepas e as miniestacas encontram-se são determinantes na sobrevivência e na indução de raízes adventícias, pois estas oscilações podem causar alterações hormonais e nutricionais nas plantas doadoras, assim como nos propágulos vegetativos. Além das condições relacionadas a sazonalidade, Hartmann et al. (2011) destaca as condições fisiológicas das minicepas, e aspectos ambientais como a disponibilidade hídrica, temperatura, umidade e concentração de CO₂. Deste modo, é fundamental o conhecimento das condições ambientais que favorecem a expressão do caractere enraizamento, visando a adequação dos protocolos de produção de mudas conforme o material genético de interesse.

4.3 EFEITO DO AMBIENTE SOBRE A PRODUÇÃO DE MUDAS CLONAIAS

A condição fisiológica das cepas está relacionada ao genótipo utilizado e em função das condições ambientais como umidade relativa do ar, luminosidade, temperatura e concentração de CO₂ (HARTMANN et al., 2011). As condições ambientais, quando favoráveis, reduzem o estresse da planta matriz maximizando o processo fotossintético e, conseqüentemente, o aumento nas taxas de crescimento (LIMA et al., 2021b). Segundo Hartmann et al. (2011), há interação complexa entre os fatores ambientais e o nível de auxinas endógenas da planta matriz. Além disso, se o fotoperíodo, a temperatura e a umidade relativa do ar influenciam a fotossíntese, pressupõe-se que o maior acúmulo de carboidratos resultado da fotossíntese interferem positivamente na produtividade, sobrevivência (devido ao maior acúmulo de reservas) e enraizamento. Segundo Alfenas et al. (2009) a luz influencia o enraizamento

indiretamente, pois, os produtos da fotossíntese (carboidratos e reguladores de crescimento) são fundamentais para a formação de raízes adventícias. Deste modo, deve-se fornecer luminosidade ideal para que se obtenha níveis de fotossíntese adequados e, conseqüentemente, o acúmulo de reservas e substâncias reguladoras de crescimento.

Em regiões subtropicais, além da temperatura e umidade relativa do ar, o fotoperíodo é um dos fatores mais relevantes. No inverno os dias passam a ser mais curtos e devido ao elevado número de dias nublados a luz que chega até a superfície foliar das plantas é difusa. Já no verão, além do fotoperíodo ser maior, a luz chega até a superfície foliar com maior intensidade e elevação da temperatura. Estudos tem demonstrado efeito positivo da sazonalidade na produção de brotações, na sobrevivência e no enraizamento de miniestacas de diferentes clones do gênero *Eucalyptus* (ALFENAS, 2004; BRONDANI et al., 2010; TORRES, 2003) Deste modo, torna-se importante compreender o efeito da sazonalidade sobre as diferentes fases da produção de mudas clonais do gênero *Corymbia*.

Além das variáveis ambientais contribuírem para os processos fisiológicos associados a fotossíntese, produção de carboidratos e síntese de auxinas endógenas, diferenciação e divisão celular, a oscilação da umidade no ambiente associada a maior temperatura do ar torna-se prejudicial ao processo de formação de raízes adventícias. Isto deve-se ao teor de água nos tecidos vegetais estar associado a umidade relativa, seja a do ar ou do substrato, deste modo deve-se realizar o controle adequado do ambiente visando evitar a desidratação dos tecidos fato este que muitas vezes pode levar as miniestacas à morte (XAVIER et al., 2013). Desta forma, visando manter a turgidez dos propágulos e evitando um estresse hídrico durante a fase de enraizamento, recomenda-se que a umidade relativa do ar seja mantida em aproximadamente 80% (XAVIER et al., 2013).

Segundo alguns autores, a temperatura é o fator mais crítico durante a propagação de plantas, pois implica diretamente nos processos fisiológicos e, além disto, mesmo em condições de umidade ótima, a temperatura elevada, pode causar o déficit hídrico das cepas e miniestacas, prejudicando o processo de divisão celular (COSTA et al., 2013; HARTMANN et al., 2011). Para as espécies do grupo C3 a fotossíntese é maximizada quando a temperatura se encontra entre 15 e 30 °C (LOPES; LIMA, 2015). Do mesmo modo, durante o enraizamento de miniestacas a temperatura ideal deve permanecer entre 20 e 30 °C (ALFENAS et al., 2009).

Mesmo estando sob luz e temperatura adequadas, a disponibilidade de CO₂ pode ser complementada visando potencializar as taxas fotossintéticas e o desenvolvimento inicial dos propágulos. Assim, a utilização de estruturas como o estufim, torna-se uma alternativa para aumentar o suprimento de CO₂ no ambiente onde as minicepas e as miniestacas encontram-se.

Além de evitar a dissipação do CO₂, o estufim possibilita o maior controle da temperatura interna do ambiente e mantém a umidade relativa do ar a níveis mais elevados. Pesquisas utilizando o estufim demonstram o potencial dessa estrutura na produção de mudas clonais de *Eucalyptus*, tal estrutura tem possibilitado ganhos significativos na produtividade dos minijardins clonais bem como no enraizamento dos materiais propagados (ASSIS, 2014; BATISTA et al., 2015; SOMAVILLA, 2020).

Em estudos prévios Lima et al. (2021) e Costella (2021), utilizando o estufim no minijardim clonal e na casa de vegetação durante o enraizamento, para o clone de *C. torelliana* × *C. citriodora* encontraram aumento nas taxas de enraizamento em 21 pontos percentuais (p.p.) durante o outono e 9 p.p. durante o inverno. Estes resultados demonstram a potencialidade dessa estrutura durante a produção de mudas clonais devido ao maior controle ambiental para o gênero *Corymbia*.

4.4 USO DE REGULADORES DE CRESCIMENTO VEGETAL

Para que o ocorra a formação de raízes adventícias em miniestacas é necessário que o balanço hormonal das fontes de propágulos esteja adequado. Segundo Xavier et al. (2013), é necessário a presença de certos níveis de substâncias de crescimento natural na planta os quais variam de espécie para espécie. No entanto, a resposta da planta à auxina endógena ou aplicada também pode variar com a natureza do tecido e com a concentração desse regulador de crescimento já presente no propágulo (TAIZ et al., 2017). Deste modo, quando aplicadas de forma exógena, essas substâncias podem aumentar ou inibir a formação inicial de raízes adventícias (XAVIER et al., 2013).

Dentre o grupo de substâncias com propriedades reguladoras de crescimento, destaca-se as auxinas como o ácido indol-3-butírico (AIB), o qual tem apresentado maior eficiência no enraizamento de espécies florestais devido a menor mobilidade e maior estabilidade química no interior das células vegetais (XAVIER et al., 2013). No entanto, pouco se conhece sobre a aplicação do AIB em materiais genéticos do gênero *Corymbia*, sendo as pesquisas, as quais abordam o uso de auxinas, voltadas principalmente a materiais do gênero *Eucalyptus*.

Segundo Titon et al. (2003), os melhores resultados de enraizamento de estacas são apresentados com concentrações entre 6.000 e 8.000 mg L⁻¹. No entanto, ao passo que novas técnicas como a miniestaquia passaram a ser utilizadas, esta concentração de AIB foi considerada excessiva, tendo em vista a maior juvenildade e menor lignificação dos tecidos, sendo recomendado a utilização de 1.000 a 3.000 mg L⁻¹ na propagação de clones de *Eucalyptus*

spp., o que representa aumento de aproximadamente 15 pontos percentuais no enraizamento de miniestacas, comparado com aquelas que não receberam a aplicação de auxina (WENDLING et al., 2000).

Além de proporcionar o maior enraizamento de miniestacas, o uso de auxinas pode aumentar a velocidade e a qualidade do enraizamento, no entanto, as respostas das células vegetais de diferentes clones mostram-se distintas e em alguns casos podem apresentar efeito contrário ao desejado (HARTMANN et al., 2011; XAVIER et al., 2013).

Deste modo, torna-se necessário o desenvolvimento de pesquisas visando a utilização de reguladores de crescimento, tal como o AIB, durante a propagação clonal de materiais genéticos com baixos níveis de enraizamento como o híbrido *Corymbia torelliana* × *Corymbia citriodora*.

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 LOCAL DO ESTUDO

O presente estudo foi conduzido no viveiro florestal da empresa CMPC Brasil, localizado na fazenda Barba Negra (30°20'33.63" S e 51°14'42.29" O, elevação de aproximadamente 12 m acima do nível do mar), município de Barra do Ribeiro, Rio Grande do Sul. A instalação dos experimentos foi realizada durante três estações sazonais: inverno (agosto de 2020), primavera (outubro de 2020) e verão (fevereiro de 2021).

O clima da região é classificado como Cfa, subtropical úmido, com temperatura média anual entre 18 e 20 °C, segundo classificação de Köppen. Durante a estação fria (inverno), a temperatura média do ar varia entre 14 e 16 °C, na primavera, estação considerada como intermediária, a temperatura média do ar varia entre 20 e 22 °C e durante a estação quente (verão) a temperatura média do ar varia entre 22 e 26 °C (RIO GRANDE DO SUL, 2020).

5.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

A pesquisa foi conduzida em delineamento experimental de blocos ao acaso com parcelas sub-subdividas. Deste modo, os tratamentos foram dispostos em esquema fatorial (2 x 2 x 4), onde a parcela principal (Fator A) foi composta por dois ambientes de produção de brotações (minijardim clonal com estufim e minijardim clonal sem estufim), a sub-parcela (Fator B) por dois ambientes de enraizamento (casa de vegetação com estufim e casa de

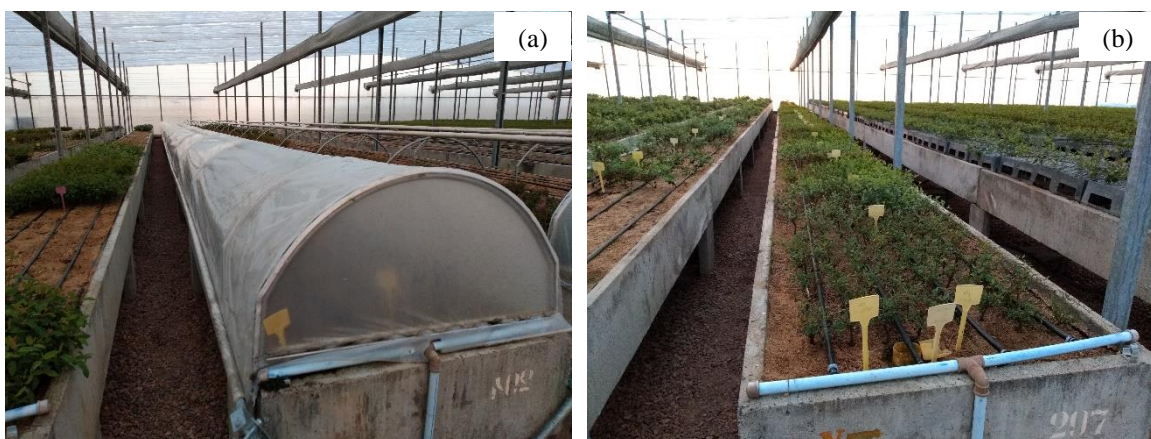
vegetação sem estufim) e a sub-subparcela (Fator C) por quatro concentrações de ácido indol-3-butírico (0, 1.500, 3.000 e 4.500 mg L⁻¹). Ao todo foram utilizados quatro blocos por sub-subparcela, contendo 10 miniestacas em cada bloco, deste modo a pesquisa contou com 64 unidades amostrais.

5.3 MINIJARDIM CLONAL E ESTUFIM

O minijardim clonal (MJ) utilizado na pesquisa consistiu-se em dois canaletões de concreto contendo areia com granulometria média como substrato, compondo deste modo, um sistema semi-hidropônico. Sobre um dos minijardins foi instalado o estufim, o qual consiste em uma estrutura metálica em forma de arco (20,0 m × 1,0 m × 0,5 m de comprimento, largura e altura, respectivamente) disposta sobre o canaletão de concreto. Essa estrutura foi recoberta por um plástico transparente de polietileno com espessura de aproximadamente 150 µm, desse modo o MJ foi mantido vedado (sem trocas de ar com o ambiente externo) quando o estufim permaneceu fechado.

O manejo do estufim foi realizado diariamente, sendo realizado a abertura do estufim durante o início da manhã (≅ 09:30 h) e o seu fechamento no final da tarde (≅ 16:30 h), totalizando aproximadamente 17 horas fechado (período da noite) e cerca de sete horas aberto (período do dia). Deste modo, foi obtido dois tipos de ambientes para a produção de brotações; o minijardim clonal com estufim (MJCE) e o minijardim clonal sem estufim (MJSE) (Figura 5).

Figura 5 – Minijardim clonal do híbrido *Corymbia torelliana* × *Corymbia citriodora* com estufim – MJCE (a), e minijardim clonal sem estufim – MJSE (b)



Fonte: Autor (2022).

Para a irrigação e fertilização dos minijardins clonais foi utilizado o sistema automatizado de fertirrigação por gotejamento. A solução nutritiva utilizada ($5 \text{ L m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$) foi composta por nitrato de cálcio ($367,5 \text{ mg L}^{-1}$), fosfato monoamônico ($60,2 \text{ mg L}^{-1}$), cloreto de potássio ($239,4 \text{ mg L}^{-1}$), sulfato de magnésio ($113,6 \text{ mg L}^{-1}$), quelato de ferro ($5,0 \text{ mg L}^{-1}$), boro orgânico ($0,5 \text{ mg L}^{-1}$), sulfato de manganês ($1,8 \text{ mg L}^{-1}$), sulfato de cobre ($0,15 \text{ mg L}^{-1}$) e sulfato de zinco ($0,25 \text{ mg L}^{-1}$) conforme descrito por Lima et al. (2021).

5.4 MINICEPAS

O minijardim clonal utilizado na pesquisa foi formado por minicepas do híbrido *Corymbia torelliana* × *Corymbia citriodora*. Tais minicepas foram obtidas em mudas provenientes do primeiro subcultivo do material genético estudado por Lima et al. (2021) e Costella (2021). As mudas foram plantadas no minijardim clonal no ano de 2018 com espaçamento de 10 cm x 11 cm, as quais foram conduzidas em formato de taça baixa, favorecendo a captação de luz e o desenvolvimento de novas brotações.

Quinzenalmente foi realizado a coleta de brotações visando a manutenção das minicepas, descartando aqueles brotos que apresentavam condições inadequadas (presença de doenças, comprimento inferior a 5 cm ou superior a 8 cm, número de pares de folhas e baixo vigor) para o estaqueamento. A coleta das brotações para a instalação efetiva dos experimentos foi realizada em uma única ocasião por estação sazonal (inverno, primavera e verão).

5.5 COLETA DE BROTAÇÕES E PREPARO DAS MINIESTACAS

A coleta das brotações para a instalação dos experimentos foi realizada de forma seletiva, considerando brotos com padrão de qualidade semelhante ao de clones operacionais. Deste modo, foram selecionadas somente as brotações que apresentavam comprimento entre 5 e 8 cm, com no mínimo dois pares de folhas com vigor adequado, sem nenhum sintoma visual de doenças ou deficiência nutricional. As brotações que não atenderam estes critérios foram mantidas na cepa para coletas futuras ou descartadas, quando apresentavam padrões de comprimento acima do padrão estabelecido.

A área foliar das brotações foi reduzida em 50% visando a redução do efeito de guarda-chuva e desidratação dos tecidos. Imediatamente após a coleta e preparo das miniestacas realizou-se o armazenamento em caixas de isopor, sendo realizada a irrigação frequente com pulverizador de compressão (capacidade de $\cong 1,5\text{L}$) até o momento do estaqueamento.

5.6 PREPARO DO ÁCIDO INDOL-3-BUTÍRICO E MINIESTAQUIA

Na base das miniestacas coletadas no MJ foram aplicadas quatro concentrações de Ácido Indol-3-Butírico (0, 1.500, 3.000 e 4.500 mg L⁻¹), para as aplicações, utilizou-se o AIB na forma líquida. Para o preparo das soluções líquidas, realizou-se a diluição do AIB (pó, 99% de pureza) em solução hidroalcoólica na proporção 1:1 (v/v). Deste modo 50% do volume da solução foi composto por água destilada e 50% do volume composto por álcool etílico (concentração de 96%). Após o preparo, as soluções foram armazenadas em recipientes do tipo âmbar e levadas para o refrigerador onde permaneceram até o momento da aplicação (aproximadamente 2 dias).

Previamente ao estaqueamento, as soluções foram postas em recipientes plásticos, onde realizou-se a submersão da base das miniestacas (\cong 1,5 cm) por um período de cerca de 10 segundos. Nas aplicações realizadas com a concentração de 0 mg L⁻¹ de AIB, realizou-se o mesmo procedimento, utilizando água destilada e álcool etílico. Imediatamente após a aplicação do AIB, realizou-se o estaqueamento em tubetes de 50 cm³ contendo substrato comercial Carolina Soil[®] e adubação de base (Osmocote[®]). Concluído esta etapa, as miniestacas foram levadas para casa de vegetação onde permaneceram por um período de 45 a 50 dias, conforme a estação, para o desenvolvimento do sistema radicular.

5.7 CASA DE VEGETAÇÃO E ESTUFIM

Após ter sido realizado o estaqueamento, os tubetes contendo as miniestacas foram distribuídos em seis grades de plástico e alocadas sobre um carrinho metálico, o qual permaneceu suspenso sobre trilhos dentro da casa de vegetação. Tal estrutura facilitou a movimentação das mudas entre os diferentes ambientes do viveiro, conforme o estágio de desenvolvimento e avanço das mudas para as próximas etapas do processo produtivo.

Sobre três grades (metade do carrinho) foi instalado o estufim, estrutura metálica em forma de arco (4,5 m \times 0,7 m \times 0,5 m, comprimento, largura e altura, respectivamente) recoberta por plástico transparente de polietileno com espessura de aproximadamente 150 μ m, na parte inferior do carrinho foi desenvolvido uma estrutura metálica de modo que o estufim permanecesse vedado após o seu fechamento. O manejo do estufim na casa de vegetação foi realizado de modo semelhante ao do MJ, com abertura próximo às 9:30 e fechamento após as 16:30 h. Assim, foram conduzidos dois ambientes de enraizamento das miniestaca; casa de vegetação com estufim (CVCE) e casa de vegetação sem estufim (CVSE) (Figura 6).

Figura 6 – Ambiente de enraizamento utilizado para a produção de mudas clonais, com a utilização do estufim (esquerda, CVCE), e sem a utilização de estufim (direita, CVSE)



Fonte: Autor (2022).

Para a irrigação das miniestacas durante o período de enraizamento (\cong 50 dias após o estaqueamento – d.a.e.) foi utilizado sistema automático de nebulização com aspensão de $150 \text{ mL min}^{-1} \text{ bico}^{-1}$. Durante os primeiros 15 d.a.e. a irrigação foi realizada com intervalos de 10 minutos por 30 segundos de aplicação (duração da nebulização). Após, houve a redução na frequência das irrigações, as quais passaram a ser realizadas com intervalo de 20 minutos mantendo-se os 30 segundos de irrigação.

5.8 PARÂMETROS AVALIADOS

5.8.1 Variáveis ambientais

Para a caracterização das variáveis ambientais dos quatro ambientes envolvidos no processo de produção de mudas clonais, foram instalados quatro termohigrômetros (Datalogger - AK 174); um em cada ambiente (minijardim clonal com estufim, minijardim clonal sem estufim, casa de vegetação com estufim e casa de vegetação sem estufim). As leituras de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) e umidade relativa do ar (%) foram realizadas automaticamente a cada cinco minutos ao longo das estações sazonais avaliadas.

Entretanto, para a caracterização dos minijardins clonais foram utilizadas somente as leituras correspondentes ao período de 30 dias, período antecedente a coleta das brotações para a instalação dos experimentos. Para a casa de vegetação, utilizou-se as leituras correspondentes a todo o período (50 dias) em que as miniestacas permaneceram no ambiente de enraizamento.

Para avaliar a concentração de CO₂ nos quatro ambientes, foram realizadas seis leituras durante o decorrer do dia utilizando o medidor multifuncional Flex (Sensor X-06 - medidor de CO₂). As leituras de CO₂ foram realizadas em uma ocasião a cada estação sazonal, sendo essas leituras realizadas na mesma data da instalação dos experimentos.

Para as leituras de umidade do substrato (m³ m⁻³) dos minijardins clonais foi utilizado o sensor de umidade de solo (ML3 ThetaProbe) acoplado ao display (HH2 Delta-T). Para essa variável foram realizadas quatro leituras em cada minijardim clonal (com estufim e sem estufim), durante o período da manhã, simultaneamente a coleta das brotações para a instalação dos experimentos.

5.8.2 Variáveis Fisiológicas

Para a melhor compreensão do status fisiológico das minicepas durante a coleta de brotações em resposta ao uso do estufim no minijardim clonal, foi realizado a determinação do potencial hídrico, da assimilação máxima de CO₂ e do rendimento quântico máximo do fotossistema II. Para isso, foram utilizadas quatro repetições por ambiente, cada repetição foi composta por uma minicepa.

O potencial hídrico (PHid MPa) das minicepas foi determinado utilizando a Câmara de Scholander. Para esta variável, foram realizadas leituras durante o período da madrugada (04:00 h) e durante o meio-dia (12:00 h) em ambos os minijardins clonais. Com o auxílio do equipamento TARGAS-1 Portable Photosynthesis System conectado a câmara PLC5 Leaf Cuvette foi possível determinar a assimilação máxima de CO₂ (A_{máx} μmol (CO₂) m⁻² s⁻¹) sob luz saturante. A radiação fotossinteticamente ativa (PAR) utilizada para a determinação da assimilação máxima foi de 3.000 PAR.

Para a determinação do rendimento quântico máximo do fotossistema II (F_v/F_m) foi utilizado o fluorômetro de luz modulada JUNIOR-PAM. A determinação desta variável foi realizada durante o início da manhã, previamente as leituras, realizou-se a aclimação das folhas no escuro, durante 30 minutos com papel alumínio.

5.8.3 Produtividade e Produtividade Efetiva do Minijardins Clonais

Ao longo das três estações sazonais em que a pesquisa foi conduzida, realizou-se o monitoramento da produtividade dos minijardins clonais. Para isso, as brotações foram coletadas e contabilizadas quinzenalmente. O número de brotações produzidas por minicepa foi

determinado pela relação entre o número total de brotos aptos para serem propagados, conforme descrito no item 5.5, e o número de minicepas vivas no minijardim clonal. Após foi estimada a produtividade (Pd) por unidade de área (m²) por coleta, considerando o espaçamento de 10 cm x 11 cm (\cong 90 miniestacas m⁻²).

$$Pd = \left(\frac{Nb}{Nm} \right) \times 90$$

Onde, Pd: número de brotos produzidos por m² (produtividade); Nb: número de brotos aptos produzidos por minicepa; e Nm: número de minicepas vivas.

Os resultados da produtividade dos minijardins clonais e do enraizamento das miniestacas, conforme descrito no item 5.8.4, permitiram a determinação da produtividade efetiva do minijardim clonal. Ou seja, o número potencial de mudas produzidas por metro quadrado de minijardim clonal (produtividade efetiva). Para isso, realizou-se a multiplicação entre o número de miniestacas produzidas por m² e a taxa de enraizamento obtida na respectiva estação sazonal.

$$Pe = Pd \times Enr$$

Onde, Pe: produtividade efetiva; Pd: produtividade; e Enr: % de miniestacas enraizadas.

5.8.4 Sobrevivência e Enraizamento Adventício

A sobrevivência das miniestacas foi avaliada 30 dias após o estaqueamento e expressa em porcentagem, por meio do valor obtido entre a relação do número de miniestacas sobreviventes e o número total de brotações estaqueadas. A determinação da sobrevivência foi realizada pela diagnose visual das miniestacas, considerando vivas aquelas que apresentam coloração intensa, caule e folhas com sinais de turgidez.

O enraizamento foi avaliado 50 dias após o estaqueamento das miniestacas e expresso em porcentagem, obtido pela relação entre o número de miniestacas enraizadas e o total de brotações estaqueadas. Foram consideradas enraizadas, somente aquelas que apresentaram raízes visíveis na base inferior externa do tubete.

5.8.5 Qualidade morfológica das mudas

A determinação da qualidade das mudas foi realizada aos 120 d.a.e. Para isso realizou-se a mensuração das variáveis altura (H), diâmetro do colo (DC), matéria seca aérea (MSA), matéria seca radicular (MSR) e matéria seca total (MST). Após foi determinado a relação altura/diâmetro do colo (H/DC) e o Índice de Qualidade de Dickson (IQD), conforme descrito por Gomes e Paiva (2006).

Para a variável H, realizou-se a mensuração a partir do nível do substrato até a gema apical, utilizando-se régua graduada em centímetros. O DC foi determinado com auxílio de paquímetro digital (precisão de 0,001 mm). Posteriormente, a parte aérea foi separada do sistema radicular por meio de corte no colo com tesoura de poda, e procedeu-se a lavagem das raízes em água corrente sobre peneiras. Concluído esse procedimento, a parte aérea das mudas e raízes foram acondicionadas em embalagens de papel pardo e levadas para estufa com sistema de circulação de ar forçado com temperatura de aproximadamente 65 °C, onde permaneceram até atingirem massa constante para a determinação da matéria seca em balança analítica.

5.9 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados referentes as variáveis sobrevivência, enraizamento, produtividade efetiva e qualidade das mudas foram analisados (para cada estação sazonal) quanto aos pressupostos de normalidade dos resíduos e homocedasticidade das variâncias pelos testes Shapiro-Wilk e Bartlett, respectivamente. Nos casos em que os dados não atenderam aos pressupostos, procedeu-se a transformação Box-Cox.

Atendidos aos pressupostos, os dados foram submetidos à análise de variância ($p \leq 0,05$), e quando observado efeito significativo dos fatores testados, realizou-se o teste de comparação de médias de Fisher (teste da diferença mínima significativa) com probabilidade de erro menor que 5%. As análises foram realizadas no software estatístico RStudio (v. 1.1.421) com auxílio dos pacotes Agricolae, Car e Fpp (RSTUDIO TEAM, 2016; FOX; WEISBERG, 2019; HYNDMAN, 2013).

6 RESULTADOS

6.1 VARIÁVEIS AMBIENTAIS

6.1.1 Minijardim Clonal

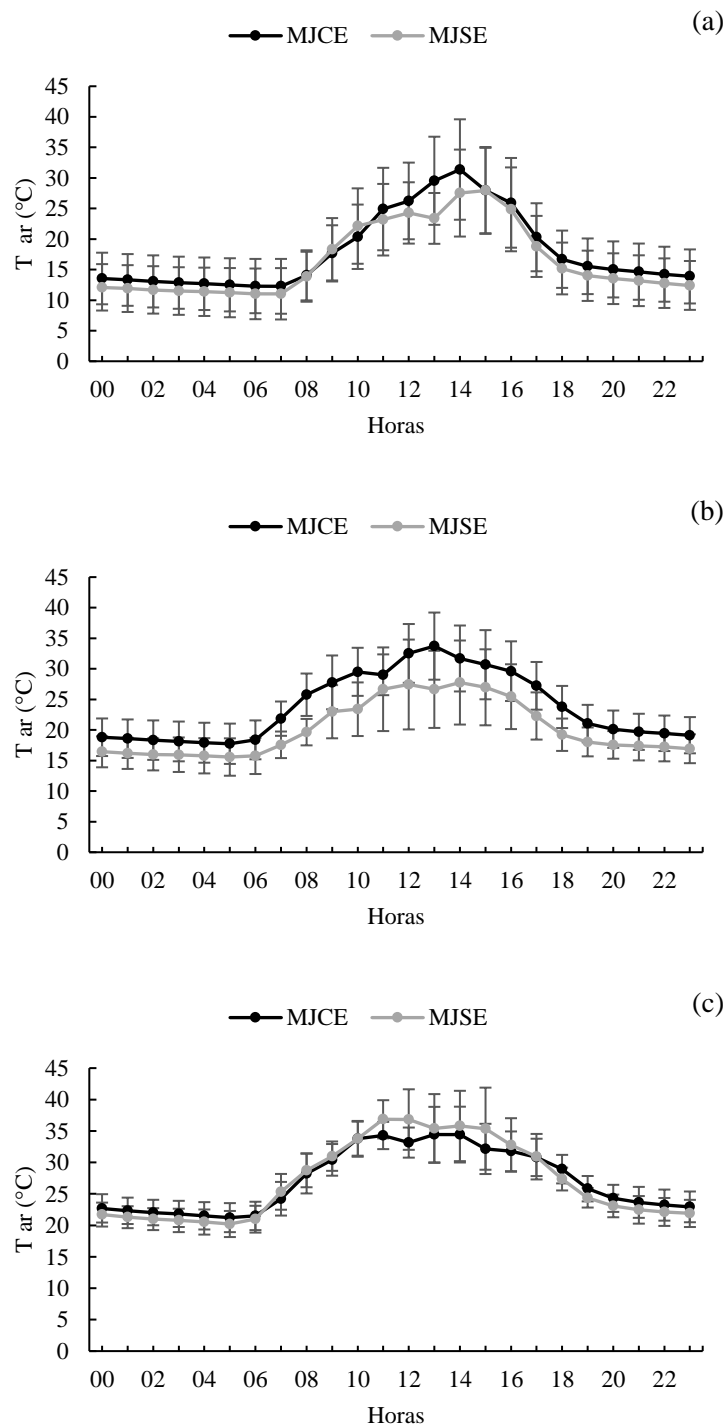
A temperatura média do ar no minijardim clonal (MJ) durante a condução da pesquisa no inverno foi de 16,4 °C. Ao analisarmos os ambientes, no MJCE observou-se temperatura média diária igual a 17,0 °C, enquanto no MJSE a temperatura média foi de 15,7 °C. Ao analisar a temperatura média do ar ao longo do dia durante o inverno (Figura 7a) podemos observar que o estufim aumentou a temperatura em praticamente todos os horários do dia, sendo este aumento mais expressivo durante o período das 11 horas até às 13 horas. Além disso, podemos verificar que a temperatura mínima diária, assim como a máxima diária foi influenciada pelo uso do estufim no MJ.

Na primavera, a temperatura média do ar no MJ (22,8 °C) foi superior ao inverno em \cong 6,4 °C, fato atribuído ao efeito da sazonalidade. No MJCE a temperatura média diária se manteve 5,4 °C superior ao MJSE. Tal aumento na temperatura média diária se deu ao longo de todo o dia (Figura 7b). No verão, a temperatura média do ar foi de 27,4 °C, superior as demais estações em resposta ao efeito da sazonalidade, assim como observado na primavera. Em relação aos ambientes de produção de brotações (MJCE e MJSE) as temperaturas foram semelhantes de 27,21 °C e 27,27 °C, respectivamente. Esta proximidade das médias diárias também foi observada ao analisar a variável temperatura ao longo do dia (Figura 7c).

Em todas as estações sazonais, verificou-se que a temperatura máxima no MJ ocorreu próximo às 13 horas. Além disso, entre às 10 horas e 16 horas, período do dia em que o estufim se mantém aberto obrigatoriamente durante a primavera e o verão, foi observado a maior variação de temperatura, representada pelas barras de desvio padrão (Figura 7).

Em relação a umidade relativa (UR) do ar no MJ, verificamos que no inverno essa variável se manteve em 85,8%, havendo decréscimo com a chegada das estações quentes, 81,9 e 72,2% na primavera e no verão, respectivamente. Ao contrário da variável temperatura, para a UR não foi observado o mesmo efeito do estufim nas diferentes estações (Figura 8). No inverno a umidade relativa do ar no MJCE foi levemente menor no período das 18 horas às 07 horas (Figura 8a). No intervalo entre 08 horas e 17 horas houve oscilações nos dois ambientes (MJCE e MJSE). Isto é, momentos em que a UR no MJCE foi maior (09 e 10 horas) e momentos em que foi menor (13 e 14 horas).

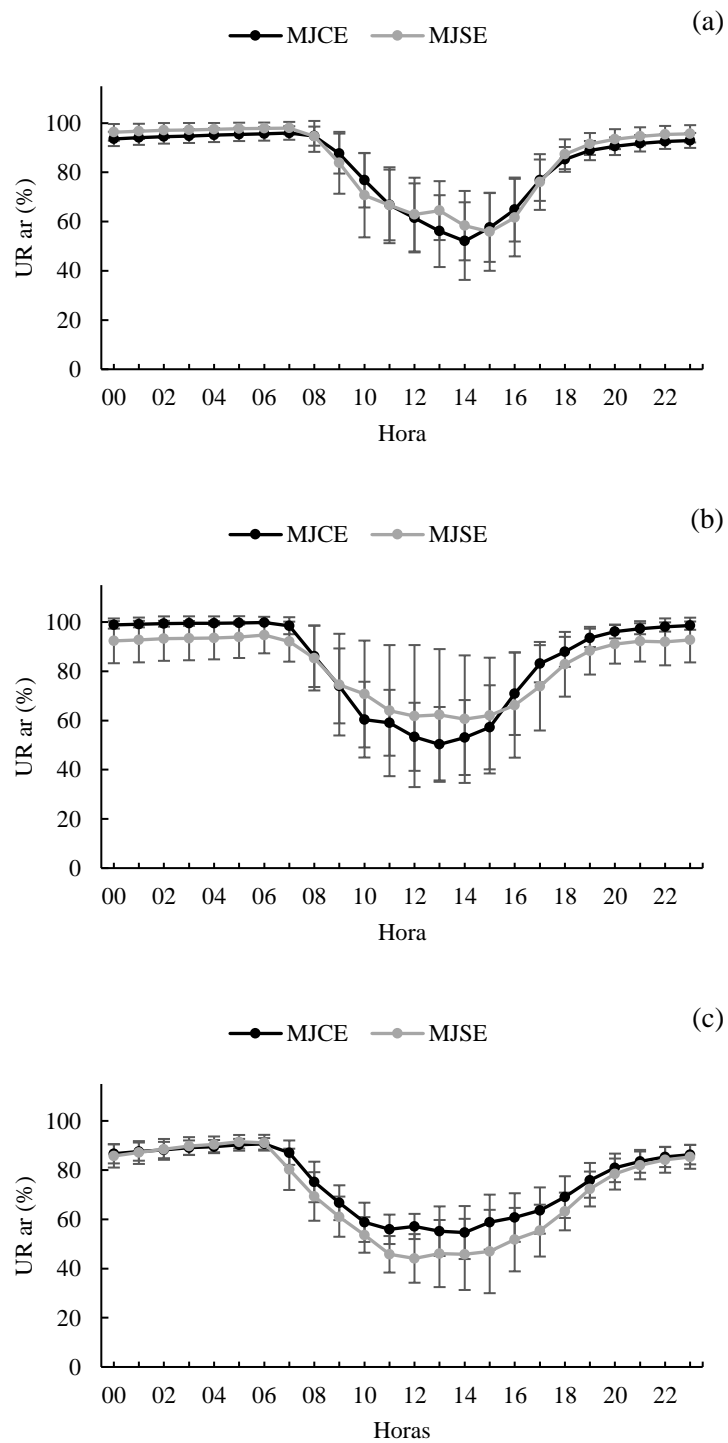
Figura 7 – Temperaturas do ar nos minijardins clonais, com estufim (MJCE) e sem estufim (MJSE) ao longo do dia, durante as estações sazonais do inverno (a), primavera (b) e verão (c), em região de clima subtropical, Barra do Ribeiro, RS, Brasil



*Barras verticais indicam o desvio padrão.

Fonte: Autor (2022).

Figura 8 – Umidade relativa do ar nos minijardins clonais, com estufim (MJCE) e sem estufim (MJSE) ao longo do dia nas estações inverno (a), primavera (b) e verão (c), em região de clima subtropical, Barra do Ribeiro, RS, Brasil



*Barras verticais indicam o desvio padrão.

Fonte: Autor (2022).

Durante a primavera, o contraste entre os ambientes foi maior, no MJCE a UR manteve-se superior ao MJSE durante o período entre 16 e 07 horas do dia seguinte, quando o estufim obrigatoriamente se manteve fechado. Durante o período em que o estufim esteve aberto observa-se que a UR foi menor no MJCE (Figura 8b). No verão a UR média diária foi superior com o uso do estufim (74,4% - MJCE e 69,9% - MJSE). Durante o período das 21 horas e 07 horas do dia seguinte a UR se manteve semelhante em ambos os ambientes, após às 07 horas o MJCE apresentou maior UR comparado ao MJSE (Figura 8c). Durante o período noturno, em ambas as estações a variação da umidade relativa do ar, representada pelas barras de desvio padrão (Figura 8) foi baixa, entretanto no período do dia esta variação foi elevada.

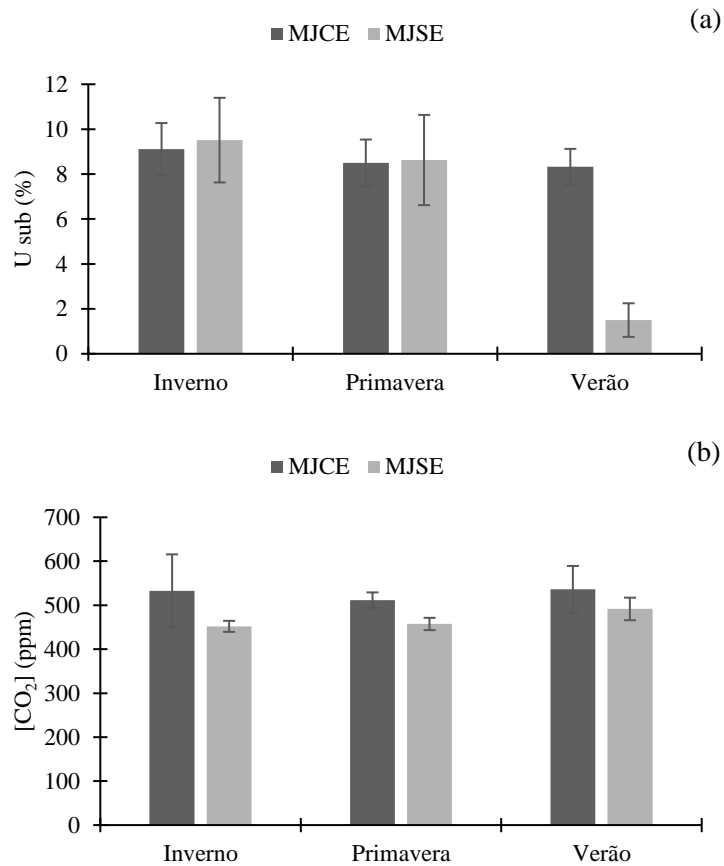
Em relação a umidade do substrato no minijardim clonal (U_{sub} %), verificamos que há redução dessa variável com a chegada das estações mais quentes. No inverno a U_{sub} foi igual a 9,4%, na primavera houve um decréscimo para 7,8% e no verão para 5,4%. Na Figura 9a é possível observar que a umidade do substrato nos dois ambientes de produção de brotações (MJ) não se apresentou elevado contraste, com exceção do verão, em que podemos verificar a menor U_{sub} no MJSE.

Por outro lado, a concentração de CO_2 ($[\text{CO}_2]$) no ambiente do MJ apresentou valores semelhantes entre as diferentes estações, por outro lado ao analisar os dois ambientes de produção de brotação, verificou-se que há maior contraste entre os dois (MJCE e MJSE). O uso do estufim sobre o MJ proporcionou um aumento na média diária da $[\text{CO}_2]$ (enquanto o estufim foi mantido fechado) de aproximadamente 60 ppm (Figura 9b).

6.1.2 Casa de Vegetação

A temperatura do ar no ambiente de enraizamento (casa de vegetação – CV) apresentou aumento gradativo com a chegada das estações mais quentes, conforme o efeito da sazonalidade. Durante o inverno a temperatura média do ar foi igual a 17,2 °C, na primavera foi de 23,6 °C e no verão a temperatura média do ar foi igual a 26,0 °C. Entretanto, não houve contraste entre a temperatura média do ar dos dois ambientes de enraizamento das miniestacas estudados (CVCE e CVSE) (Figura 10). Porém, verifica-se que existe uma tendência de aumento na temperatura média do ar após o fechamento do estufim (17 horas), tal aumento reflete no acréscimo de aproximadamente 1,5 °C.

Figura 9 – Umidade do substrato (a) e concentração de CO₂ (b) nos minijardins clonais, com estufim (MJCE) e sem estufim (MJSE) ao longo do dia nas estações inverno, primavera e verão, em região de clima subtropical, Barra do Ribeiro, RS, Brasil



*Barras verticais indicam o desvio padrão.

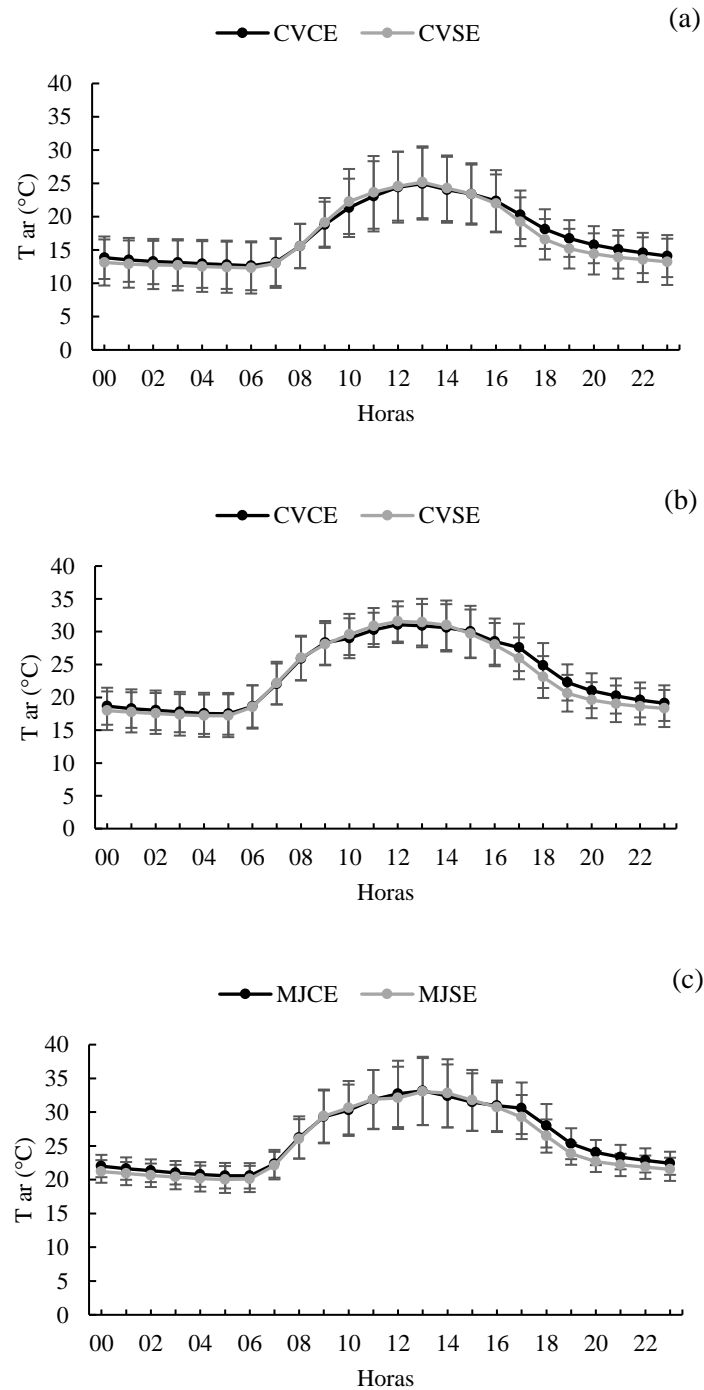
Fonte: Autor (2022).

Em relação a variação da temperatura do ar ao longo do dia (Figura 10), o verão apresenta os menores valores, conforme é possível constatar pelo desvio padrão. Entretanto em ambas as estações, semelhante ao ocorrido no MJ, a maior variação da temperatura do ar se dá entre no período que o estufim permanece aberto, ou seja, entre 10 horas e 16 horas.

Ao analisarmos a UR na casa de vegetação, de modo geral, observou-se pouco contraste entre as estações sazonais, pois a média diária na casa de vegetação durante o inverno foi de 95,7%, na primavera a UR caiu para 89,0% e no verão manteve-se em 90,2%. Entretanto, quando analisamos a variável UR ao longo do dia, pode-se perceber que no inverno (Figura 11a) o período do dia com UR baixa na casa de vegetação é menor (aproximadamente 8 horas). Na primavera este período com baixa UR estende-se por 12 horas e no verão foi cerca de 11 horas (Figura 11b e 11c). Em relação a presença do estufim na casa de vegetação, destaca-se

principalmente o aumento da umidade UR durante o período do dia. Além disso, na primavera observou-se que o estufim reduziu em pelo menos 1 hora o tempo de exposição das miniestacas a UR baixas (Figura 11b).

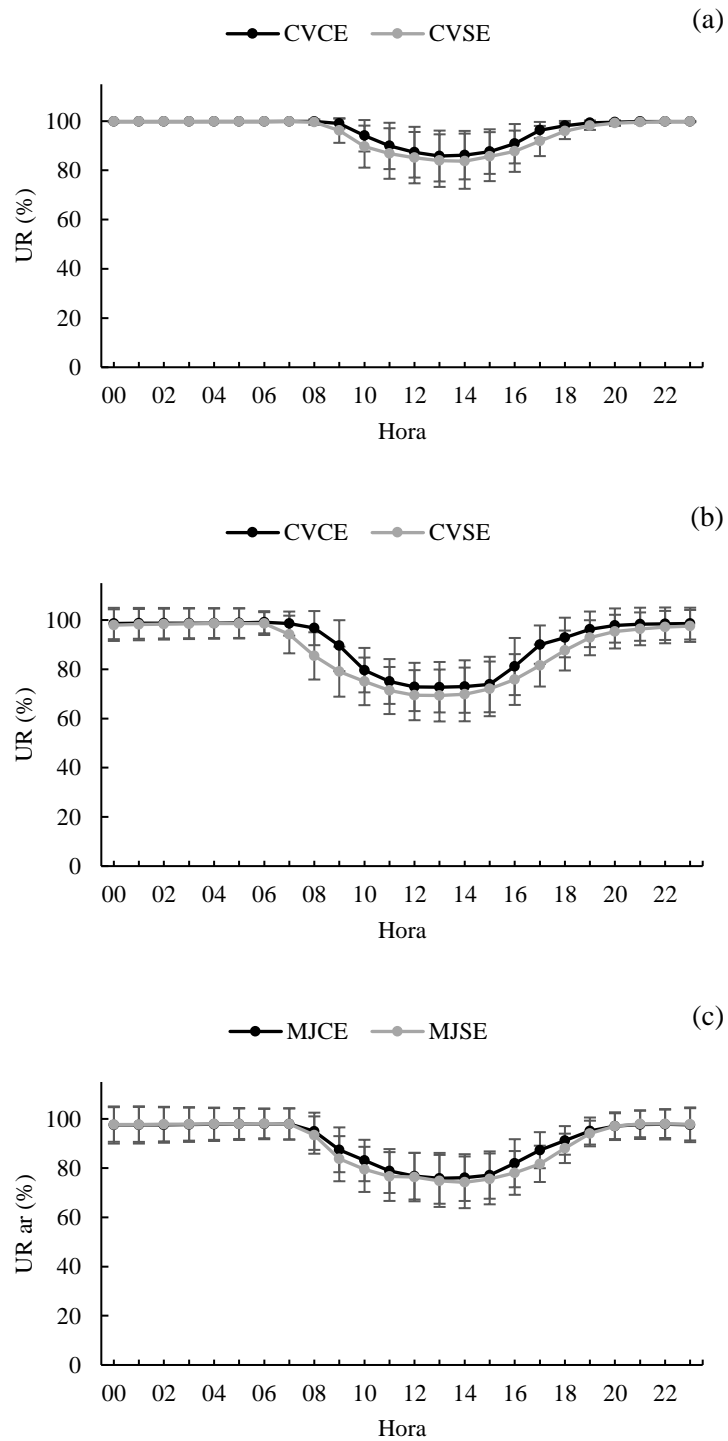
Figura 10 – Temperaturas do ar na casa de vegetação, com estufim (CVCE) e sem estufim (CVSE) ao longo do dia durante as estações inverno (a), primavera (b) e verão (c), em região de clima subtropical, Barra do Ribeiro, RS, Brasil



*Barras verticais indicam o desvio padrão.

Fonte: Autor (2022).

Figura 11 – Umidade relativa do ar na casa de vegetação, com estufim (CVCE) e sem estufim (CVSE) ao longo do dia durante as estações sazonais do inverno (a), primavera (b) e verão (c), em região de clima subtropical, Barra do Ribeiro, RS, Brasil

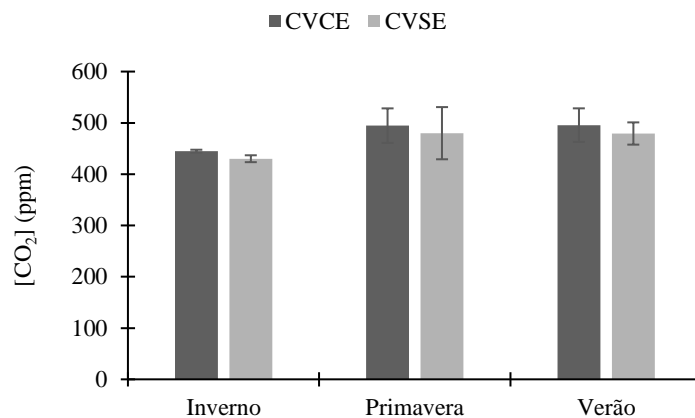


*Barras verticais indicam o desvio padrão.

Fonte: Autor (2022).

Quanto a $[CO_2]$ no ambiente de enraizamento das miniestacas, observou-se baixo contraste entre os dois ambientes estudados (CVCE e CVSE). Do mesmo modo, para as diferentes estações sazonais. Durante o inverno a $[CO_2]$ foi de 437,4 ppm, enquanto na primavera e no verão a média diária foi de 487,2 e 487,4 ppm, respectivamente.

Figura 12 – Concentração de CO_2 na casa de vegetação, com estufim (MJCE) e sem estufim (MJSE) ao longo do dia durante as estações sazonais do inverno, primavera e verão, em região de clima subtropical, Barra do Ribeiro, RS, Brasil



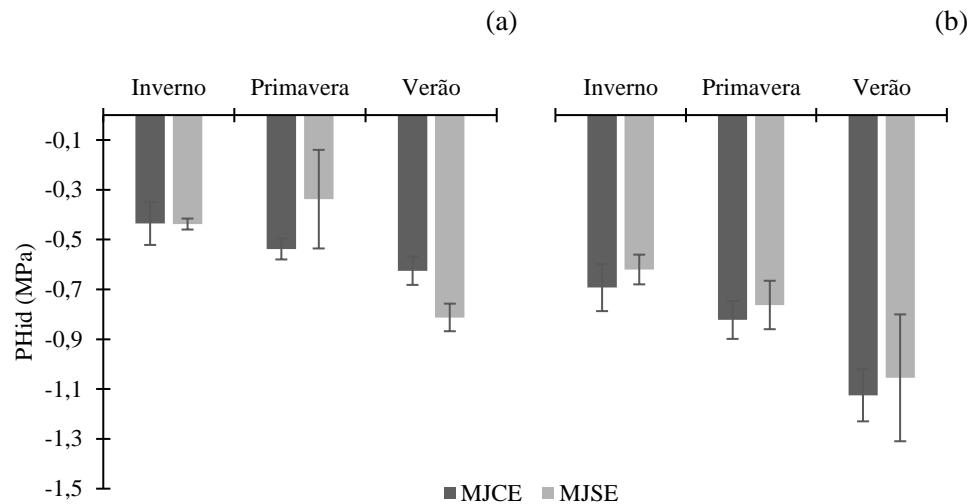
*Barras verticais indicam o desvio padrão.

Fonte: Autor (2022).

6.2 VARIÁVEIS FISIOLÓGICAS DAS MINICEPAS

O potencial hídrico (PHid) das minicepas apresentou elevada susceptibilidade ao efeito da sazonalidade (Figura 13). Para esse atributo foi observado que para ambos os horários de avaliações (04:00 h e 12:00 h) houve redução gradativa no potencial hídrico das minicepas ao longo das três estações. Além disso, verificou-se que durante o inverno a diferença entre o PHid da madrugada e do meio-dia foi de -0,22 ppm, enquanto na primavera e verão essa diferença foi de -0,35 e -0,37 ppm, respectivamente. Durante a madrugada o PHid do MJCE tende a ser igual ou maior ao do MJSE, em contrapartida, ao meio-dia o PHid do MJCE passa a ser menor que os valores observados para o MJSE, ou seja, manteve maior turgidez nas folhas.

Figura 13 – Potencial hídrico de minicepas do híbrido *C. torelliana* × *C. citriodora* nos minijardins clonais com estufim (MJCE) e sem estufim (MJSE) durante o meio-dia (a) e durante a madrugada (b) nas estações inverno, primavera e verão, em região de clima subtropical, Barra do Ribeiro, RS, Brasil



*Barras verticais indicam o desvio padrão.

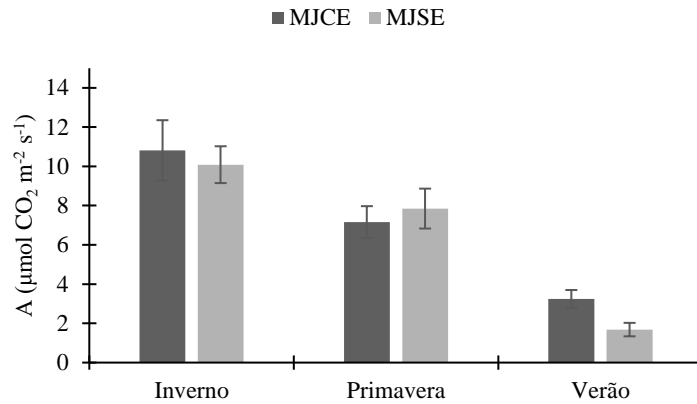
Fonte: Autor (2022).

Assim, como o potencial hídrico das minicepas a variável fisiológica assimilação máxima de CO₂ apresentou susceptibilidade ao efeito da sazonalidade. Pode-se observar que a assimilação das minicepas apresentou redução com o decorrer do ano (Figura 14) e, conseqüente chegada das estações quentes (primavera e verão). A assimilação média observada durante o inverno foi de 10,4 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, na primavera 7,5 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ e no verão igual a 2,5 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$.

Em relação aos ambientes estudados (MJCE e MJSE), o uso do estufim proporcionou a maior assimilação durante o inverno e verão, na primavera a maior média foi observada para o MJSE (Figura 14). Apesar destas tendências, o contraste observado entre os dois ambientes não foi considerável.

O rendimento quântico máximo do fotossistema II apresentou a mesma tendência de redução com a chegada das estações quentes, como as demais variáveis fisiológicas estudadas. A média geral para o inverno, primavera e verão foi de 0,84, 0,71 e 0,68, respectivamente. Durante o inverno e primavera, as médias da relação F_v/F_m para o MJCE e MJSE foram semelhantes, por outro lado, no verão os valores de F_v/F_m apresentaram maior contraste com maior média observada no MJSE (Figura 15).

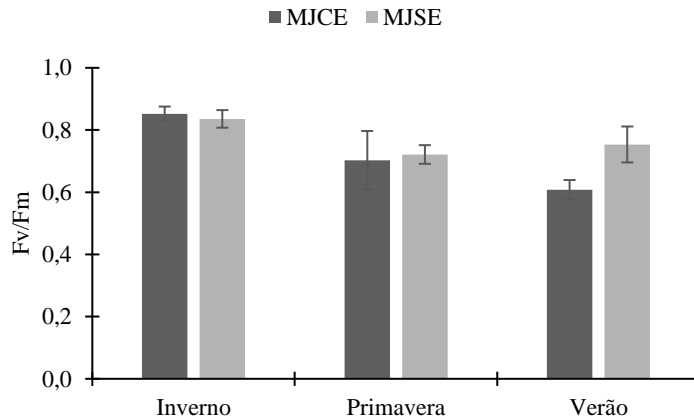
Figura 14 – Assimilação líquida de CO₂ de minicepas do híbrido *C. torelliana* × *C. citriodora* nos minijardins clonais com estufim (MJCE) e sem estufim (MJSE) durante as estações sazonais do inverno, primavera e verão, em região de clima subtropical, Barra do Ribeiro, RS, Brasil



*Barras verticais indicam o desvio padrão.

Fonte: Autor (2022).

Figura 15 – Rendimento quântico máximo do fotossistema II de minicepas do híbrido *C. torelliana* × *C. citriodora* nos minijardins clonais com estufim (MJCE) e sem estufim (MJSE) durante as estações sazonais do inverno, primavera e verão, em região de clima subtropical, Barra do Ribeiro, RS, Brasil



*Barras verticais indicam o desvio padrão.

Fonte: Autor (2022).

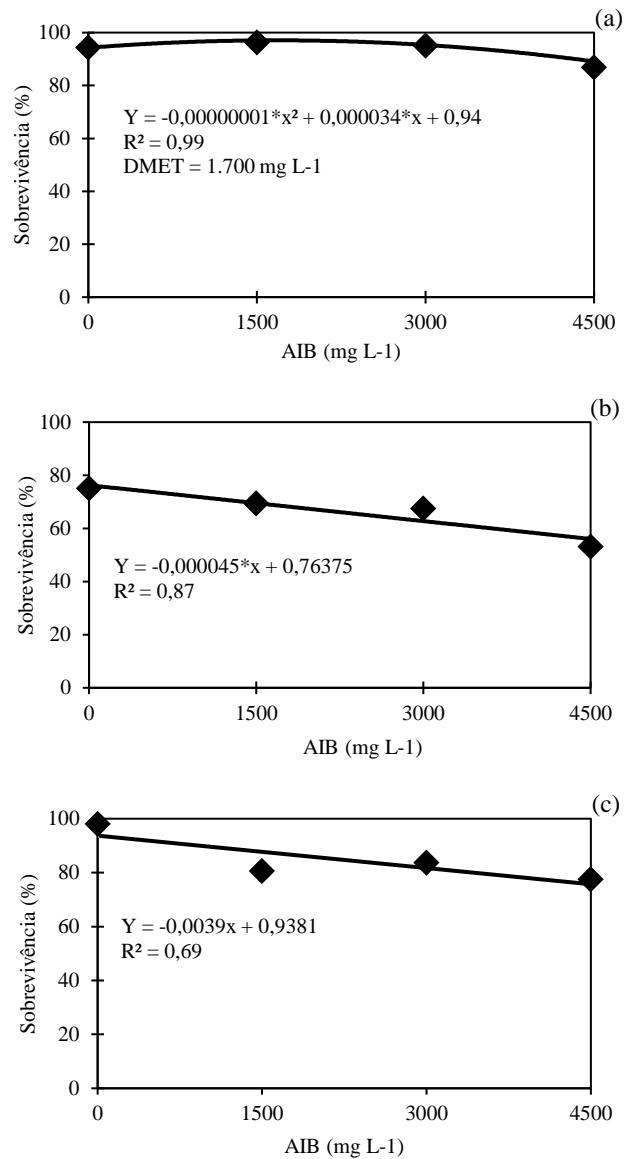
6.3 SOBREVIVÊNCIA DE MINIESTACAS

Os fatores MJ x CV x AIB não apresentaram interação significativa ($p > 0,05$) para a variável sobrevivência das miniestacas aos 30 dias após o estaqueamento. Entretanto, foi observado efeito isolado do fator AIB sobre a sobrevivência das miniestacas ($p < 0,05$) em

ambas as estações sazonais. No inverno, a sobrevivência das miniestacas apresentou comportamento quadrático em resposta ao uso do AIB (Figura 16a). Durante o inverno a dose de máxima eficiência técnica do AIB foi de 1.700 mg L^{-1} , resultando na taxa de sobrevivência de 96,9%. Entretanto, observa-se que o ganho obtido sobre a sobrevivência foi de aproximadamente 0,2 pontos percentuais. Doses acima de 1.700 mg L^{-1} reduziram a taxa de sobrevivência das miniestacas (Figura 16a).

Durante a primavera e verão (Figura 16b e 16c), a aplicação de diferentes doses de AIB na base das miniestacas apresentou comportamento linear negativo, implicando na redução da taxa de sobrevivência das miniestacas aos 30 dias após o estaqueamento. Na dose zero de AIB, o enraizamento das miniestacas foi 76,4 e 93,8% durante a primavera e verão, respectivamente. No inverno, mesmo sem a aplicação de AIB, verificou-se a maior taxa de sobrevivência (94%) comparado com as demais estações.

Figura 16 – Sobrevivência de miniestacas do híbrido *C. torelliana* × *C. citriodora* em resposta a aplicação de ácido indol-3-butírico (AIB) durante as estações inverno (a), primavera (b) e verão (c), em região de clima subtropical, Barra do Ribeiro, RS, Brasil



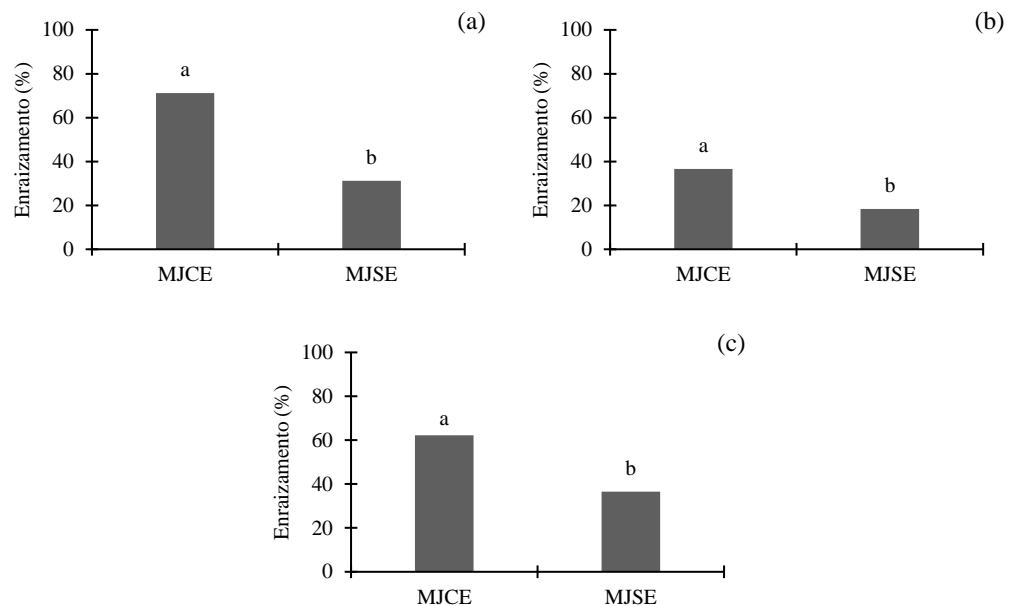
Fonte: Autor (2022).

6.4 ENRAIZAMENTO

Com relação a variável enraizamento das miniestacas aos 50 dias após o estaqueamento não houve interação ($p > 0,05$) entre os fatores MJ x CV x AIB. Para a variável enraizamento, foi observado efeito isolado do minijardim clonal em ambas as estações. O maior enraizamento das miniestacas (média geral) foi observado durante o inverno (51,2%), seguido pelo verão

(49,4%) e primavera (27,5%). Ao analisar os ambientes de produção de brotações (MJCE e MJSE) observa-se que as miniestacas produzidas no MJCE apresentaram o maior enraizamento (Figura 17), em ambas as estações sazonais. No inverno, o enraizamento obtido no MJCE foi igual a 71,2%, este percentual representa um aumento de 40 pontos percentuais comparado ao MJSE. Na primavera o enraizamento no MJCE foi de 36,7%, enquanto no verão foi de 62,2% (Figura 17b e 17c), tais valores representam um aumento de 18,3 e 25,6% quando comparado ao MJSE, respectivamente.

Figura 17 – Enraizamento de miniestacas do híbrido *C. torelliana* × *C. citriodora* com origem de brotações produzidas no minijardim clonal com estufim (MJCE) e sem estufim (MJSE) durante as estações inverno (a), primavera (b) e verão (c), em região de clima subtropical, Barra do Ribeiro, RS, Brasil



*Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Fisher (teste da diferença mínima significativa) com probabilidade de erro menor que a 5%.

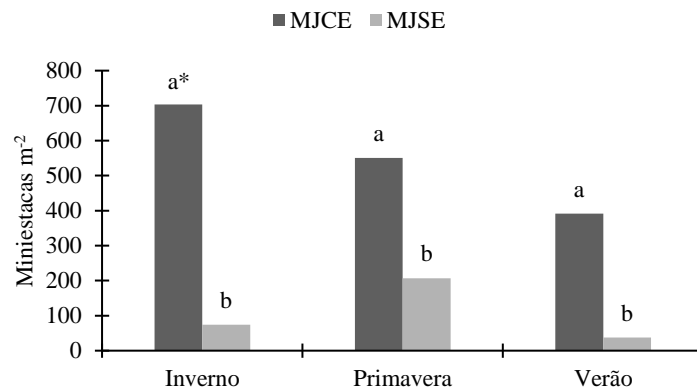
Fonte: Autor (2022).

6.5 PRODUTIVIDADE EFETIVA DO MINIJARDIM CLONAL

Assim como para as demais variáveis analisadas, a produtividade efetiva não apresentou interação ($p < 0,05$) entre os fatores estudados (MJ x CV x AIB). Entretanto, foi observado efeito isolado do MJ sobre a produtividade efetiva das miniestacas ($p < 0,05$). De modo geral, observou-se a maior produção de miniestacas cepa⁻¹ durante o inverno (703 miniestacas m⁻²),

seguido pela primavera (550 miniestacas m⁻²) e verão (391 miniestacas m⁻²) quando utilizado o estufim sobre o minijardim clonal (Figura 18). O MJCE representou aumento na produtividade efetiva das minicepas, cerca de 630 miniestacas enraizadas por m² a mais durante o inverno e, aproximadamente, 340 miniestacas enraizadas por m² durante a primavera e o verão.

Figura 18 – Produtividade efetiva de minicepas do híbrido *C. torelliana* × *C. citriodora* conduzidas em minijardim clonal com estufim (MJCE) e sem estufim (MJSE) durante as estações inverno, primavera e verão, em região de clima subtropical, Barra do Ribeiro, RS, Brasil



*Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Fisher (teste da diferença mínima significativa) com probabilidade de erro menor que a 5%.

Fonte: Autor, 2022.

6.6 QUALIDADE MORFOLÓGICA DAS MUDAS

A qualidade morfológica das mudas, demonstrou comportamento distinto nas diferentes estações estudadas. Durante o inverno, verificou-se interação entre o MJ e a CV para a variável DC (Tabela 1). As maiores médias de DC foram observadas quando as brotações foram produzidas em MJCE, independentemente do uso do estufim na casa de vegetação (3,18 mm e 3,05 mm para CVSE e CVCE, respectivamente). Para as demais variáveis estudadas (H, MSA, MSR, MST e IQD) houve efeito isolado da aplicação de AIB previamente ao estaqueamento (Tabela 1).

Tabela 1 – Qualidade morfológica de mudas clonais do híbrido *C. torelliana* × *C. citriodora* produzidas durante o inverno em região de clima subtropical, Barra do Ribeiro, RS, Brasil

	AIB (mg L ⁻¹)	MJCE			MJSE			Média Geral
		CVCE	CVSE	Média	CVCE	CVSE	Média	
H (cm)	0	26,88	29,88	28,38	24,38	24,31	24,34	26,36 **
	1500	24,81	26,25	25,53	23,25	18,88	21,06	23,30
	3000	27,56	25,88	26,72	24,13	20,38	22,25	24,48
	4500	23,38	25,69	24,53	22,75	22,13	22,44	23,48
	Média	25,66	26,92	26,29	23,63	21,42	22,52	24,41
DC (mm)	0	3,21	3,33	3,27	2,93	2,77	2,85	3,06
	1500	2,97	3,26	3,12	2,77	2,50	2,64	2,88
	3000	3,16	2,85	3,01	3,04	2,61	2,82	2,91
	4500	2,87	3,26	3,07	3,03	2,77	2,90	2,98
	Média	3,05 a	3,18 a	3,11	2,94 ab	2,66 b	2,80	2,96
H/DC^{ns}	0	8,44	9,00	8,72	8,58	8,79	8,68	8,70
	1500	8,40	7,97	8,18	8,36	7,62	7,99	8,08
	3000	8,75	9,09	8,92	8,18	7,95	8,07	8,49
	4500	8,64	7,88	8,26	7,53	8,05	7,79	8,02
	Média	8,56	8,49	8,52	8,16	8,10	8,13	8,33
MSA (g)	0	1,91	2,25	2,08	1,41	1,37	1,39	1,74 **
	1500	1,17	1,68	1,42	1,44	0,74	1,09	1,26
	3000	1,45	1,39	1,42	1,24	0,90	1,07	1,25
	4500	1,30	1,37	1,33	1,02	1,26	1,14	1,24
	Média	1,46	1,67	1,56	1,28	1,07	1,17	1,37
MSR (g)	0	0,33	0,37	0,35	0,30	0,33	0,31	0,33 **
	1500	0,22	0,39	0,31	0,37	0,15	0,26	0,28
	3000	0,34	0,22	0,28	0,32	0,13	0,22	0,25
	4500	0,22	0,17	0,19	0,16	0,24	0,20	0,19
	Média	0,28	0,29	0,28	0,29	0,21	0,25	0,27
MST (g)	0	2,24	2,63	2,43	1,71	1,70	1,70	2,07 **
	1500	1,39	2,07	1,73	1,80	0,89	1,34	1,54
	3000	1,79	1,61	1,70	1,57	1,03	1,30	1,50
	4500	1,52	1,54	1,53	1,17	1,50	1,33	1,43
	Média	1,74	1,96	1,85	1,56	1,28	1,42	1,63
IQD	0	0,16	0,16	0,16	0,12	0,13	0,13	0,14 **
	1500	0,10	0,16	0,13	0,15	0,07	0,11	0,12
	3000	0,14	0,10	0,12	0,13	0,07	0,10	0,11
	4500	0,10	0,10	0,10	0,08	0,11	0,10	0,10
	Média	0,13	0,13	0,13	0,12	0,10	0,11	0,12

Onde: MJCE: minijardim clonal com estufim; MJSE: minijardim clonal sem estufim; CVCE: casa de vegetação com estufim; CVSE: casa de vegetação sem estufim; AIB: ácido indol-3-butírico; H: altura; DC: diâmetro do colo; H/DC: relação altura diâmetro do colo; MSA: matéria seca da parte aérea; MSR: matéria seca radicular; MST: matéria seca total; IQD: índice de qualidade de Dickson. **: efeito significativo da aplicação de AIB ($p < 0,05$). Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas não diferem entre si pelo teste de Fisher ($p > 0,05$).

Das cinco variáveis que apresentaram efeito isolado, a H, MSR, MST e IQD apresentaram comportamento linear negativo, ou seja, com o aumento das doses de AIB houve a redução da altura total das mudas bem como a MSR, MST refletindo no IQD (Tabela 1.1). Para a variável MSA, foi observado comportamento quadrático negativo, do mesmo modo que para as demais variáveis, a aplicação de AIB reduziu a biomassa aérea das mudas aos 120 dias após o estaqueamento (Tabela 2).

Tabela 2 – Modelos de regressão para a determinação da qualidade morfológica de mudas clonais de *C. torelliana* × *C. citriodora* em resposta a aplicação de AIB, durante o inverno em região de clima subtropical, Barra do Ribeiro, RS, Brasil

Variável (y)	$y = b_0 \pm b_1 \cdot x \pm b_2 \cdot x^2 \pm b_3 \cdot x^3$				R ²	DMET (AIB mg L ⁻¹)
	b ₀	b ₁	b ₂	b ₃		
H (cm)	25,52	-4,96E-04	-	-	0,47	-
MSA (g)	1,71	-3,35E-04	5,20E-08	-	0,94	-
MSR (g)	0,33	-2,96E-05	-	-	0,98	-
MST (g)	1,93	-1,30E-04	-	-	0,74	-
IQD	0,14	-9,64E-06	-	-	0,96	-

Onde: AIB: ácido indol-3-butírico; H: altura; MSA: massa seca da parte aérea; MSR: massa seca radicular; MST: massa seca total; IQD: índice de qualidade de Dickson. R²: coeficiente de determinação.

Fonte: Autor (2022).

Durante a primavera, foi verificado interação significativa ($p < 0,05$) entre os fatores MJ e CV para ambas as variáveis morfológicas, exceto para a relação H/DC que não houve efeito significativo dos tratamentos avaliados. Nesta estação sazonal verificou-se que a utilização conjunta do estufim, durante a produção das brotações e enraizamento das miniestacas (MJCE e CVCE), potencializou a qualidade morfológica das mudas (Tabela 3).

No verão, foi observado efeito significativo somente para o fator casa de vegetação, não havendo interação ou efeito isolado entre os demais fatores testados para ambas as variáveis morfológicas. Neste sentido, o uso do estufim na casa de vegetação, independentemente do ambiente de produção de brotações adotado (MJCE ou MJSE) potencializa a qualidade morfológica das mudas (Tabela 4).

Tabela 3 – Qualidade morfológica de mudas clonais do híbrido *C. torelliana* × *C. citriodora* produzidas durante a primavera em região de clima subtropical, Barra do Ribeiro, RS, Brasil

	AIB (mg L ⁻¹)	MJCE			MJSE			Média Geral
		CVCE	CVSE	Média	CVCE	CVSE	Média	
H (cm)	0	24,76	20,50	22,63	17,38	19,81	18,59	20,61
	1500	22,24	20,44	21,34	23,48	18,00	21,65	21,47
	3000	22,86	18,73	20,79	12,90	20,68	18,08	19,63
	4500	20,57	19,80	20,13		19,25	19,25	19,93
	Média	22,61 a	19,87 b	21,22	17,92 b	19,43 b	19,39	20,41
DC (mm)	0	3,39	2,71	3,05	2,58	2,68	2,63	2,84
	1500	3,27	2,84	3,06	2,87	2,46	2,73	2,92
	3000	3,30	2,64	2,97	2,13	3,09	2,77	2,89
	4500	3,04	2,60	2,79		2,73	2,73	2,78
	Média	3,25 a	2,70 b	2,97	2,53 b	2,74 b	2,72	2,85
H/DC^{ns}	0	7,35	7,53	7,44	6,76	7,35	7,06	7,25
	1500	6,82	7,24	7,03	8,23	7,40	7,96	7,43
	3000	6,94	7,09	7,02	6,14	6,75	6,54	6,81
	4500	6,86	7,70	7,34		7,05	7,05	7,27
	Média	6,99	7,39	7,21	7,04	7,14	7,15	7,19
MSA (g)	0	1,56	0,85	1,20	0,75	0,99	0,87	1,04
	1500	1,09	0,82	0,95	1,07	0,65	0,93	0,94
	3000	1,34	0,64	0,99	0,27	0,76	0,59	0,82
	4500	1,01	0,59	0,77		0,67	0,67	0,74
	Média	1,25 a	0,72 b	0,98	0,69 b	0,76 b	0,76	0,89
MSR (g)	0	0,72	0,28	0,50	0,31	0,47	0,44	0,47
	1500	0,46	0,33	0,41	0,45	0,24	0,37	0,39
	3000	0,62	0,23	0,46	0,12	0,34	0,27	0,37
	4500	0,44	0,27	0,37		0,20	0,20	0,34
	Média	0,56 a	0,28 b	0,43	0,29 b	0,31 b	0,32	0,39
MST (g)	0	2,28	1,12	1,70	0,82	1,46	1,14	1,42
	1500	1,55	1,07	1,31	1,41	0,88	1,23	1,28
	3000	1,97	0,81	1,39	0,39	1,10	0,86	1,16
	4500	1,45	0,72	1,03		0,76	0,76	0,97
	Média	1,81 a	0,93 b	1,36	0,87 b	1,05 b	1,00	1,21
IQD	0	0,24	0,10	0,17	0,10	0,15	0,13	0,15
	1500	0,17	0,11	0,14	0,13	0,09	0,12	0,13
	3000	0,22	0,08	0,15	0,05	0,12	0,10	0,13
	4500	0,16	0,07	0,11		0,08	0,08	0,10
	Média	0,20 a	0,09 c	0,14	0,09 bc	0,11 b	0,11	0,13

Onde: MJCE: minijardim clonal com estufim; MJSE: minijardim clonal sem estufim; CVCE: casa de vegetação com estufim; CVSE: casa de vegetação sem estufim; AIB: ácido indol-3-butírico; H: altura; DC: diâmetro do colo; H/DC: relação altura diâmetro do colo; MSA: matéria seca da parte aérea; MSR: matéria seca radicular; MST: matéria seca total; IQD: índice de qualidade de Dickson. Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas não diferem entre si pelo teste de Fisher ($p > 0,05$).

Tabela 4 – Qualidade morfológica de mudas clonais do híbrido *C. torelliana* × *C. citriodora* produzidas durante o verão em região de clima subtropical, Barra do Ribeiro, RS, Brasil

	AIB (mg L ⁻¹)	MJCE			MJSE			Média Geral
		CVCE	CVSE	Média	CVCE	CVSE	Média	
H (cm)	0	22,75	18,88	20,81	22,63	19,50	21,06	20,94
	1500	23,67	18,25	20,57	16,25	15,67	16,00	18,29
	3000	22,13	20,50	21,31	19,00	12,13	15,07	18,40
	4500	24,00	16,17	19,30	16,75	12,30	13,78	16,29
	Média	23,14 a	18,45 b	20,50	18,66 a	14,90 b	16,48	18,48
DC (mm)	0	2,92	2,57	2,75	3,26	3,48	3,37	3,06
	1500	3,11	2,74	2,90	2,84	2,60	2,74	2,82
	3000	3,08	2,94	3,01	2,98	2,16	2,51	2,78
	4500	2,88	2,50	2,65	2,39	2,10	2,20	2,40
	Média	3,00 a	2,69 b	2,83	2,87 a	2,58 b	2,70	2,76
H/DC	0	7,76	7,41	7,58	6,91	5,72	6,31	6,95
	1500	7,62	6,83	7,17	5,89	5,94	5,91	6,54
	3000	7,26	6,97	7,11	6,57	5,75	6,10	6,64
	4500	8,15	6,50	7,16	7,00	6,09	6,40	6,74
	Média	7,70 a	6,93 b	7,26	6,59 a	5,88 b	6,18	6,72
MSA (g)	0	1,33	0,89	1,11	0,71	1,33	1,02	1,06
	1500	1,21	0,68	0,91	0,92	0,77	0,85	0,88
	3000	0,96	1,00	0,98	0,75	0,34	0,52	0,76
	4500	1,45	0,43	0,84	0,64	0,33	0,44	0,62
	Média	1,24 a	0,75 b	0,96	0,76 a	0,69 b	0,71	0,83
MSR (g)	0	0,45	0,41	0,43	0,41	0,45	0,43	0,43
	1500	0,42	0,28	0,34	0,26	0,31	0,28	0,31
	3000	0,29	0,26	0,28	0,31	0,11	0,19	0,24
	4500	0,45	0,16	0,28	0,19	0,08	0,12	0,19
	Média	0,40 a	0,28 b	0,33	0,29 a	0,24 b	0,25	0,29
MST (g)	0	1,78	1,30	1,54	1,12	1,78	1,45	1,49
	1500	1,63	0,96	1,25	0,95	1,08	1,00	1,12
	3000	1,25	1,26	1,26	1,06	0,45	0,71	1,00
	4500	1,90	0,59	1,11	0,83	0,42	0,56	0,81
	Média	1,64 a	1,03 b	1,29	0,99 a	0,93 b	0,93	1,11
IQD	0	0,16	0,14	0,15	0,13	0,21	0,17	0,16
	1500	0,15	0,11	0,13	0,09	0,12	0,11	0,12
	3000	0,12	0,11	0,11	0,12	0,05	0,08	0,10
	4500	0,16	0,06	0,10	0,08	0,04	0,05	0,08
	Média	0,15 a	0,11 b	0,12	0,11 a	0,11 b	0,10	0,11

Onde: MJCE: minijardim clonal com estufim; MJSE: minijardim clonal sem estufim; CVCE: casa de vegetação com estufim; CVSE: casa de vegetação sem estufim; AIB: ácido indol-3-butírico; H: altura; DC: diâmetro do colo; H/DC: relação altura diâmetro do colo; MSA: matéria seca da parte aérea; MSR: matéria seca radicular; MST: matéria seca total; IQD: índice de qualidade de Dickson. Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas não diferem entre si pelo teste de Fisher ($p > 0,05$).

7 DISCUSSÃO

Diferentes fatores, relacionados ao ambiente e ao manejo adotado para a produção de mudas clonais do híbrido *C. torelliana* × *C. citriodora*, influenciaram diretamente nos índices de sobrevivência, enraizamento e produtividade efetiva, bem como na qualidade das mudas. Tais observações corroboram com a teoria de Assis e Teixeira (1998), Cunha et al. (2009) e Hartmann et al. (2011), referente a complexidade de interações que existem no processo de enraizamento adventício e, conseqüentemente, na produção de mudas clonais em larga escala.

Entretanto, verificou-se que existem fatores macro ambientais e micro ambientais que influenciam na produção de mudas clonais do híbrido *C. torelliana* × *C. citriodora*. Nesse sentido, a segregação destes fatores auxilia no entendimento do processo de produção de mudas clonais e subsidia informações para a tomada de decisão na inclusão do material genético estudado em programas de reflorestamento, bem como para orientar novos estudos com outros materiais genéticos do gênero *Corymbia*.

No fator classificado como macro ambiental, podemos enfatizar os efeitos observados pela sazonalidade sobre a produção de *C. torelliana* × *C. citriodora*. Por se tratar de uma região com clima subtropical em que as estações sazonais são bem definidas, o contraste das variáveis ambientais analisadas entre as estações inverno e verão durante a condução da pesquisa foram expressivas. Além da temperatura e umidade relativa do ar, há o possível efeito do fotoperíodo sobre a produção de mudas clonais (ALFENAS et al., 2009), que em regiões subtropicais também é intensificado pelo efeito da sazonalidade. No caso de clones do gênero *Corymbia*, estes fatores devem ser levados em consideração devido as zonas climáticas de sua ocorrência natural (FLORES et al., 2016) e aptidões específicas de cada espécie que compõem o gênero. Além disso, estudos tem demonstrado que materiais do gênero *Corymbia* apresentam certos níveis de especificidade à determinadas estações sazonais como o inverno (COSTELLA, 2021; LIMA et al., 2021a).

Por outro lado, no fator classificado como micro ambiental, pode-se destacar o efeito das variáveis ambientais medidas causado pelo manejo adotado para a produção de mudas clonais do híbrido *C. torelliana* × *C. citriodora*, pois como observado, diante do uso do estufim em pelo menos uma das etapas de produção houve ganhos significativos nos índices de aproveitamento (sobrevivência, enraizamento e produtividade efetiva) e na qualidade morfológica das mudas. Diferentemente do fator macro ambiental, o fator micro ambiental pode ser facilmente manejado e quando realizado de forma correta pode resultar em alterações na temperatura, umidade relativa do ar e concentração de CO₂. Entretanto, destaca-se que o

principal ganho com este fator é a redução das oscilações das variáveis ambientais ao longo do período de produção das mudas. As alterações ambientais observadas na pesquisa, em detrimento da utilização do estufim durante a produção de mudas clonais, corroboram com outros estudos realizados por Assis (2011), Batista et al. (2015), Oliveira (2016) e Lima et al. (2021) onde constatou-se o aumento da temperatura e da umidade, bem como o acréscimo da disponibilidade de CO₂ para as minicepas com o uso desta estrutura sobre o minijardim clonal.

Entretanto, as respostas ambientais observadas com a utilização do estufim no minijardim clonal e na casa de vegetação são distintas, destacando-se que neste segundo ambiente a influência do estufim foi pouco expressiva, nas três estações. Isto ocorre, pois, a casa de vegetação é um ambiente com maior controle das condições ambientais, principalmente devido o controle da umidade com irrigações frequentes e abertura das janelas laterais e/ou zenitais. Tal nível de controle não é obtido no minijardim clonal devido as dimensões deste ambiente de produção e manejo da irrigação. Além disso, o minijardim clonal é um ambiente amplo com maior circulação de ar. Diante disso, o estufim, quando fechado, evita a circulação do ar sobre as minicepas, mantendo a temperatura, a umidade relativa do ar e evita a dissipação do CO₂ para o restante do ambiente (LIMA et al., 2021a).

Ao relacionarmos os efeitos macro e micro ambientais com o status fisiológico das minicepas no momento da coleta das brotações, foi verificado que o fator macro ambiental foi mais expressivo, isto é, a sazonalidade teve forte influência sobre a condição fisiológica do material propagado. Além disso, foi observado que o aumento da temperatura, redução da umidade relativa do ar e da umidade do substrato resultou na redução da turgescência das folhas (menor PH_{id}) das minicepas em ambas as avaliações (madrugada e meio-dia). Segundo Xavier et al. (2013), Puri e Thompson (2003) e Rajagopal e Andersen (1980), o balanço hídrico das miniestacas deve ser mantido positivo, ou preferencialmente em seu valor máximo de turgor, pois, diante da ausência de um sistema radicular, fato este que impede a absorção de água e reidratação dos tecidos, as miniestacas poderão ser levadas a morte, assim como terão menor capacidade de iniciar a formação de raízes adventícias. Segundo Taiz et al. (2017), valores de potencial hídrico menores que -0,25 MPa passam a comprometer o metabolismo das plantas e os processos fisiológicos, como a expansão celular, síntese de parede e a síntese proteica.

Deste modo, os materiais propagados com menor potencial hídrico podem apresentar maior susceptibilidade as adversidades o que irá comprometer a sobrevivência dos propágulos e inibir o desenvolvimento de raízes adventícias. Diante do exposto, as menores taxas de sobrevivência e enraizamento adventício observadas na primavera pode estar associada a um destes eventos de adversidade, bem como o aumento excessivo da temperatura em determinado

momento, principalmente na fase de enraizamento, enquanto não houve a desdiferenciação celular, e em virtude do menor potencial hídrico do material propagado. Com base nos resultados de potencial hídrico verificados no inverno (referência devido ao melhor enraizamento das miniestacas), recomenda-se que o manejo do minijardim clonal proporcione condições de turgidez das miniestacas superiores a $-0,7$ MPa ou próximos a $0,25$ MPa, conforme descrito por Taiz et al. (2017).

Além da redução do potencial hídrico com a chegada da estação quente (verão), houve a redução na assimilação líquida de CO_2 pelas minicepas do híbrido *C. torelliana* \times *C. citriodora* e do rendimento quântico máximo do fotossistema II, indicando que durante o momento de coleta e propagação vegetativa as minicepas apresentavam condições de estresse fisiológico (KONRAD et al., 2005; ZANANDREA et al., 2006) causado pela maior temperatura, menor umidade relativa do ar e disponibilidade hídrica. Segundo Costa et al. (2013) e Hartmann et al. (2011) a temperatura é o fator mais crítico durante a propagação de plantas, pois implica diretamente nos processos fisiológicos e mesmo em condições de umidade ótima, a temperatura elevada, pode causar o déficit hídrico das minicepas e miniestacas, prejudicando o processo de divisão celular. Os resultados obtidos nesta pesquisa corroboram com Costa et al. (2013) e Hartmann et al. (2011), pois indicam que durante períodos quentes as minicepas de *C. torelliana* \times *C. citriodora* reduzem a suas atividades metabólicas e segundo Alfenas et al. (2009), os produtos da fotossíntese (carboidratos e reguladores de crescimento) são fundamentais para a formação de raízes adventícias. Assim, os ambientes de produção devem ser manejados visando manter o equilíbrio entre as variáveis ambientais, não restringindo-se a adequação de uma única variável.

Portanto, em acordo com outros autores (TOMBESI et al., 2015; TRUEMAN et al., 2013), a estação sazonal em que é realizada a coleta e propagação do material vegetal é um dos fatores que deve ser ponderado durante a produção de mudas clonais. Bem como a utilização do estufim no minijardim clonal, tendo em vista os ganhos obtidos no aproveitamento final do material propagado na saída da casa de vegetação (50 d.a.e.). Para o clone do híbrido *C. torelliana* \times *C. citriodora*, utilizado nesta pesquisa, a estação do inverno, com o uso do estufim é o manejo mais adequado para o clone quando o objetivo dos viveiristas for a obtenção do maior aproveitamento das brotações produzidas, ou seja, maior produtividade efetiva e qualidade morfológica das mudas adequada para a expedição a campo.

Os resultados obtidos na pesquisa demonstraram que o clone do híbrido *C. torelliana* \times *C. citriodora* não necessita de aplicação de AIB para complementar os níveis de hormônios de crescimento endógenos, já que a aplicação de doses crescentes de AIB apresentou efeito

negativo na produção de mudas clonais. Tal efeito pode ser observado na sobrevivência das miniestacas durante as três estações sazonais. Em estudos realizados por Wendling et al. (2000) e Titon et al. (2003) foi verificado que a aplicação de doses crescentes de AIB resultou em incremento nas taxas de sobrevivência e enraizamento das miniestacas de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden. Por outro lado, Goulart et al. (2008) observou efeito de fitotoxicidade causado pela aplicação de AIB em miniestacas de *Eucalyptus grandis* × *Eucalyptus urophylla* as quais apresentaram elevado grau de mortalidade com o acréscimo das doses do hormônio. Isto indica que cada material genético responde de forma distinta ao uso de hormônios de crescimento, sendo que alguns são mais reativos que outros (NAGAOKA et al., 2013).

Neste caso, os resultados obtidos na presente pesquisa indicam que o balanço hormonal do híbrido *C. torelliana* × *C. citriodora* pode estar dentro de uma faixa adequada, pois a aplicação de doses crescentes implicou em efeito negativo na produção de mudas clonais do híbrido. Tal efeito, pode estar associado a fitotoxicidade causado pela aplicação de AIB na base das miniestacas durante a propagação (GOULART et al., 2008) a qual perpetuou-se até os 120 dias após o estaqueamento durante o inverno. Em estudo realizado por Ohland et al. (2009) foi verificado que, apesar do AIB ter potencializado o enraizamento de miniestacas de uma espécie do gênero *Ficus*, houve a redução na qualidade do sistema radicular das mudas (comprimento de raízes), tal efeito, segundo o autor, pode resultar em mudas de menor qualidade.

Diante disso, pressupõe-se que o sucesso na produção de mudas clonais (taxas de aproveitamento superiores a 70%) de *Corymbia* está associada a eventos ambientais propulsores (gatilho) como a determinação de temperatura, umidade e disponibilidade hídrica ideais, seja no minijardim clonal ou na casa de vegetação, e não diretamente a questões hormonais. Entretanto, os melhores resultados obtidos para o clone no inverno podem divergir àqueles observados para outros clones do mesmo gênero ou mesma progênie, tendo em vista que a expressão do genótipo em relação ao ambiente pode apresentar variação, em virtude dos diferentes níveis de auxinas endógenas sintetizadas pelo clone (LING; ZHONG, 2012).

Além deste resultado, observou-se que apesar do AIB ter reduzido a sobrevivência das miniestacas em todas as estações, a sua resposta na qualidade morfológica das mudas foi observada somente durante o inverno. Isso pode ter ocorrido por se tratar de uma estação em que, mesmo para espécies de clima subtropical, há a desaceleração no crescimento, resultando no repouso vegetativo e no acúmulo de reservas (ALCANTARA et al., 2007). Deste modo, a aplicação de AIB na base das miniestacas pode ter elevado os níveis da auxina a valores críticos prejudicando o crescimento vegetativo das mudas. Os resultados obtidos por Quintão et al. (2008) demonstraram que doses elevadas de AIB (8.000 mg L⁻¹) reduziram o crescimento de

mudas da espécie *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake, em estudo realizado por Nagaoka et al. (2013), constatou-se que a aplicação de diferentes doses de AIB reduziram a produção de brotações de *Ilex paraguariensis* St. Hill. Estes resultados corroboram com o observado na presente pesquisa, confirmando que níveis elevados de AIB podem apresentar reflexos no desenvolvimento das mudas após a fase de enraizamento das miniestacas. Entretanto, destaca-se que o conhecimento sobre teores de auxina endógena e os efeitos do AIB na qualidade morfológica das mudas é insipiente e necessita de novos estudos.

8 CONCLUSÃO

A produção de mudas clonais de híbrido *C. torelliana* × *C. citriodora* deve ser priorizada durante os períodos frios do ano (inverno), pois apesar da temperatura do ar baixa, a umidade relativa do ar elevada potencializa o enraizamento e, conseqüentemente, a produtividade efetiva. Quando produzidas durante períodos quentes, a umidade do substrato e relativa do ar devem ser mantidas elevadas conforme verificado no inverno, visando manter a turgescência das minicepas elevada.

A utilização do estufim no MJC promove alterações no microambiente em que as minicepas são produzidas. Deste modo, é recomendado a utilização do estufim sobre o MJC durante a produção de brotações (inverno, primavera e verão), visando o aumento do enraizamento, produtividade efetiva e qualidade morfológica das mudas.

A aplicação do AIB na produção de mudas clonais do híbrido *C. torelliana* × *C. citriodora* não é recomendada, pois não apresenta ganhos no aproveitamento final das miniestacas nas estações inverno, primavera e verão, bem como não proporciona ganhos para a qualidade morfológica das mudas aos 120 dias após o estaqueamento durante o inverno.

Os resultados obtidos na presente pesquisa durante a estação inverno e com o uso do estufim no minijardim clonal, mostraram-se promissores e poderão servir como indicadores para potencializar a produção clonal de *Corymbia*. Entretanto, ainda existem lacunas no conhecimento até a obtenção do estado da arte da produção clonal do gênero *Corymbia*. Diante disso, e com base nos resultados obtidos, recomenda-se novos estudos visando a obtenção de faixas de temperatura, umidade e concentração de CO₂ mais precisas, bem como das variáveis fisiológicas estudadas. Além disso, são necessários novos estudos visando elucidar o efeito de reguladores de crescimento como o AIB sobre a qualidade das mudas.

REFERÊNCIAS

- AHUJA, Mulkh-Raj; LIBBY, William J. 1993a. **Clonal forestry I: Genetics and biotechnology**. (eds) Berlin: Springer-Verlag. 277 p.
- AHUJA, Mulkh-Raj; LIBBY, William J. 1993b. **Clonal forestry I: Conservation and application**. (eds) Berlin: Springer-Verlag. 240 p.
- BATISTA, Alan F. *et al.* The use of mini-tunnels and the effects of seasonality in the clonal propagation of *Eucalyptus* in a subtropical environment, **Australian Forestry**, 78:2, 65-72, 2015. DOI: 10.1080/00049158.2015.1039162.
- ALCANTARA, Giovana Bomfim de *et al.* Efeito da idade da muda e da estação do ano no enraizamento de miniestacas de *Pinus taeda* L. **Revista Árvore**, v. 31, n. 3, p. 399-404, 2007.
- ALFENAS, Acelino Couto *et al.* **Clonagem e doenças do eucalipto**. 1. ed. Viçosa: UFV, 2004. 442 p.
- ALFENAS, Acelino Couto *et al.* **Clonagem do eucalipto**. In: Clonagem e doenças do eucalipto. 1. ed. Viçosa: UFV, 2009. p. 500.
- ASSIS, Teotônio Francisco; MAFIA, Reginaldo Gonçalves. **Hibridação e clonagem**, pp. 93-121. In: A. BORÉM (ed). Biotecnologia Florestal. Viçosa. 2007
- ASSIS, Teotônio Francisco. Hybrids and mini-cutting: a powerful combination that has revolutionized the *Eucalyptus* clonal forestry. **BMC Proceedings**, 2011; 5 (Suppl 7):I18. doi: 10.1186/1753-6561-5-S7-I18.
- ASSIS, Teotônio Francisco. Melhoramento genético de *Eucalyptus*: Desafios e Perspectivas. **3º Encontro Brasileiro de Silvicultura**, Nova Lima, p. 127–148, 2014.
- ASSIS, Teotônio Francisco. **Production and use of *Eucalyptus* hybrids for industrial purposes**. In: QFRI/CRC-SPF SYMPOSIUM, 2000, Noosa, Queensland. Hybrid breeding and genetics of forest trees: proceedings. Brisbane: Department of Primary Industries, 2000. p. 63-75.
- ASSIS, Teotônio Francisco; TEIXEIRA, S.L. **Enraizamento de plantas lenhosas**. In: TORRES, A.C.; CALDAS, L.S. & BUSO, J.A. Cultura de tecidos e transformação genética de plantas. Brasília, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 1998. v.1. p.261-296.
- BATISTA, Alan F. *et al.* The use of mini-tunnels and the effects of seasonality in the clonal propagation of *Eucalyptus* in a subtropical environment. **Australian Forestry**, v. 78, n. 2, p. 65-72, 2015.
- BERNARDI, Marlon Rodrigo *et al.* Crescimento de mudas de *Corymbia citriodora* em função do uso de hidrogel e adubação. **Cerne**, v. 18, n. 1, p. 67-74, 2012.
- BRAWNER, Jeremy T. *et al.* Relationships between early growth and Quambalaria shoot blight tolerance in *Corymbia citriodora* progeny trials established in Queensland, Australia. **Tree Genet Genomes**. 7:759–772. 2011.

BRAWNER, Jeremy T. *et al.* Selection of *Corymbia citriodora* for pulp productivity. **Southern Forests: a Journal of Forest Science**, v. 74, n. 2, p. 121-131, 2012.

BRONDANI, Gilvano E. *et al.* Miniestaquia de *Eucalyptus benthamii* × *Eucalyptus dunnii*: (ii) sobrevivência e enraizamento de miniestacas em função das coletas e estações do ano. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 20, n. 3, p. 453–465, 2010.

BRYANT, Philippa H.; TRUEMAN, Stephen J. Stem anatomy and adventitious root formation in cuttings of *Angophora*, *Corymbia* and *Eucalyptus*. **Forests**, v. 6, n. 4, p. 1227-1238, 2015.

CIAVATTA, Simone F. **Fertirrigação na produção e qualidade de mudas de *Eucalyptus* spp. nos períodos de inverno e verão**. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Faculdade de Ciências Agronomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, SP, 2010. Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/handle/11449/99751>>. Acesso em: 22 maio 2022.

COSTA, Cibele T. *et al.* When stress and development go hand in hand: main hormonal controls of adventitious rooting in cuttings. **Frontiers in plant science**, v. 4, p. 133, 2013.

COSTELLA, Claudia. *et al.* Inputs optimization in the seedlings production of *Corymbia citriodora* and *Eucalyptus dunnii*. **Floresta**, v. 52, n. 1, p. 103-112, 2022.

COSTELLA, Claudia. **O uso do estufim e a sazonalidade na produção de mudas de materiais genéticos recalitrantes ao enraizamento**. 2021. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2021. Disponível em:<<https://repositorio.ufsm.br/handle/1/22717>>. Acesso em: 22 maio 2022.

CUNHA, Ana Catarina M. C. M. *et al.* Relação do estado nutricional de minicepas com o enraizamento de miniestacas de eucalipto. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, n. 3, p. 591-599, jun. 2009.

DAMACENA, Michelle B. *et al.* **Melhoramento genético para redução de kino em clones híbridos de *Corymbia***. Boletim Técnico SIF, p. 07, 2021.

DE ALMEIDA, Márcia R. *et al.* Proteomic profiles during adventitious rooting of *Eucalyptus* species relevant to the cellulose industry. **New For**. 51:213–241. 2020. [https:// doi. org/ 10. 1007/ s11056- 019- 09728-7](https://doi.org/10.1007/s11056-019-09728-7).

DIANESE, Jose C.; *et al.* Screening *Eucalyptus* species for rust resistance in Bahia, Brazil. **Trop Pest Manag**. 32:292–295. 1986.

DIAS, Poliana. C. *et al.* Estaquia e miniestaquia de espécies florestais lenhosas do Brasil. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 32, p. 72, p. 453-462, 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.4336/2012.pfb.32.72.453>

DICKINSON, Geoffrey R. *et al.* Reciprocal and advanced generation hybrids between *Corymbia citriodora* and *C. torelliana*: forestry breeding and the risk of gene flow. **Annals of Forest Science**, v. 70, n. 1, p. 1-10, 2013.

DRUEGE U. *et al.* Molecular and physiological control of adventitious rooting in cuttings: phytohormone action meets resource allocation. **Annals of Botany** 123: 929-949. 2019.

ELDRIDGE, K. *et al.* Mass vegetative propagation. In: ELDRIDGE, K. *et al.* Eucalypt domestication and breeding. **Oxford: Clarendon Press**, 1994, p. 228-246.

FLORES, Thiago. B. *et al.* ***Eucalyptus* no Brasil: zoneamento climático e guia para identificação** (p. 447). Piracicaba: IPEF. 2016.

FOREST STEWARDSHIP COUNCIL (FSC). **Strategic review on the future of forest plantations**. Helsinki, Finland. 2012. Disponível em:<<http://www.fao.org/forestry/42701-090e8a9fd4969cb334b2ae7957d7b1505.pdf>>. Acesso: 22 maio 2022.

FREITAS, Teresa A. S. *et al.* Desempenho radicular de mudas de eucalipto produzidas em diferentes recipientes e substratos. **Revista Árvore**, v.29, p.853-861, 2005.

GARDNER, Raw *et al.* Wood and fibre productivity potential of promising new eucalypt species for coastal Zululand, South Africa. **Aust For**, 70(1):37-47. 2007.

GOMES, José M.; PAIVA, Haroldo. N. **Viveiros florestais (propagação assexuada)**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2006.

GOULART, Patrícia B. *et al.* Efeito dos reguladores de crescimento AIB e ANA no enraizamento de miniestacas de clones de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*. **Revista Árvore**, v. 32, n. 6, p. 1051-1058, 2008.

HARTMANN, Hudson T. *et al.* **Plant propagation principles and practices**. 1. ed. Pearson Education Limited, 2014, p. 927.

HILL, Ken D. *et al.* Systematic studies in the eucalypts 7. A revision of the bloodwoods, genus *Corymbia* (*Myrtaceae*). **Telopea**, v. 6, n. 2/3, p. 185-504, 1995.

IBÁ. **Anuário estatístico do IBÁ**. Ano base 2020. Indústria brasileira de árvores. Associação Brasileira de Árvores, 2021. Disponível em:<<http://abpa-br.org/relatorios/>>. Acesso em: 22 maio 2022

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Plataforma sidra. Brasília, 2018. Disponível em:<<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5930>>. Acesso em: 22 maio 2022.

KONRAD, M. L. F. *et al.* Trocas gasosas e fluorescência da clorofila em seis cultivares de cafeeiro sob estresse de alumínio. **Bragantia**. Campinas, v.64, n.3, p.339-347, 2005.

KONZEN, E. R. *et al.* **Produção de mudas por propagação vegetativa**. In: Produção de sementes florestais: um enfoque a silvicultura. 1. ed. Santa Maria: Editora UFSM, 2018. p. 448.

LEE, David J. Achievements in forest tree genetic improvement in Australia and New Zealand 2: Development of *Corymbia* species and hybrids for plantations in eastern Australia. **Australian Forestry**, v. 70, n. 1, p. 11-16, 2007.

- LEE, David J. *et al.* Diskinson GR. Comparative performance of *Corymbia* hybrids and parental species in subtropical Queensland and implications for breeding and deployment. **Silvae Genet** 58:205–212. 2009.
- LIMA, Marllós. S. *et al.* Mini-cutting technique application in *Corymbia* and *Eucalyptus*: effects of mini-tunnel use across seasons of the year. **New Forests**, v. 53, n. 1, p. 161-179, 2021a.
- LIMA, Marllós S. *et al.* Use of physiological attributes to select native forest species for forest restoration in the southern Atlantic forest biome, Brazil. **Forest Ecology and Management**, v. 501, p. 119659, 2021b.
- LIN, Y. *et al.* Landrace origins and phenotypic diversity through seedling morphology in *Corymbia citriodora* subsp. *citriodora*. **Australian Forestry**, v. 80, n. 1, p. 43-56, 2017.
- LING, Wang Xiao; ZHONG, Zhao. Seasonal variation in rooting of the cuttings from Tetraploid Locust in relation to nutrients and endogenous plant hormones of the shoot. **Turkish Journal of Agriculture and Forestry**, v. 36, n. 2, p. 257-266, 2012.
- LOPES, N. F.; LIMA, MG de S. **Fisiologia da produção**. Viçosa: Editora UFV, 2015.
- LOPES, Cunha S. *et al.* Enraizamento in vitro de mogno (*Swietenia macrophylla* King). **Cerne**, v. 7, n. 1, p. 124-128, 2001.
- MINDÊLLO, Neto U. R. *et al.* Enraizamento de estacas lenhosas de ameixeiras tratadas com ácido indolbutírico. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.36, n.2, p.448-452, 2006.
- MORAIS, Euripedes *et al.* Variação genética, interação genótipo solo e ganhos na seleção em teste de progênes de *Corymbia citriodora* Hook em Luiz Antonio, São Paulo. **Scientia Forestalis/Forest Sciences**, p. 11-18, 2010.
- MOREIRA, Gabriela G. *et al.* **A qualidade de mudas clonais de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* impacta o aproveitamento final de mudas, a sobrevivência e o crescimento inicial**. Série Técnica-Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, v. 24, n. 45, 2016.
- NAGAOKA, Raíssa *et al.* Efeito do AIB no desenvolvimento de mudas clonais em genótipos de erva-mate. **Enciclopédia Biosfera**, v. 9, n. 17, 2013.
- OLIVEIRA, A. S. **Propagação clonal de eucalipto em ambiente protegido por estufins: produção, ecofisiologia e modelagem do crescimento das miniestacas**. 2016. Dissertação (Mestrado em Meteorologia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2016.
- OHLAND, Tatiane *et al.* Enraizamento de estacas apicais de figueira'roxo de valinhos' em função de época de coleta e AIB. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, p. 74-78, 2009.
- PALUDZYSZYN, Filho E. *et al.* **Base genética de melhoramento de eucaliptos e corimbias no norte do Estado de Goiás: resultados da cooperação técnica entre a Embrapa Florestas e a Anglo American Níquel Brasil-Codemin**. Embrapa Florestas-Documents (INFOTECA-E), 2013.

PAYN, Tim *et al.* Changes in planted forests and future global implications. **Forest Ecology and Management**, v. 352, p. 57-67, 2015.

PURI, Sunil; THOMPSON, F. B. Relationship of water to adventitious rooting in stem cuttings of *Populus* species. **Agroforestry systems**, v. 58, n. 1, p. 1-9, 2003.

Quintão, Lana. R. M. *et al.* Doses do ácido indolbutírico no enraizamento e crescimento de estacas de eucalipto (*Eucalyptus urophylla*). **Bioscience Journal**, v. 24, n. 3, 2008.

RAJAGOPAL, Velamoor; ANDERSEN, Skytt A. Water stress and root formation in pea cuttings: III. Changes in the endogenous level of abscisic acid and ethylene production in the stock plants under two levels of irradiance. **Physiologia Plantarum**, v. 48, n. 1, p. 155-160, 1980.

REIS, Cristiane A. F. *et al.* **Corymbia citriodora: estado da arte de pesquisas no Brasil**. Embrapa, Colombo, v. 1, p. 59, 2013.

REIS, Cristiane A. F. *et al.* **Corymbia torelliana: estado da arte de pesquisas no Brasil**. EMBRAPA, Colombo, v. 261, p. 50, 2014.

SANQUETTA, Carlos R. *et al.* Mercado de celulose no brasil e em cinco grandes países. **Biofix Scientific Journal**, v. 5, n. 2, p. 189-194, 2020.

SEGURA, Tiago E. S.; SILVA, Júnior F. G. Potential of *C. citriodora* wood species for kraft pulp production. **Tappi Journal**, v. 15, n. 3, p. 159-164, 2016.

SILVA, Richardson B. G. *et al.* Qualidade de mudas clonais de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* em função do substrato. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, p. 297-302, 2012.

SOMAVILLA, Luiza M. **Produtividade de minicepas e enraizamento de miniestacas de *Eucalyptus* spp. cultivadas em diferentes manejos de minijardim clonal**. 2020. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2021. Disponível em: <<https://repositorio.ufsm.br/handle/1/23363>> . Acesso em: 22 maio 2022.

SOUZA, Denys M. S. C. **Fontes de luz na micropropagação de clones híbridos de *Corymbia***. 2018. 82f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. 2018.

TAIZ, Lincoln *et al.* Estresse abiótico. In: **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. p. 858.

TAMBARUSSI, Evandro V. *et al.* Are tree breeders properly predicting genetic gain? A case study involving *Corymbia* species. **Euphytica**, v. 214, n. 8, p. 1-11, 2018.

TATAGIBA, Sandro D. *et al.* Disponibilidade hídrica e doses de polímero hidrorretentor na produção de mudas clonais de eucalipto. **Revista Engenharia na Agricultura**, v. 27, n. 4, p. 359-369, 2019.

TITON, Miranda *et al.* Efeito do AIB no enraizamento de miniestacas e microestacas de clones de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden. **Revista Árvore**, v. 27, n. 1, p. 1-7, 2003.

TOMBESI, Sergio *et al.* Influence of light and shoot development stage on leaf photosynthesis and carbohydrate status during the adventitious root formation in cuttings of *Corylus avellana* L. **Frontiers in plant science**, v. 6, p. 973, 2015.

TORRES, A. G. M. **Relação entre sazonalidade, desrama e carboidratos no crescimento do eucalipto na propagação vegetativa por miniestaquia**. 2003, 65 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, SP, 2003.

TRUEMAN, Stephen J. *et al.* Production of cuttings in response to stock plant temperature in the subtropical eucalypts, *Corymbia citriodora* and *Eucalyptus dunnii*. **New Forests**, v. 44, n. 2, p. 265-279, 2013.

VITERI, Cabezas W. P. **Desenvolvimento e qualidade de mudas clonais de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* em função da adubação fosfatada em substratos**. 2012. viii, 41 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu, SP, 2012.

WENDLING, Ivar. *et al.* Efeito do regulador de crescimento AIB na propagação de clones de *Eucalyptus* spp. por miniestaquia. **Revista Árvore**, v. 24, n. 2, p. 187-192, 2000.

XAVIER, Aloisio *et al.* Enraizamento de miniestaca caulinar e foliar na propagação vegetativa de cedro-rosa (*Cedrela fissilis* Vell.). **Revista Árvore**, v. 27, n. 3, p. 351-356, 2003.

XAVIER, Aloisio; SILVA, Rogerio L. Evolução da silvicultura clonal de **Eucalyptus** no Brasil. **Agronomia Costarricense**, v. 34, n. 1, p. 93-98, 2010.

XAVIER, Aloisio *et al.* **Silvicultura clonal: Princípios e técnicas**. 2. ed. Viçosa: UFV, 2013.

ZANANDREA, Ilisandra *et al.* Efeito da salinidade sob parâmetros de fluorescência em *Phaseolus vulgaris*. **Current Agricultural Science and Technology**, v. 12, n. 2, 2006.

ZHANG, Wangxiang *et al.* Mechanisms underlying the regulation of root formation in *Malus hupehensis* stem cuttings by using exogenous hormones. **Journal of Plant Growth Regulation**, v. 36, n. 1, p. 174-185, 2017.