

JHUAN LUCAS MELO MACIEL

**EFEITOS DOS MICROAMBIENTES NA QUALIDADE DE MUDAS CLONAIIS DE
Eucalyptus spp. E NO DESEMPENHO EM CAMPO**

**Botucatu
2020**

JHUAN LUCAS MELO MACIEL

**EFEITOS DOS MICROAMBIENTES NA QUALIDADE DE MUDAS CLONAIIS DE
Eucalyptus spp. E NO DESEMPENHO EM CAMPO**

Dissertação apresentada a Faculdade de
Ciências Agronômicas da Unesp Campus
de Botucatu para a obtenção do título de
Mestre em Ciência Florestal

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Magali Ribeiro da
Silva

Botucatu

2020

M152e

Maciel, Jhuan Lucas Melo

Efeitos dos microambientes na qualidade de mudas clonais de
Eucalyptus spp. e no desempenho em campo / Jhuan Lucas Melo
Maciel. -- Botucatu, 2020

132 p. : il., tabs., fotos

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp),
Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu

Orientadora: Magali Ribeiro da Silva

1. produção de mudas. 2. viveiro florestal. 3. trocas gasosas. 4.
fisiologia. 5. radiação fotossinteticamente ativa. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de
Ciências Agrônômicas, Botucatu. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

Título: EFEITOS DOS MICROAMBIENTES NA QUALIDADE DE MUDAS CLONAIS DE
Eucalyptus spp E NO DESEMPENHO EM CAMPO

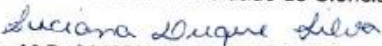
AUTOR: JHUAN LUCAS MELO MACIEL

ORIENTADORA: MAGALI RIBEIRO DA SILVA

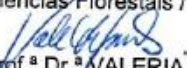
Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em CIÊNCIA
FLORESTAL, pela Comissão Examinadora:


Prof.^a Dr.^a MAGALI RIBEIRO DA SILVA

Ciência Florestal / Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu - UNESP


Prof.^a Dr.^a LUCIANA DUQUE SILVA

Ciências Florestais / Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz


Prof.^a Dr.^a VALERIA CRISTINA RODRIGUES SARNIGHAUSEN

Bioprocessos e Biotecnologia / Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu - UNESP

Botucatu, 29 de janeiro de 2020.

Aos meus queridos pais,
Anselmo M. Maciel e Lucilene M. Maciel,

Dedico.

AGRADECIMENTOS

A Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP - Campus de Botucatu, em particular o Departamento de Ciência Florestal, por proporcionar a oportunidade para que essa meta se tornasse realidade.

Gostaria de expressar minha profunda gratidão aos meus pais, Lúcia e Anselmo, por toda compreensão e ensinamentos que moldaram minha criação. Eles são minha inspiração e a base. Agradeço pelo apoio inabalável e pelo amor incondicional que sempre me proporcionaram.

Aos meus irmãos, Luan Aécio e Lucila Jamille, meu agradecimento especial por seu companheirismo, amizade e pelo apoio incansável que me ofereceram ao longo desta jornada.

À memória dos meus avós paternos, Jamir Ferreira e Delfina Maciel, e da minha avó materna, Raimunda dos Santos, que, embora não estejam mais entre nós, tiveram um papel fundamental em minha formação e continuam a influenciar minha vida de maneira significativa. Suas lembranças são eternas.

Aos meus queridos tios e tias, que, apesar da distância física, estiveram sempre presentes, oferecendo apoio constante ao longo desta jornada. Suas energias positivas sempre estiveram ao meu lado.

À minha orientadora, a Prof.^a Dr.^a Magali Ribeiro, expresse minha profunda gratidão por tudo o que fez e continua fazendo em minha trajetória acadêmica. Suas orientações, ensinamentos, apoio e exemplo como pesquisadora e ser humano têm sido inestimáveis.

A Claudio Roberto Ribeiro, mas conhecido como Claudinho, dedico um agradecimento especial. Seu auxílio dado no período de estágio foi fundamental para a minha decisão em continuar os estudos relacionados a viveiros florestais. Ele se tornou uma referência em minha carreira, e sou grato pela confiança e pelos ensinamentos que compartilhou comigo.

À Ginegar do Brasil, em particular ao pesquisador Gilberto Rostirolla, agradeço pelo apoio na doação dos diversos materiais de cobertura utilizados em minha pesquisa.

Agradeço ao Marcos, proprietário da Avam Flora, por sua generosidade ao doar o material genético e por disponibilizar sua empresa para tudo o que foi necessário. Minha gratidão se estende aos funcionários da empresa pela dedicação e empenho demonstrados durante minhas visitas.

A partir daqui, gostaria de expressar meus agradecimentos de maneira geral, pois o risco de esquecer alguém é real. Sei que cada um que participou desta jornada se identificará com as palavras de gratidão que compartilho.

Duas pessoas muito especiais desempenharam papéis extremamente importantes ao longo desta jornada, embora tenham partido por motivos pessoais. A gratidão que sinto por elas é imensa, e desejo sempre o melhor em suas vidas. Muito obrigado por tudo que fizeram; permanecerão eternamente em meu coração.

Aos amigos do viveiro, desde os estagiários até os pós-graduandos, agradeço por me receberem de forma excepcional desde o primeiro dia de estágio. Durante o mestrado, compartilhamos muitas alegrias em um lugar encantador. Vocês estarão para sempre em minha memória, e com vocês, o dia a dia se tornou muito melhor.

Aos técnicos do viveiro de produção de mudas da Unesp de Botucatu, agradeço por tornarem meus dias maravilhosos. Cada café compartilhado e cada história vivenciada ficarão para sempre em meu coração.

Aos amigos do Departamento de Ciência Florestal, muito obrigado pelo companheirismo durante este ciclo de estudos e dedicação. Vocês foram fundamentais com toda a receptividade que me proporcionaram, fazendo-me sentir em casa.

Aos professores da Unesp campus de Botucatu, que participaram ativamente e colaboraram para o meu desenvolvimento profissional, além de todos os funcionários do Departamento de Ciência Florestal.

Agradeço aos residentes e funcionários da Fazenda Experimental por todo o suporte durante a execução dos experimentos, valeu pela dedicação e empenho no auxílio e condução dos experimentos em campo.

A todos os amigos, técnicos, professores durante a graduação na UFOPA, saibam que foram essenciais para que este objetivo se tornasse realidade. Os incentivos e apoios foram fundamentais na concretização desta conquista.

Os amigos do futcampo, agradeço por toda a descontração e alegria compartilhada durante nossos treinamentos. Meu apelido será eterno, e levarei para sempre as lembranças de tudo que vivemos juntos, ao lado dos atletas, comissão técnica e torcedores.

A todos os diversos amigos que tive a felicidade de conhecer, levarei cada um de vocês para a vida.

A Botucatu, cidade maravilhosa que me acolheu e me proporcionou momentos maravilhosos e inesquecíveis.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

“Seja você quem for, seja qual for a posição social que você tenha na vida, a mais alta ou a mais baixa, tenha sempre como meta muita força, muita determinação e sempre faça tudo com muito amor, que um dia você chega lá. De alguma maneira você chega lá”.

RESUMO

Os microambientes de produção de mudas são obtidos pela combinação de diferentes estruturas de canteiros e materiais de cobertura, que alteram variáveis microclimáticas e, conseqüentemente, tem ação direta na produção das mudas. Em viveiros florestais, o uso de estruturas chamadas minitúnel ou estufim tem gerado resultados controversos, indicando que há influência de fatores como material genético e época do ano. Desta forma este trabalho teve como objetivos: analisar como o microambiente influencia o desenvolvimento e a qualidade das mudas nas estações do ano; determinar se há um microambiente mais adequado para a produção de cada clone estudado de *Eucalyptus* spp.; e determinar se a qualidade da muda verificada ao final do ciclo de produção no viveiro influencia no desempenho inicial no campo. A pesquisa consistiu em experimentos no viveiro e em campo, com três clones de eucalipto. No viveiro, o delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 3x4, sendo três microambientes de produção (microambiente com cobertura de filme agrícola difusor, microambiente com cobertura de filme agrícola azul e microambiente a pleno sol) nas quatro estações do ano. No campo, o delineamento foi em blocos ao acaso. As variáveis avaliadas foram: meteorológicas (temperatura, umidade relativa do ar, precipitação, radiação solar global e radiação fotossinteticamente ativa); morfofisiológicas (altura, diâmetro de colo, massas secas aérea, radicular e total, conformação do sistema radicular, Índice de Qualidade de Dickson, número de folhas, área foliar, tamanho médio foliar, índice de cor verde, transpiração diária, potencial hídrico foliar, e trocas gasosas). Em campo foi avaliado sobrevivência (após 30 dias do plantio), altura e diâmetro do colo mensalmente até os 150 dias após o plantio. Os microambientes influenciaram o desenvolvimento e a qualidade das mudas de forma diferente nas estações do ano para cada clone. Os microambientes com cobertura de filme agrícola azul e difusor proporcionaram maior desenvolvimento e qualidade das mudas, sendo os mais adequados para produção de mudas dos clones IPB02 e I144. Para o clone IPB13 o microambiente com filme difusor foi o mais adequado. O desempenho inicial no campo refletiu a qualidade das mudas do viveiro, porém, cada clone é afetado de forma diferenciada. O clone I144, produzido na primavera e implantado no campo no verão, permaneceu com a influência dos microambientes de produção das mudas até os 150 dias após o plantio.

Palavras-chave: produção de mudas; viveiro florestal; trocas gasosas; fisiologia; radiação fotossinteticamente ativa.

ABSTRACT

The microenvironments for seedling production are obtained by combining different bed structures and covering materials, which alter microclimatic variables and, consequently, directly affect seedling production. In forest nurseries, the use of structures called mini-tunnels or small greenhouses has generated controversial results, indicating that factors such as genetic material and time of year have an influence. Thus, this study aimed to: analyze how microenvironment influences the development and quality of seedlings during the seasons of the year; determine if there is a more suitable microenvironment for the production of each studied clone of *Eucalyptus* spp.; and determine if the quality of the seedling observed at the end of the nursery production cycle influences initial performance in the field. The research consisted of experiments in the nursery and in the field with three eucalyptus clones. In the nursery, the experimental design used was completely randomized in a 3x4 factorial scheme, with three production microenvironments (microenvironment with diffusing agricultural film cover, microenvironment with blue agricultural film cover, and microenvironment in full sun) across the four seasons of the year. In the field, the design was in randomized blocks. The variables evaluated included meteorological data (temperature, relative humidity, precipitation, global solar radiation, and photosynthetically active radiation); morphophysiological data (height, stem diameter, aerial, root, and total dry masses, root system conformation, Dickson's Quality Index, number of leaves, leaf area, average leaf size, green color index, daily transpiration, leaf water potential, and gas exchange). In the field, survival (30 days after planting), height, and stem diameter were evaluated monthly up to 150 days after planting. The microenvironments influenced the development and quality of the seedlings differently in each season for each clone. The microenvironments with blue and diffusing agricultural film covers provided greater development and quality of the seedlings and were the most suitable for producing seedlings of the IPB02 and I144 clones. For the IPB13 clone, the diffusing film cover microenvironment was the most suitable. Initial performance in the field reflected the quality of the nursery seedlings; however, each clone was affected differently. The I144 clone, produced in the spring and planted in the summer, remained influenced by the nursery seedling production microenvironments for up to 150 days after planting.

Keywords: seedling production; forest nursery; gas exchange; physiology; photosynthetically active radiation.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1 - Canteiro suspenso e setorizado a pleno sol (A) e azul (B); Interior do minitúnel com filme plástico difusor (C); Vista geral dos ambientes de produção de mudas após instalação do experimento de outono (D).....35
- Figura 2 - Área destinada para o plantio em campo.....36
- Figura 3 - Casa de vegetação para enraizamento das estacas (A); Umidade relativa do ar ($UR \geq 80\%$) e temperatura ($T > 30\text{ }^{\circ}\text{C}$) na casa de vegetação (B).....37
- Figura 4 - Canteiros suspensos tipo minitúnel para aplicação dos respectivos tratamentos (A); Identificação das bandejas (B).....39
- Figura 5 - Sistema de diluição Venturi para as adubações de crescimento e rustificação (A); Aplicação da adubação de rustificação nas mudas (B).....39
- Figura 6 - Preparo da área de implantação do plantio (A); Mudas para composição de uma linha de plantio (B); Aplicação semimecanizada de gel hidratado (C); Operação do plantio com matraca (D); linha após o plantio (E).....40
- Figura 7 - Sensor PAR LITE da Kipp-Zonen (A) instalado na região central da estufa tipo minitúnel com cobertura de filme agrícola difusor (B) e azul (C); datalogger Campbell CR23X utilizado na obtenção dos dados (D).....42
- Figura 8 - *Datalogger* à prova d'água da marca Akso, modelo AK174 fixado em suporte no canteiro suspenso a pleno sol.....43
- Figura 9 - Séries climáticas de temperatura do ar, umidade relativa e precipitação no período de 01 de janeiro de 1971 a 31 de dezembro de 2013 para o município de Botucatu.....44
- Figura 10 - Medição de altura (A) e diâmetro do colo (B) das mudas.....44
- Figura 11 - Mudas de Eucalipto utilizadas para obtenção da massa seca (A); Identificação de seu respectivo tratamento no saco de papel (B); Estufa de circulação forçada para secagem (C).....45
- Figura 12 - Conformação do sistema radicular de uma muda de Eucalipto produzida em diferentes microambientes (A); avaliação qualitativa da conformação do sistema radicular (B).....46
- Figura 13 - Separação das folhas do caule de uma muda de Eucalipto produzida em diferentes microambientes para obtenção do número de folhas e área foliar (A e B); Area Meter LICOR - modelo LI 3100 utilizado para obtenção da área foliar (C).....47
- Figura 14 - Vedação dos tubetes por sacos plásticos e fita crepe no colo da muda (A); condições ambientais no dia da avaliação da transpiração diária (B); condições das mudas avaliadas durante o período do dia (C).....48

Figura 15 - Equipamento WP4-T (A), folhas cortadas em pequenos retângulos de forma homogênea para os tratamentos antes de realizado a leitura (B)...	49
Figura 16 - Medidor portátil Chlorophyll Meter, Modelo SPAD-502 (A); obtenção das leituras realizadas nas folhas do terço médio das mudas de Eucalipto produzida em diferentes microambientes (B).....	49
Figura 17 - Mudas selecionadas para avaliação da fração de lixiviação (A); Balança eletrônica utilizada para obtenção da massa do conjunto de tubete, muda, saco plástico com elástico (B).....	50
Figura 18 - Condutivímetro de bancada microprocessado para avaliação da condutividade elétrica.....	51
Figura 19 - Radiação solar global (MJ/m ²) mensal para o período de fevereiro de 2018 a março de 2019.....	53
Figura 20 - Variação da radiação fotossinteticamente ativa nos microambientes de produção de mudas azul, difusor e a pleno sol no outono (A), inverno (B), primavera (C) e verão (D).....	55
Figura 21 - Radiação fotossinteticamente ativa (MJ/m ²) por estação do ano para o período de fevereiro de 2018 a março de 2019 nos microambientes de produção das mudas.....	55
Figura 22 - Variação ao longo do dia radiação fotossinteticamente ativa nos microambientes de produção de mudas a azul, difusor e a pleno sol no outono (A), inverno (B), primavera (C) e verão (D).....	56
Figura 23 - Temperatura e umidade relativa mensal para o período de fevereiro de 2018 a março de 2019.....	57
Figura 24 - Variação da temperatura média, máxima e mínima para o microambiente a pleno sol no outono (A), inverno (B), primavera (C) e verão (D).....	57
Figura 25 - Variação da temperatura média, máxima e mínima para o microambiente azul no outono (A), inverno (B), primavera (C) e verão (D).....	58
Figura 26 - Variação da temperatura média, máxima e mínima para o microambiente difusor no outono (A), inverno (B), primavera (C) e verão (D).....	59
Figura 27 - Variação ao longo do dia da temperatura nos microambientes de produção de mudas a pleno sol, azul e difusor no outono (A), inverno (B), primavera (C) e verão (D).....	60
Figura 28 - Variação da umidade média, máxima e mínima para o microambiente a pleno sol no outono (A), inverno (B), primavera (C) e verão (D).....	61

Figura 29 - Variação da umidade média, máxima e mínima para o microambiente azul no outono (A), inverno (B), primavera (C) e verão (D).....	62
Figura 30 - Variação da umidade média, máxima e mínima para o microambiente difusor no outono (A), inverno (B), primavera (C) e verão (D).....	62
Figura 31 - Variação ao longo do dia da umidade relativa do ar nos microambientes de produção de mudas a pleno sol, azul e difusor no outono (A), inverno (B), primavera (C) e verão (D).....	63
Figura 32 - Precipitação mensal de fevereiro de 2018 a março de 2019.....	64
Figura 33 - Altura da parte aérea (cm) média das mudas de Eucalipto aos 90 DAE cultivadas em diferentes microambientes.....	65
Figura 34 - Desenvolvimento em altura (cm) das mudas do clone IPB02 produzidas nos diferentes microambientes na primavera (A) e verão (B).....	67
Figura 35 - Desenvolvimento em altura (cm) das mudas do clone I144 produzidas nos diferentes microambientes na primavera (A) e verão (B).....	67
Figura 36 - Desenvolvimento em altura (cm) das mudas do clone IPB13 produzidas nos diferentes microambientes na primavera (A) e verão (B).....	67
Figura 37 - Diâmetro do colo (mm) médio das mudas de Eucalipto aos 90 DAE cultivadas em diferentes microambientes.....	68
Figura 38 - Desenvolvimento do diâmetro do colo (mm) das mudas do clone IPB02 produzidas nos diferentes microambientes na primavera (A) e verão (B).....	69
Figura 39 - Desenvolvimento do diâmetro do colo (mm) das mudas do clone I144 produzidas nos diferentes microambientes na primavera (A) e verão (B).....	69
Figura 40 - Desenvolvimento do diâmetro do colo (mm) das mudas do clone IPB13 produzidas nos diferentes microambientes na primavera (A) e verão (B).....	69
Figura 41 - Massas secas aérea (área em verde), radicular (área em azul) e total (g) médias das mudas de Eucalipto aos 90 DAE cultivadas em diferentes microambientes. IPB02 na parte superior, I144 no meio e IPB13 nos gráficos abaixo.....	71
Figura 42 - Conformação do sistema radicular (%) das mudas de Eucalipto aos 90 DAE cultivadas em diferentes microambientes. Verde “ótimo”, azul “bom” e em vermelho “ruim”. IPB02 na parte superior, I144 no meio e IPB13 nos gráficos abaixo.....	73
Figura 43 - Transpiração diária média das mudas de Eucalipto aos 90 DAE cultivadas em diferentes microambientes ao longo das estações do ano.....	76

Figura 44 - Número de folhas das mudas de Eucalipto aos 90 DAE cultivadas em diferentes microambientes ao longo das estações do ano.....	78
Figura 45 - Área foliar (cm ²) das mudas de Eucalipto aos 90 DAE cultivadas em diferentes microambientes.....	79
Figura 46 - Tamanho médio da folha (cm ²) das mudas de Eucalipto aos 90 DAE cultivadas em diferentes microambientes.....	81
Figura 47 - Potencial hídrico foliar (MPa) das mudas de Eucalipto cultivadas em diferentes microambientes, na antemanhã.....	83
Figura 48 - Potencial hídrico foliar (MPa) das mudas de Eucalipto cultivadas em diferentes microambientes, ao meio dia.....	85
Figura 49 - Índice de cor verde médio das mudas de Eucalipto aos 90 DAE cultivadas em diferentes microambientes.....	86
Figura 50 - Condutividade elétrica (dS m ⁻¹) da solução lixiviada das mudas do clone IPB02 no outono (A), inverno (B), primavera (C) e verão (D).....	93
Figura 51 - Condutividade elétrica (dS m ⁻¹) da solução lixiviada das mudas do clone I144 no outono (A), inverno (B), primavera (C) e verão (D).....	94
Figura 52 - Condutividade elétrica (dS m ⁻¹) da solução lixiviada das mudas do clone IPB13 no outono (A), inverno (B), primavera (C) e verão (D).....	94
Figura 53 - Altura (cm) das plantas de Eucalipto aos 30, 60, 90, 120 e 150 dias após plantio em campo das mudas produzidas na primavera.....	101
Figura 54 - Altura (cm) das plantas de Eucalipto aos 30, 60, 90, 120 e 150 dias após plantio em campo das mudas produzidas no verão.....	102
Figura 55 - Diâmetro do colo (mm) das plantas de Eucalipto aos 30, 60, 90, 120 e 150 dias após plantio em campo das mudas produzidas na primavera.....	103
Figura 56 - Diâmetro do colo (mm) das plantas de Eucalipto aos 30, 60, 90, 120 e 150 dias após plantio em campo das mudas produzidas no verão.....	104

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Índice de qualidade de Dickson das mudas de Eucalipto aos 90 DAE cultivadas em diferentes microambientes.....	74
Tabela 2 – Taxa de assimilação de CO ₂ (A , $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) em mudas de Eucalipto aos 90 DAE cultivadas em diferentes microambientes.....	87
Tabela 3 – Condutância estomática (g_s , $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) em mudas de Eucalipto aos 90 DAE cultivadas em diferentes microambientes.....	88
Tabela 4 – Concentração interna de CO ₂ na folha (C_i , $\mu\text{mol mol}^{-1}$) em mudas de Eucalipto aos 90 DAE cultivadas em diferentes microambientes.....	89
Tabela 5 – Taxa de transpiração (E , $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) em mudas de Eucalipto aos 90 DAE cultivadas em diferentes microambientes.....	90
Tabela 6 – Eficiência do uso da água (E_iUA , $\mu\text{mol CO}_2 (\text{mmol H}_2\text{O})^{-1}$) em mudas de Eucalipto aos 90 DAE cultivadas em diferentes microambientes.....	91
Tabela 7 – Eficiência de carboxilação (A/C_i) em mudas de Eucalipto aos 90 DAE cultivadas em diferentes microambientes.....	92
Tabela 8 – Teor e acúmulo de macronutrientes total das mudas do clone IPB02 em função dos microambiente de produção.....	95
Tabela 9 – Teor e acúmulo de micronutrientes total das mudas do clone IPB02 em função dos microambiente de produção.....	96
Tabela 10 – Teor e acúmulo de macronutrientes total das mudas do clone I144 em função dos microambiente de produção.....	97
Tabela 11 – Teor e acúmulo de micronutrientes total das mudas do clone I144 em função dos microambiente de produção.....	97
Tabela 12 – Teor e acúmulo de macronutrientes total das mudas do clone IPB13 em função dos microambiente de produção.....	98
Tabela 13 – Teor e acúmulo de micronutrientes total das mudas do clone IPB13 em função dos microambiente de produção.....	99
Tabela 14 – Valores médios de sobrevivência (%) das plantas de Eucalipto, aos 30 dias após o plantio.....	100

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AF	Área foliar
ATP	Adenosina trifosfato
CE	Condutividade elétrica
CSR	Conformação do sistema radicular
DAE	Dias após estaqueamento
DAP	Dias após plantio
DC	Diâmetro do colo
DCF	Departamento de Ciência Florestal
<i>EiUA</i>	Eficiência instantânea no uso da água
<i>EiC</i>	Eficiência instantânea de carboxilação
FCA	Faculdade de Ciências Agronômicas
ICV	Índice de cor verde
IFA	Irradiância fotossinteticamente ativa
I144	Clone de <i>Eucalyptus urophylla</i>
IPB02	Clone híbrido de <i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>
IPB13	Clone híbrido de <i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>
IQD	Índice de qualidade de Dickson
IRGA	Infra Red Gas Analyser
MS	Massa seca
MSA	Massa seca da parte aérea
MSR	Massa seca radicular
MST	Massa seca total
NF	Número de folhas
PAR	Photosynthetically active radiation
pH	Potencial de hidrogénio
PVC	Cloreto de polivinil

RFA	Radiação fotossinteticamente ativa
RFAi	Radiação solar fotossinteticamente ativa interceptada
RG	Radiação global
T	Temperatura
TD	Transpiração diária
TG	Trocas gasosas
TMF	Tamanho médio das folhas
UNESP	Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”
UR	Umidade relativa

LISTA DE SÍMBOLOS E UNIDADES

CO ₂	dióxido de carbono
nm	nanômetros
μm	micrômetro
°C	graus Celsius
<i>C_i</i>	concentração interna de carbono
gs	condutância estomática
m	metro
mm	milímetro
Cfa	clima subtropical, com verão quente
m ²	metro quadrado
cm	centímetro
cm ³	centímetro cúbico
%	porcentagem
mS cm ⁻¹	miliSiemens por centímetro
mL tubete ⁻¹	mililitro por tubete
L h ⁻¹	litro por hora
mg	miligrama
N	nitrogênio
P	fosforo
K	potássio
Ca	cálcio
Mg	magnésio
S	enxofre
B	boro
Cu	cobre
Fe	ferro
Mn	manganês
Zn	zinco

dS m^{-1}	deciSiemens por metro
g	grama
L	litro
ha^{-1}	hectare
W/m^2	watt por metro quadrado
$\text{MJ/m}^2/\text{dia}$	megajoule por metro quadrado por dia
Hz	hertz
cm^2	centímetro quadrado
$\text{mg água m}^{-2} \text{ foliar s}^{-1}$	Miligrama de água por metro quadrado foliar por segundo
MPa	mega pascal
h	hora
mL min^{-1}	mililitro por minuto
$\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$	micromoles por metro quadrado por segundo
E	transpiração
$\text{H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$	água por metro quadrado por segundo
A	assimilação de CO_2
$\mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$	micromoles de dióxido de carbono por metro quadrado por segundo
MJ/m^2	megajoule por metro quadrado
$\text{MJ/m}^{-2} \text{ d}^{-1}$	megajoule por metro quadrado por dia
Ψ_{wf}	potencial hídrico foliar
$P_{\text{w PD}}$	potencial hídrico foliar antes do amanhecer
$P_{\text{w MD}}$	potencial hídrico foliar ao meio dia
A/E	eficiência de uso da água
A/C_i	eficiência de carboxilação
g kg^{-1}	grama por quilograma
g planta^{-1}	grama por planta
mg kg^{-1}	miligrama por quilograma
mg planta^{-1}	miligrama por planta

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	27
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	29
2.1	CULTIVO PROTEGIDO.....	29
2.2	RADIAÇÃO FOTOSSINTETICAMENTE ATIVA.....	30
2.3	TEMPERATURA E UMIDADE RELATIVA DO AR.....	30
2.4	PRODUÇÃO E QUALIDADE DE MUDAS.....	32
2.5	FISIOLOGIA DAS PLANTAS: TROCAS GASOSAS.....	33
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	34
3.1	LOCAL, PERÍODO, DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E MATERIAIS GENÉTICOS...34	
3.2	SISTEMA DE PRODUÇÃO DAS MUDAS E TRATOS SILVICULTURAIS NO CAMPO...36	
3.3	AVALIAÇÕES.....	41
3.3.1	NO VIVEIRO.....	41
3.3.1.1	Variáveis Meteorológicas.....	41
3.3.1.1.1	Radiação solar global.....	41
3.3.1.1.2	Radiação fotossinteticamente ativa interna.....	41
3.3.1.1.3	Temperatura do ar, Umidade Relativa do ar e Precipitação.....	42
3.3.1.2	Variáveis morfofisiológicas.....	44
3.3.1.2.1	Altura e Diâmetro do colo.....	44
3.3.1.2.2	Massa seca.....	45
3.3.1.2.3	Conformação do sistema radicular.....	45
3.3.1.2.4	Índice de qualidade de Dickson.....	46
3.3.1.2.5	Número de folhas, área foliar e tamanho médio da folha.....	46
3.3.1.2.6	Transpiração diária.....	47
3.3.1.2.7	Potencial hídrico foliar.....	48
3.3.1.2.8	Índice de cor verde.....	49
3.3.1.2.9	Trocas Gasosas.....	49
3.3.1.3	Condutividade elétrica da solução lixiviada.....	50
3.3.1.4	Análise química do material vegetal.....	51
3.3.2	NO CAMPO.....	52
3.4	AMOSTRAGEM DOS DADOS E ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	52
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	53
4.1	PESQUISA NO VIVEIRO.....	53
4.1.1	Radiação Solar Global.....	53

4.1.2	Radiação Fotossinteticamente Ativa.....	53
4.1.3	Temperatura e Umidade Relativa do ar.....	56
4.1.4	Precipitação.....	64
4.1.5	Altura e diâmetro do colo das mudas.....	64
4.1.6	Massa seca das mudas.....	70
4.1.7	Conformação do sistema radicular.....	72
4.1.8	Índice de qualidade de Dickson.....	74
4.1.9	Transpiração diária (TD).....	75
4.1.10	Número de folhas, área foliar e tamanho médio da folha.....	77
4.1.11	Potencial hídrico foliar (Ψ_{wf}).....	83
4.1.12	Índice de Cor Verde (ICV).....	85
4.1.13	Trocas Gasosas.....	87
4.1.14	Condutividade elétrica da solução lixiviada.....	93
4.1.15	Análise química do material vegetal.....	95
4.2	DESEMPENHO EM CAMPO.....	99
4.2.1	Sobrevivência.....	99
4.2.2	Altura e diâmetro do colo.....	100
5	CONCLUSÕES.....	105
	REFERÊNCIAS.....	107

1 Introdução

A qualidade das mudas plantadas influencia de maneira positiva na formação de florestas de elevada produção, com qualidades adequadas das variáveis morfofisiológicas conseguem resistir às condições encontradas após o plantio, permitindo a sobrevivência e desenvolvendo, produzindo árvores com ótimo padrão de crescimento, garantindo o sucesso da implantação (GOMES et al., 2002, PELISSARI et al., 2009).

Fatores climáticos que influenciam a produção de mudas e suas respectivas implicações podem afetar o sucesso da produção, havendo a necessidade de conhecer seus efeitos sobre as mudas (CUNHA et al., 2009), sendo considerado como um fator crucial, auxiliando no planejamento e permitindo a obtenção de ganhos de produtividade nos viveiros (TEIXEIRA et al., 2015).

De maneira geral, o aquecimento excessivo, a redução da luminosidade são desfavoráveis no processo de produção de mudas, consistindo na redução da produtividade e diminuição no padrão de qualidade (GUISELINI et al., 2010). No intuito de garantir a qualidade do produto visando suprir as demandas de mercado, o uso de ambientes protegidos aparecem como possibilidade de uso e implementação (ANDRADE et al., 2011).

As alterações físicas promovidas com o uso de diferentes coberturas de filmes agrícolas concedem o aumento da sanidade, qualidade e produtividade de diferentes culturas agrícolas (GUISELINI et al., 2007). Com isso, se torna essencial o conhecimento do comportamento morfofisiológico de determinadas culturas para que possam ser cultivadas de acordo com protocolos estabelecidos com o uso de diferentes microambientes de produção.

O uso de diferentes coberturas de filmes agrícolas está relacionada à quantidade de radiação fotossinteticamente ativa que é absorvida pelas folhas, onde a disponibilidade do comprimento de onda adequado pode acarretar na maior eficiência de conversão da energia radiante em energia química, favorecendo a produção de biomassa das espécies (HEINEMANN et al., 2006).

Em viveiros florestais, na fase de crescimento e rustificação das mudas, ainda faltam informações sobre o microclima dos ambientes protegidos, principalmente no que se refere à regulação da temperatura, umidade relativa do ar, radiação total e

radiação fotossinteticamente ativa, sendo os elementos essenciais ao crescimento e desenvolvimento das plantas.

Nos últimos anos, alguns viveiros florestais comerciais começaram utilizar a estrutura de microambientes (minitúnel ou estufim) em jardins clonais e canteiros suspensos, dando início ao processo de produção de mudas, utilizando como cobertura filmes agrícolas do tipo difusor e/ou azul. O uso do estufim foi empregado no minijardim clonal com genótipos suscetíveis ao oídio e difícil enraizamento, os resultados são contraditórios entre estes viveiros e, portanto, faz-se necessário compreender as causas de tais resultados, que devem estar relacionados às condições climáticas de cada ambiente e aos materiais genéticos propagados. Na fase de crescimento e rustificação ainda não possui evidências de estudos, sendo esse trabalho o primeiro levantamento com diferentes clones comerciais de Eucalipto.

Em relação aos diferentes filmes agrícolas, o difusor é amplamente utilizado em diferentes áreas agrícolas e florestais, como na casa de vegetação para o enraizamento, promovendo o aumento da temperatura e difusão da luz. Já o filme agrícola azul aparece como uma novidade, sendo uma alternativa de uma condição mais favorável para a cultura, promovendo a diminuição de temperaturas elevadas e promovendo a disponibilidade da radiação no comprimento de onda para o fotossistema II, entre aproximadamente 400 a 500 nanômetros (nm), sendo o comprimento de onda adequado para absorção.

Dessa forma, esta pesquisa trabalha com as seguintes hipóteses:

- os diferentes microambientes, gerados a partir de distintas estruturas de canteiros, influenciam o desenvolvimento das mudas clonais de *Eucalyptus* spp. de forma diferenciada entre os clones e entre as estações do ano;
- o desempenho inicial das mudas em campo será diferente em função dos padrões de qualidade, resultantes dos microambientes nos quais estas mudas foram produzidas.

Para verificar tais hipóteses, a pesquisa tem por objetivos:

- analisar como o microambiente influencia o desenvolvimento e a qualidade das mudas nas estações do ano;
- determinar se há um microambiente mais adequado para a produção de cada clone de *Eucalyptus* spp.;
- determinar se a qualidade da muda verificada ao final do ciclo de produção no viveiro influencia no desempenho inicial no campo.

2 Revisão de literatura

2.1 Cultivo Protegido

O uso do cultivo protegido se dá por meio de alterações microclimáticas, relacionadas as radiações solares e toda sua influência na temperatura e umidade, sendo que o uso do ambiente protegido proporciona maior segurança na produção de diferentes culturas, oferecendo diversos benefícios, que podem contribuir para a melhoria da qualidade e quantidade (CARON et al., 2014).

Com o uso de diferentes coberturas, filmes agrícolas, ocorrem alterações microclimáticas no interior dos ambientes protegidos, influenciando a dinâmica da conservação de energia solar, estando diretamente relacionados no desenvolvimento vegetal (SCARANARI et al., 2008). Essas alterações minimizam a incidência de pragas e doenças, reduzindo a necessidade de pesticidas e produtos químicos (CHAVARRIA et al., 2007).

Com essas mudanças a fisiologia das plantas é afetada por conta do uso eficiente de água, nutrientes, o fornecimento controlado de CO₂, que pode aumentar a taxa de fotossíntese, além de oferecer proteção contra estresses abióticos, como geadas, ventos fortes e chuvas intensas (CHAVARRIA et al., 2009).

O setor florestal dispõe de diversos tipos de materiais para cobertura dos ambientes protegidos, como filmes agrícolas e malhas de sombreamento, onde cada material interfere de maneira diferente no microclima dos cultivos protegidos, alterando o balanço de radiação e energia (ANDRADE et al., 2011).

O uso de ambientes protegidos conservam a energia em seu interior, refletindo parte da energia solar, diminuindo a temperatura no verão e aumentando no inverno, sendo essa fato está diretamente relacionado com a difusão da luz, aumentando sua eficiência de absorção pelas plantas, elevando em uma maior eficiência da fotossintética (CARON et al., 2014). Os filmes agrícolas de luz, dispõem de aditivos que controlam a incidência da radiação solar em seu interior, ajustando para obter uma temperatura mais adequada para cada cultura (REBOUÇAS et al., 2015).

2.2 Radiação fotossinteticamente ativa

O material de cobertura deve permitir a transmissividade da radiação fotossinteticamente ativa (RFA), presente no comprimento de faixa entre 0,4 e 0,7 μm , sendo essa utilizada pelas plantas durante o processo de fotossíntese, designada de fração visível da energia, que contém a irradiância fotossinteticamente ativa (IFA) (ANDRADE et al., 2011). A relação entre a fitomassa produzida e a energia radiante absorvida ao longo do ciclo é realizada somente na fração mencionada, sendo ela utilizada pelas plantas durante esse processo, denominada radiação fotossinteticamente ativa (CARON et al., 2014; KUNZ et al., 2007).

A quantidade de radiação absorvida é um fator determinante do rendimento de uma cultura, onde deve-se considerar que parte absorvida é transformada em matéria seca depende da fotossíntese, sendo considerado a eficiência de conversão da radiação solar em biomassa uma variável que pode ser utilizada nos modelos de previsão do desenvolvimento das plantas (CARON et al., 2014).

A eficiência do uso da radiação (EUR) é uma análise de crescimento baseada na radiação solar, e não em função do tempo, onde o acúmulo de biomassa é obtido pela soma da energia solar interceptada de uma cultura, além de comparar o crescimento de diferentes cultivos no interior dos ambientes protegidos com níveis de radiação solar diferentes (CAMPOE et al., 2013).

2.3 Temperatura e umidade relativa do ar

As variáveis meteorológicas no interior dos ambientes protegidos apresentam variação espacial, acarretando alteração do microclima e isso intervindo nas alterações no uso da água e fotossíntese, aumentando o desenvolvimento das culturas por meio dessas combinações (SANTOS et al., 2010).

No geral, o interior da estufa sempre possibilitará o aumento da temperatura média quando comparado com o exterior (GUISELINI et al., 2010), sendo que a maior diferença será nos horários e estações de temperaturas mais altas (FERREIRA JUNIOR et al., 2014). Segundo Zhang et al. (2010) a temperatura mínima no interior do ambiente protegido é semelhante a observada do lado de fora.

No interior das estufas, a temperatura varia ao longo do dia conforme as condições climáticas, de maneira que o conhecimento da temperatura considerada

adequada é fundamental, para o conhecimento dos valores correspondente ao melhor acúmulo de energia durante o período diurno (DAL PAI, 2010). A temperatura do ar dentro de uma estufa é afetada por diversos fatores, como a altura do pé direito, tipo e cor da cobertura, sentido e incidência dos ventos e até mesmo a presença de janelas ou cortinas (SANTOS et al., 2010).

A temperatura e a umidade relativa do ar são fatores ambientais que influenciam a produção de mudas, as variações climáticas são limitantes no processo de desenvolvimento das mudas, onde a faixa ideal de temperatura para o crescimento depende de acordo com a cultura, mas no geral as mudas se desenvolvem bem na faixa de temperatura entre 20°C e 25°C (AMARAL, 2016). Temperaturas altas devem ser evitadas, ocasionando elevados níveis de transpiração. Já temperaturas abaixo da condição adequada diminuem o metabolismo das plantas, proporcionando condições inadequadas para o crescimento vegetal (CAMPOE et al., 2013).

A umidade é um fator crucial no desenvolvimento de diferentes culturas agrícolas e florestais, pois a diminuição na quantidade de água nas mudas acarreta na morte das plantas, sendo que o aumento da área foliar pode acarretar perdas pela transpiração, tornando-a mais crítica nos períodos de alta temperatura (AMARAL, 2016). Alfenas et al. (2009) destacaram que a umidade excessiva tem que ser evitada, já que proporciona dificuldade em relação as trocas gasosas, além de poder aumentar a lixiviação de nutrientes e a incidência de doenças.

Em viveiros, a umidade é facilmente alterada no ambiente de produção com o ajuste e ativação do sistema de irrigação, mantendo a umidade no ambiente de cultivo e nas folhas, permitindo que as folhas permaneçam ativas (ANDRADE et al., 2014).

O teor do vapor de água do ar no interior da estufa é influenciado pela evapotranspiração em função de manter o substrato desse ambiente perto à capacidade de campo por meio da irrigação (SANTOS et al., 2010). Alta umidade observada durante os períodos nublado e a noite, onde muitos produtores priorizam o controle da temperatura, esquecendo o manejo da ventilação, que deve ser levando em consideração com a interação entre variáveis (ASSUNÇÃO et al., 2008).

2.4 Produção e qualidade de mudas

O viveiro para a produção de mudas florestais é a base do processo florestal, sendo responsável pelo abastecimento das mudas utilizadas na implantação dos povoamentos (TATAGIBA et al., 2015), sendo considerado uma fase importante para no estabelecimento florestal (SOUZA et al., 2005).

Mudas de qualidade estão relacionadas ao sucesso em campo, sobrevivência e crescimento, elas possuem características definidas que determinam sua qualidade, robustez. Obter um alto padrão se deve ao fato de serem consideradas frágeis, necessitando de proteção inicial, permitindo que resistam às condições adversas após plantio (GOMES et al., 2002; KRATZ e WENDLING, 2013).

Existem vários fatores que afetam o processo produtivo: espécie, substrato, recipientes, manejo hídrico e nutricional (FIGUEIREDO et al., 2011). Com o manejo adequado nos viveiros pode-se adquirir mudas num menor ciclo de produção, visando aumentar a sua qualidade sobre o menor custo (UESUGI, 2014).

Vários fatores contribuem para o sucesso de um povoamento, sendo as práticas no viveiro e o uso da silvicultura são fundamentais para assegurar o estabelecimento bem sucedido de mudas (GROSSNICKLE e MACDONALD, 2017). Para Bellote e Silva (2015) o sucesso dependem do padrão de qualidade das mudas. Gonçalves et al. (2015) reforçam que isso é fundamental para garantir o sucesso do reflorestamento. Assim, os viveiros florestais necessitam produzir mudas com atributos que favoreçam seu estabelecimento em campo e o maior potencial de crescimento (SANTOS et al., 2000).

Muitos indicadores foram desenvolvidos na avaliação da qualidade das mudas nos viveiros florestais, estando relacionados com o futuro sucesso no campo, sendo utilizadas as variáveis morfofisiológicas (FIGUEIREDO et al., 2011). Mudas dentro da faixa de valores apropriada para as variáveis de qualidade aumentam o desempenho inicial após o plantio (GROSSNICKLE e MACDONALD, 2017).

A qualidade das mudas baseiam-se nas variáveis relacionados a diferentes aspectos, como os fenotípicos, morfológicos, e nos internos, fisiológicos (GOMES et al., 2002). As características morfológicas são consideradas como relativamente de fácil obtenção, como a conformação do sistema radicular e altura, sendo os mais empregados na determinação da qualidade (TSAKALDIMI et al., 2013; GROSSNICKLE e MACDONALD, 2017).

2.5 Fisiologia das plantas: trocas gasosas

A produtividade vegetal resulta de vários eventos relacionados à eficiência fotossintética de determinada cultura, onde a matéria orgânica absorvida pela planta na fase de desenvolvimento passa pelo processo fotossintético de fixação de carbono (MANTOAN, 2013). A eficiência de carboxilação, definida segundo Araújo et al. (2013), é a velocidade com que o CO_2 fixado é processado pela cultura, que por sua vez, depende da atividade enzimática e disponibilidade de CO_2 , sendo influenciada pela concentração do rubisco (FERREIRA JUNIOR, 2013).

Com o uso de diferentes microambientes proporcionado por diferentes filmes agrícolas, existem vários mecanismos em que estão entrelaçados com as condições de luminosidade no ambiente de produção, onde a planta transmite indicadores do seu comportamento com as variáveis climáticas, mas precisamente as folhas por estarem diretamente relacionadas com esses fatores (LIBERATO et al., 2006).

Os valores de concentração interna de carbono (C_i) pode ser acompanhado com o aumento na condutância estomática (g_s), sendo os estômatos o principal fator da limitação fotossintética, de modo que a maior difusão de CO_2 ocorre na abertura estomática (NASCIMENTO, 2009). A produtividade de mudas podem ser influenciados pelas taxas de transpiração e assimilação fotossintética. É sabido que o aumento da radiação solar, tanto na faixa da luz vermelha quanto na azul, exerce influência na abertura dos estômatos e, conseqüentemente, na taxa fotossintética (FIGUEIREDO et al., 2014).

A qualidade e a intensidade da luz são fatores ambientais que podem impactar diretamente as trocas gasosas, bem como diversos processos e vias metabólicas (COSTA e MARENCO, 2007). As plantas respondem às mudanças no comprimento de onda da luz no ambiente, promovendo padrões específicos nas reações químicas que ocorrem em seu metabolismo (FERRAZ et al., 2011).

Em geral, nem todos os comprimentos de onda da luz visível (400 a 700 nm) são igualmente importantes para desencadear uma resposta nas plantas devido à alteração do espectro de luz (SANQUETTA et al., 2014). Há uma maior eficiência na estimulação da abertura dos estômatos no comprimento de onda da luz azul (500 nm) em comparação com a luz vermelha (700 nm). Isso ocorre porque as células-guarda possuem um fotorreceptor específico para a luz azul (NASCIMENTO, 2009).

3 Material e Métodos

3.1 Local, período, delineamento experimental e materiais genéticos

A pesquisa foi realizada entre os meses de março de 2018 a novembro de 2019, em viveiro suspenso e setorizado, do Departamento de Ciência Florestal (DCF) na Fazenda Experimental Lageado, e na Fazenda Edgárdia, ambas pertencentes a Faculdade de Ciências Agrônômicas (FCA), Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), em Botucatu, localizado na região centro-oeste do Estado de São Paulo (22°51'03" de latitude Sul e 48°25'37" longitude Oeste).

O município possui alto gradiente de altitude, entre 400 a 500 m na região mais baixa e 700 a 900 m na região serrana, provocando variações na temperatura do ar no município. De acordo com a classificação de Köppen (ALVARES et al., 2013), o clima da região é do tipo Cfa - clima temperado quente (mesotérmico), verão quente e úmido com elevada precipitação e inverno seco (LENS, 2016), com temperatura média do mês mais quente sendo superior a 22°C e precipitação anual média de 945,15 mm (CUNHA; MARTINS, 2009).

A pesquisa consistiu em experimentos de viveiro e campo com três clones de *Eucalyptus* spp, sendo cada clone considerado um experimento.

No viveiro, foi utilizado o delineamento experimental inteiramente casualizado em esquema fatorial 3x4, sendo três microambientes de produção nas quatro estações do ano, iniciado no outono de 2018 e finalizado no verão de 2019.

Para cada tratamento, foram adotadas quatro repetições (bandejas), onde as 12 plantas centrais foram consideradas úteis para avaliações e as 20 restantes formaram a bordadura, totalizando dessa maneira 48 plantas úteis por tratamento e 144 plantas úteis em cada experimento/clone/estação do ano. Os microambientes testados foram:

1. microambiente com cobertura de filme plástico agrícola Suncover Difuso C655 (difusor; 150 micra).
2. microambiente com cobertura de filme plástico agrícola fotosselativo Suncover AV Blue® C699 (azul; 150 micra).
3. microambiente a pleno sol.

O quadro 1 apresenta as características dos filmes agrícolas usados na pesquisa.

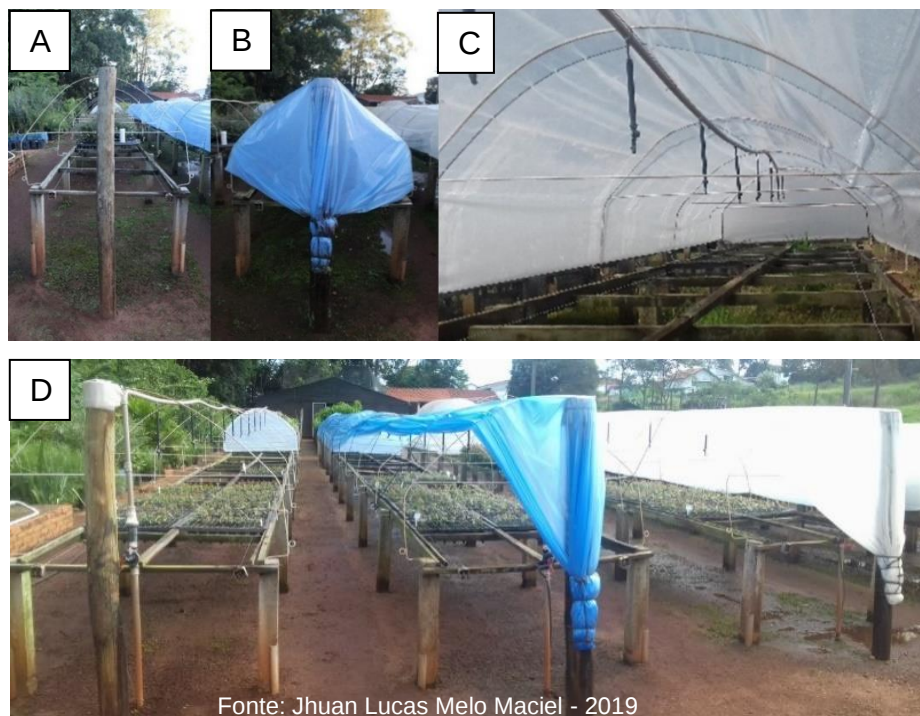
Quadro 1 – Descrição, fornecida pela empresa, das características dos filmes plásticos para cobertura de estufa agrícola utilizados no experimento.

Características	Suncover Difuso C655	Suncover AV Blue
Espessura	150 micra	150 micra
Transmissão da Luz PAR	85%	78%
Difusão da Luz PAR	55%	67%
Proteção contra raios ultravioletas	Sim	Sim
Efeito fotoconversão	Não	Sim

Efeito fotoconversão - capaz de selecionar comprimentos de onda mais favoráveis para as plantas (radiação PAR), convertendo faixas de luz menos aproveitadas pelas plantas no processo fotossintético em comprimentos de onda com maior efetividade.

Os canteiros suspensos tipo minitúnel, não climatizado, foram construídos com arcos de ferro galvanizado (Figura 1A e 1C), apresentando área total de 24 m², com 1,20 m de largura x 20,0 m de comprimento e altura de 1,70 m acima do nível do solo no centro do arco (Figura 1B e 1D).

Figura 1 – Canteiro suspenso e setorizado a pleno sol (A) e azul (B); Interior do minitúnel com filme plástico difusor (C); Vista geral dos ambientes de produção de mudas após instalação do experimento de outono (D)



No campo, o delineamento foi em blocos casualizados, constituídos por três blocos de 20 plantas por parcela, totalizando 60 plantas úteis por tratamento e 540 plantas no experimento. Área utilizada no plantio foi de 180m de comprimento por 18m de largura, totalizando 3.240 m² (Figura 2).

Somente as mudas produzidas no viveiro na primavera e no verão foram implantadas no campo, respectivamente, no verão e no outono, terminando a avaliação em novembro de 2019. Os materiais genéticos utilizados foram o híbrido natural de *Eucalyptus urophylla* (clone I144) e dois híbridos de *E. urophylla* x *E. grandis* (clone IPB02 e IPB13).

Para escolha dos materiais genéticos considerou-se a importância atual destes clones na silvicultura brasileira e o potencial de enraizamento das estacas. O clone I144 é o que apresenta a maior área plantada, até o momento, além de apresentar alto percentual de enraizamento. Os clones IPB02 e IPB13 apresentam baixo percentual de enraizamento e baixo desenvolvimento na fase de produção de mudas, gerando demandas por pesquisas que possam melhorar o desempenho em viveiros.

Figura 2 – Área destinada para o plantio em campo



3.2 Sistema de produção das mudas e tratos silviculturais no campo

As mudas foram produzidas por meio de propagação vegetativa via miniestaquia, sendo a coleta das miniestacas realizadas de maneira seletiva no minijardim clonal. Em função da época do ano, o intervalo entre cada coleta variou de 1 a 3 dias, tomando o cuidado de manter a padronização estabelecida quanto à seleção dos brotos.

Após a coleta dos brotos, foram preparadas as miniestacas (parte terminal do broto com a gema apical), com corte reto na região basal. As miniestacas apresentavam comprimento de 7 cm (± 1 cm) contendo um par de folhas.

Os recipientes utilizados na produção de mudas foram tubetes cilindro-cônicos de polietileno com capacidade volumétrica de 55 cm³ com seis estrias salientes. Os

tubetes foram acondicionados nas 176 células de cada bandeja de polipropileno com preenchimento de 100% da capacidade da bandeja na fase de enraizamento.

A região basal da estaca foi inserida nos tubetes com a inserção de aproximadamente 3 cm da região basal da estaca no substrato de cultivo. O substrato utilizado no experimento foi o produto comercial Carolina Soil Florestal®, fabricado pela empresa Carolina Soil do Brasil Ltda, composto por turfa de *Sphagnum*, casca de arroz carbonizada e vermiculita (2:1:1; base volume). Quadro 2 apresenta a caracterização do substrato.

Quadro 2 - Características físicas e químicas do substrato utilizado nos experimentos

Características físicas	Porosidade (%)			Retenção de água (mL tubete ⁻¹)
	Macro	Micro	Total	
	27,7	51,0	78,7	24,3
Características Químicas	Condutividade elétrica (mS cm ⁻¹)			pH
	0,5			6,5

Para o enraizamento, as estacas permaneceram em casa de vegetação (Figura 3A) em período de 30 dias após estaqueamento (DAE), tempo utilizado para todos os experimentos ao longo das estações do ano, a fim de padronizar o ciclo de produção. No interior da casa de vegetação ao longo do dia foi mantido umidade relativa do ar acima de 80 % (Figura 3B) para evitar a transpiração das estacas. O sistema de irrigação na casa de vegetação foi por microaspersão do tipo nebulização com lâmina média diária de 4 mm, acionado automaticamente por painel elétrico durante 15 segundos a cada 15 minutos, das 9 às 16 horas. Nesta fase não houve fertirrigação.

Figura 3 – Casa de vegetação para enraizamento das estacas (A); Umidade relativa do ar (UR ≥ 80%) e temperatura (T > 30 °C) na casa de vegetação (B)



Em seguida, as estacas foram transferidas para casa de sombra, composta por tela de sombreamento de 50% para aclimação durante 7 dias. O sistema de irrigação foi composto por microaspersores invertidos com vazão de 105 L h⁻¹, acionados automaticamente por painel elétrico durante 30 segundos a cada hora, das 9 às 16

horas. A data das atividades desenvolvida em cada experimento é detalhada conforme o Quadro 3.

Quadro 3 - Data das atividades desenvolvida de cada experimento durante as estações do ano

Atividades desenvolvida	Outono	Inverno	Primavera	Verão
Coleta de brotos/Estaqueamento	01/03	25/05	14/09	05/12
Saída casa de vegetação/Entrada casa de sombra (30 DAE)	30/03	26/06	14/10	05/01
Saída casa de sombra/Início aplicação dos tratamentos (37 DAE)	06/04	03/07	21/10	12/01
Final da fase de crescimento/Início da fase de rustificação (80 DAE)	19/05	15/08	03/12	24/02
Final do experimento (90 DAE)	29/05	25/08	13/12	06/03

Após o processo de aclimação, as mudas foram transferidas para canteiros suspensos tipo minitúnel para alocação nos microambientes (Figura 4A). As mudas foram previamente selecionadas, a fim de garantir que a média da altura não diferisse estatisticamente ($p < 0,05$) quando da alocação nos microambientes.

As mudas foram distribuídas com preenchimento de 25 % da capacidade da bandeja, perfazendo 128 mudas/m² tanto na fase de crescimento e rustificação. As bandejas foram identificadas com o número da repetição e o respectivo tratamento a que seriam submetidas (Figura 4B), onde permaneceram até os 90 DAE, sendo considerado de 37 a 79 DAE fase de crescimento e de 80 a 90 DAE fase de rustificação.

O sistema de irrigação na fase de crescimento e rustificação foi composto por microaspersores invertidos com vazão de 105 L h⁻¹ com espaçamento de 1 m entre os bocais, acionados automaticamente durante 7 minutos e 27 segundos, com ciclo a cada 3 horas, irrigando as 9:00, 12:00 e as 15:00 horas, realizando três irrigações diárias. Na fase de crescimento e rustificação para todos os microambientes, incluindo o pleno sol, a lâmina média de irrigação foi de 12 mm. No microambiente a pleno sol ainda houve o acréscimo da precipitação de acordo com as estações do ano.

As adubações realizadas foram via fertirrigação usando o sistema de diluição Venturi (Figura 5A), sendo aplicadas com periodicidade de 3 vezes por semana.

Figura 4 – Canteiros suspensos tipo minitúnel para aplicação dos respectivos tratamentos (A); Identificação das bandejas (B)



Fonte: Jhuan Lucas Melo Maciel - 2019

A aplicação da fertirrigação com solução nutritiva para a fase de crescimento foi realizada dos 37 DAE aos 79 DAE. A solução de macronutrientes foi composta pelos fertilizantes monoamôniofosfato purificado, sulfato de magnésio, cloreto de potássio, nitrato de cálcio e ureia nas concentrações de 295; 84; 200; 160; 38 e 52 mg L⁻¹ de N, P, K, Ca, Mg e S. A solução de micronutrientes foi composta por ácido bórico, molibdato de sódio, sulfato de manganês, sulfato de zinco, sulfato de cobre e sulfato de ferro nas concentrações de 4,6; 3,9; 1,2; 0,6; 0,3; e 25 mg L⁻¹ de B, Mn, Zn, Cu, Mo, e Fe. A condutividade elétrica da solução foi de 2,3 dS m⁻¹.

As adubações de rustificação foram realizadas três vezes por semana dos 80 aos 90 DAE, sendo aplicada via fertirrigação em todos os tratamentos (Figura 4B). A solução foi composta com cloreto de potássio na concentração de 700 mg L⁻¹ de K.

Figura 5 – Sistema de diluição Venturi para as adubações de crescimento e rustificação (A); Aplicação da adubação de rustificação nas mudas (B)



Fonte: Jhuan Lucas Melo Maciel - 2019

Os minitúneis ficavam fechados todo o período do experimento, sendo aberto apenas para realizar as fertirrigações e as avaliações das mudas.

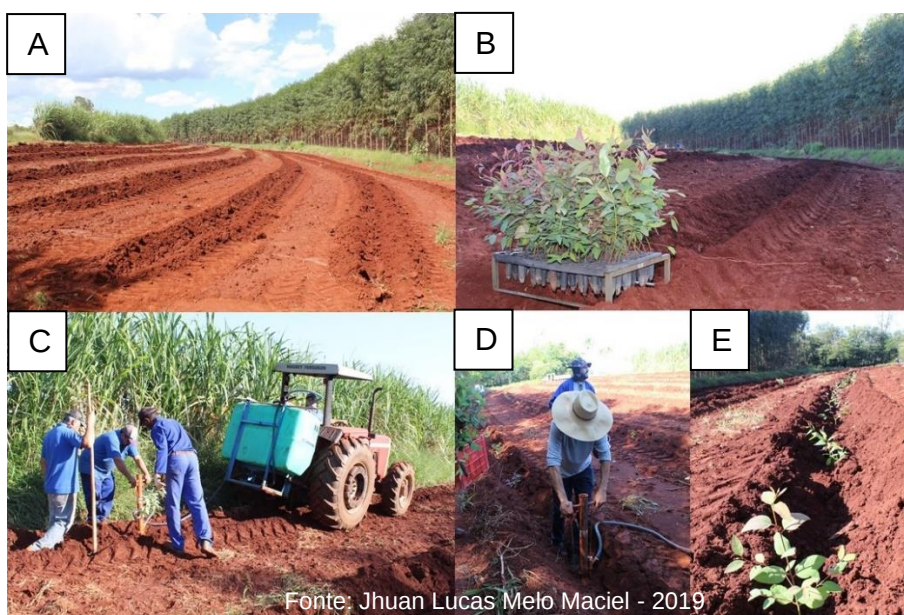
A implantação dos experimentos no campo, foi iniciado com o preparo do solo 30 dias antes do plantio que consistiu das seguintes operações: aplicação de herbicida

pós-emergente, aplicação de formicida em área total de forma sistemática (após dessecação das plantas daninhas), revolvimento do solo com uso de grades acopladas ao trator (após 10 dias da aplicação do formicida), subsolagem na linha de plantio com profundidade de 40 cm (Figura 6A), adubação corretiva e de base e plantio com auxílio de uma matraca (Figura 6D), irrigação com aproximadamente 1 L de solução de água com polímero hidrorretentor por planta (Figura 6D)

A calagem e adubação de base foi feita no dia do plantio de forma localizada. Utilizou se calcário dolomítico na dosagem de 1 tonelada ha^{-1} (60 g por planta) e N-P-K 6-30-6 (50 g por planta). Ambos foram misturados e aplicados em duas covetas laterais, a uma distância de 15 cm da muda, posteriormente cobrindo com o solo.

O espaçamento adotado foi 3 x 2 (3 metros na entrelinha por 2 metros na linha (Figura 6E).

Figura 6 – Preparo da área de implantação do plantio (A); Mudas para composição de uma linha de plantio (B); Aplicação semimecanizada de gel hidratado (C); Operação do plantio com matraca (D); linha após o plantio (E)



Quinze dias após o plantio, as plantas foram irrigadas com auxílio de uma mangueira acoplada a um tanque fornecendo em média 1 L de água por indivíduo. Aos 20 dias após o plantio, houve o replantio das mudas mortas.

Durante o período da pesquisa, quando necessário houve a capina manual (ao redor nas mudas) e mecânica (nas entrelinhas) para evitar a competição com plantas

daninhas, bem como o controle de formigas cortadeiras por meio de iscas formicidas a base de sulfluramida na área da pesquisa e no entorno.

3.3 Avaliações

3.3.1 No viveiro

3.3.1.1 Variáveis Meteorológicas

Para avaliar a influência dos fatores ambientais no desenvolvimento e qualidade das mudas, foram obtidos os dados referentes à temperatura, umidade relativa do ar, precipitação, radiação solar global e radiação fotossinteticamente ativa durante o período do experimento, obtidos de uma estação climatológica automática, instalada junto ao viveiro.

3.3.1.1.1 Radiação solar global

A radiação solar global (R_g) foi medida frequentemente na estação de radiometria solar, situada cerca de 480m do experimento, pertencente a Faculdade de Ciências Agrônômicas (FCA) da UNESP de Botucatu-SP, por um piranômetro Eppley PSP, sensor CM3 (Kipp-Zonen). Seus valores foram disponibilizados para a pesquisa durante o período do experimento.

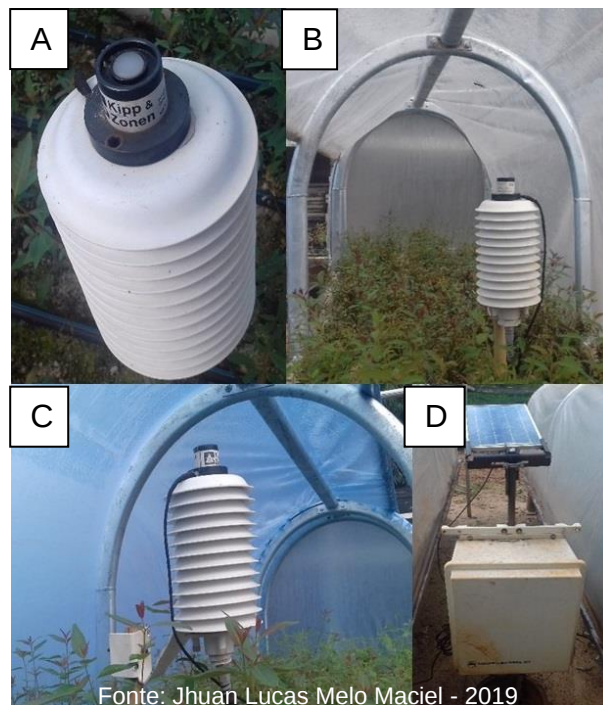
Os dados de radiação passaram por um controle de qualidade, com eliminação de valores discrepantes e horários antes do nascer e após o pôr do sol. Os dados de irradiância, em W/m^2 , foram integrados na partição diária, tendo como unidade o $MJ/m^2/dia$ (GOMES et al., 2018), sendo assim, todos os valores de radiação representarão valores diários de energia incidente sobre a superfície.

3.3.1.1.2 Radiação fotossinteticamente ativa interna

Para a obtenção da radiação fotossinteticamente ativa interna (RFA) foi obtido diariamente por meio do sensor modelo PAR LITE - LI190SB da Kipp-Zonen (Figura 7A). Para aquisição dos dados, foi utilizado um *datalogger* Campbell CR23X (Figura 5D), interligado a uma placa MULTIPLEX, operando na frequência de 1 Hz, captando leituras a cada 10 segundos e armazenando médias de 30 minutos. Os equipamentos foram instalados e mantidos na região central da estufa tipo minitúnel, a fim de evitar possíveis interferências espaciais (Figura 7B e 7C).

Os dados coletados foram pareados de acordo com a estação meteorológica Lageado/FCA/Unesp, sendo que para cada ambiente de produção foi gerado gráficos com valor médio, máximo, mínimo e ao longo do dia para cada estação do ano.

Figura 7 – Sensor modelo PAR LITE da Kipp-Zonen (A) instalado na região central da estufa tipo minitúnel com cobertura de filme agrícola difusor (B) e azul (C); *datalogger* Campbell CR23X utilizado na obtenção dos dados (D)



3.3.1.1.3 Temperatura do ar, Umidade Relativa do ar e Precipitação

Para as medições de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) e umidade relativa do ar (%) foi utilizado *datalogger* à prova d'água da marca Akso, modelo AK174. O equipamento pode atuar na faixa de medição para temperatura de no mínimo -30 e no máximo 85°C , umidade relativa de 0 a 100%, resolução de $0,1^{\circ}\text{C}$ / $0,1\%\text{UR}$ e exatidão de $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ / $\pm 3\%\text{UR}$. Durante o experimento o equipamento foi instalado na região central de cada microambiente para evitar possíveis interferências espaciais, sendo alocado em suporte de fixação (Figura 8) e mantido um *datalogger* em cada microambiente de produção, sendo protegido por uma estrutura de cano PVC com a finalidade de proteção do excesso da água proveniente da irrigação diária.

Os dados foram obtidos por meio de leituras diárias, armazenando médias a cada 10 minutos ou 600 segundos, correspondente a valores obtidos de 5 em 5 segundos. Os valores foram obtidos diretamente dos microambientes para os anos de 2018 e 2019.

Figura 8 – Datalogger à prova d'água da marca Akso, modelo AK174 fixado em suporte no canteiro suspenso a pleno sol



Os dados coletados foram pareados de acordo com a estação meteorológica, sendo que para cada ambiente de produção foi gerado gráficos com valores médio, máximo, mínimo e ao longo do dia para cada estação do ano.

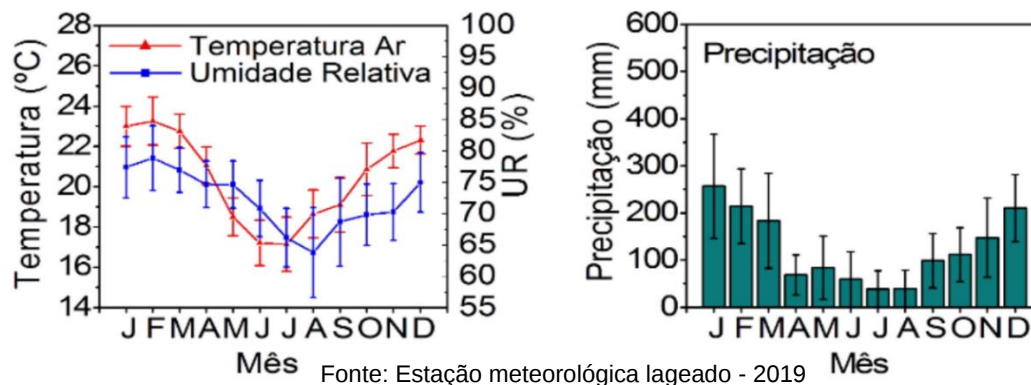
Para o período do experimento os dados de precipitação foram obtidos da estação meteorológica do Lageado da Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp de Botucatu.

A Figura 9 mostra o histórico das médias climáticas da temperatura do ar, umidade relativa do ar e precipitação, do período de 01 de janeiro de 1971 a 31 de dezembro de 2013 para o município de Botucatu obtida da estação meteorológica do Lageado.

A evolução anual demonstra que a temperatura e umidade relativa são maiores quando o sol declina próximo da latitude local e menor quando declina mais distante da latitude local (DAL PAI, 2010). Fevereiro apresenta-se como o mês mais quente, com média de 23,0 °C, julho como o mais frio, com média de 17,0 °C. O mês de agosto aparece com o menor valor de umidade relativa do ar e fevereiro com maiores valores em média.

A precipitação média anual acumulada apresenta-se com menor valor de chuvas em junho e maior valor em janeiro, sendo o período mais chuvoso ocorrendo de outubro a março, nas estações primavera e verão, e o menos chuvoso entre abril e setembro.

Figura 9 - Séries climáticas de temperatura do ar, umidade relativa e precipitação no período de 01 de janeiro de 1971 a 31 de dezembro de 2013 para o município de Botucatu



3.3.1.2 Variáveis morfofisiológicas

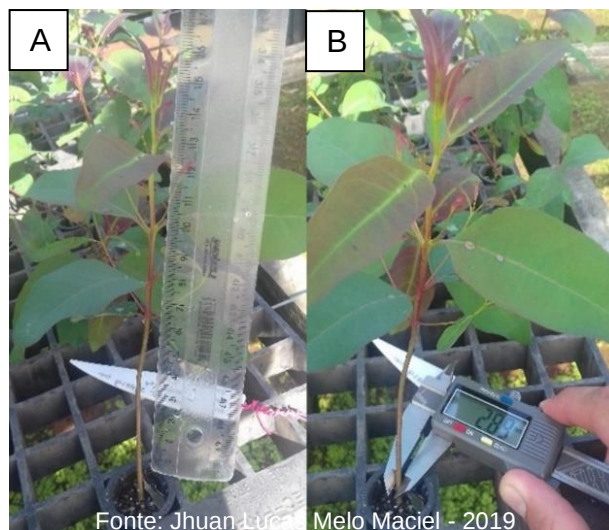
3.3.1.2.1 Altura e Diâmetro do colo

A altura (H) foi avaliada com auxílio de uma régua milimetrada de 50 cm, a partir da borda do tubete até a gema apical (Figura 10A).

O diâmetro do colo (DC) foi avaliado por meio de um paquímetro digital, medindo rente a borda do tubete (Figura 10B).

Para os experimentos de outono e inverno foram realizadas aos 80 e 90 DAE, já para os experimentos realizados nas estações primavera e verão foi realizado medições semanais, iniciando aos 45 DAE, sendo ao todo sete avaliações de H e DC a fim de determinar o desenvolvimento em viveiro.

Figura 10 – Medição de altura (A) e diâmetro do colo (B) das mudas



3.3.1.2.2 Massa seca

A massa seca da parte aérea (MSA) foi determinada a partir do corte das mudas (Figura 11A) próximo ao nível do substrato. Para a obtenção da massa seca radicular (MSR), as raízes foram lavadas em água corrente sobre peneira.

Uma vez limpo das impurezas do substrato, o sistema radicular, assim como as folhas e caule foram embalados em sacos de papel devidamente identificados com seus respectivos tratamentos e repetições (Figura 11B), e colocados em estufa de circulação forçada a 65 °C (Figura 11C), até atingirem massa constante, as quais foram obtidos em balança eletrônica de precisão de duas casas decimais.

Figura 11 – Mudas de Eucalipto utilizadas para obtenção da massa seca (A); Identificação de seu respectivo tratamento no saco de papel (B); Estufa de circulação forçada para secagem (C)



Com os valores obtidos das massas secas da parte aérea e radicular, foi determinada a massa seca total (MST) das mudas, realizando a soma das duas massas.

3.3.1.2.3 Conformação do sistema radicular (CSR)

Para essa avaliação, foram utilizadas as mesmas mudas para obtenção das massas secas, aos 90 DAE, por meio da metodologia descrita por Simões et al. (2012), que consiste na caracterização realizada por três avaliadores, sendo concedido três diferentes conceitos de 1 a 3, sendo 1 considerado “ótimo”, seria o sistema radicular sem nenhuma flexibilidade, ou seja, bem estruturado, formado um torrão firme com a presença de raízes novas (Figura 12A). O conceito 2 é um intermediário, considerado “bom”, sendo outorgado o sistema radicular que apresente boa estruturação, no entanto, com alguma flexibilidade, demandando um maior

cuidado no momento do plantio, visando não prejudicar o desempenho da muda em campo. Os conceiros ótimo e bom foram considerados “aptos” para o plantio. As mudas que não apresentaram agregação do substrato, foram caracterizado com a nota 3, classificado como “ruim”, consideradas inaptas para plantio em campo, não estando no padrão adequado para implantação.

Figura 12 – Conformação do sistema radicular de uma muda de Eucalipto produzida em diferentes microambientes (A); avaliação qualitativa da conformação do sistema radicular (B)



3.3.1.2.4 Índice de qualidade de Dickson

O índice de qualidade de Dickson (IQD) foi determinado usando a fórmula de Dickson et al., (1960).

O IQD foi calculado conforme a fórmula:

$$IQD = \frac{MST (g)}{\left(\frac{H (cm)}{DC (mm)}\right) + \left(\frac{MSA (g)}{MSR (g)}\right)}$$

Onde: MST = Massa seca total; H = Altura, DC = Diâmetro do colo; MSA = Massa seca aérea e MSR = Massa seca radicular.

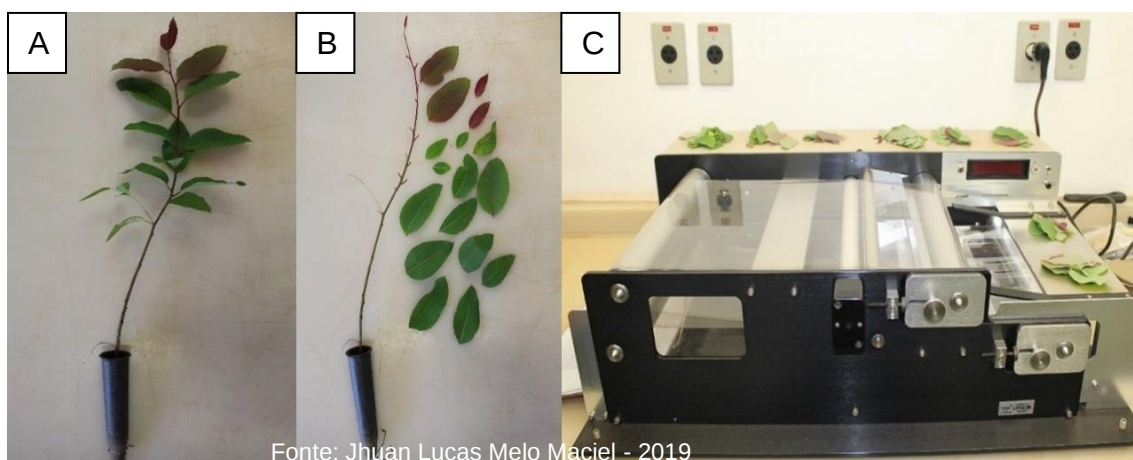
3.3.1.2.5 Número de folhas, área foliar e tamanho médio da folha

Número de folhas (NF) foi determinado por meio de contagem na separação das folhas com o caule para a obtenção da área foliar (AF), realizada pelo método direto (destrutivo), por apresentar maior precisão segundo Ferreira Junior (2013). Este método consiste em retirar todas as folhas do caule de cada muda (Figura 13A e 13B) para a medição da área foliar por meio do aparelho denominado Area Meter LICOR -

modelo LI 3100 (Figura 13C), onde as folhas são inseridas no aparelho para leitura, sendo os valores obtidos em cm^2 .

O tamanho médio das folhas (TMF) foi obtido pela divisão da área foliar pelo número de folhas de cada tratamento.

Figura 13 – Separação das folhas do caule de uma muda de Eucalipto produzida em diferentes microambientes para obtenção do número de folhas e área foliar (A e B); Area Meter LICOR - modelo LI 3100 utilizado para obtenção da área foliar (C)



3.3.1.2.6 Transpiração diária

A transpiração diária (TD, $\text{mg água m}^{-2} \text{ foliar s}^{-1}$), foi avaliada pelo método das pesagens descrito por Silva et al. (2004).

As mudas selecionadas foram irrigadas, às 18:00 horas, por capilaridade até a saturação completa do substrato, em seguida, submetidas à drenagem. Após a drenagem, os tubetes foram envolvidos por sacos plásticos e vedados com fita crepe no colo da muda, para impedir a perda de água por evaporação durante a avaliação.

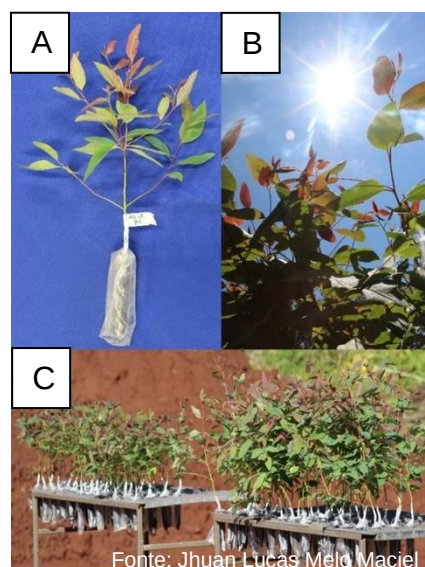
Às 8:00 horas da manhã do dia seguinte, a massa inicial dos conjuntos muda, tubete, saco plástico e fita crepe (Figura 14A) foram pesadas em balança eletrônica de precisão, após essa primeira pesagem foram levados a pleno sol e mantido durante todo o período do dia (Figura 14C). Para essa avaliação foi selecionado um dia de céu limpo (Figura 14B) sendo realizada pesagens dos conjuntos a cada duas horas, até as 18:00 horas.

A última medição foi realizada as 24 horas após o início da avaliação. Ao final desse período, as folhas de cada muda foram retiradas e levadas para medição da

área foliar. Para o cálculo da transpiração diária das mudas em cada tratamento foi utilizada a fórmula:

$$TD = \frac{\frac{\text{Massa seca inicial} - \text{Massa seca final}}{\text{Área Foliar}}}{\text{Tempo}}$$

Figura 14 – Vedação dos tubetes por sacos plásticos e fita crepe no colo da muda (A); condições ambientais no dia da avaliação da transpiração diária (B); condições das mudas avaliadas durante o período do dia (C)



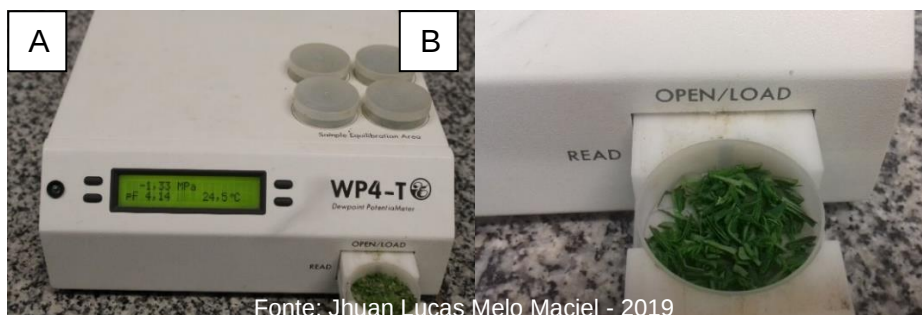
3.3.1.2.7 Potencial hídrico foliar

O potencial hídrico foliar (MPa) foi avaliado por meio do psicrômetro modelo Dewpoint Potential Meter (WP4-T). Para essa avaliação, foram coletadas em dois horários diferentes, antemanhã com coletas antes das 06:00 horas e ao meio dia, com coletas iniciadas às 12:00 horas, sendo selecionado duas folhas maduras e sem defeitos da parte central da muda.

As folhas coletadas, foram armazenadas em cápsulas de amostragem circular, com as dimensões de 4 cm de diâmetro e 1 cm de altura, onde foram alocadas em caixa de isopor com gelo e transportadas para o laboratório.

Para leitura no equipamento WP4-T, as folhas foram cortadas em pequenos filetes, de forma homogênea e inseridas na cavidade do equipamento para realização das leituras (Figura 15A e 15B). As leituras foram realizadas após aproximadamente dois minutos dentro da câmara e após isso os dados foram anotados em planilha.

Figura 15 – Equipamento WP4-T (A), folhas cortadas em pequenos retângulos de forma homogênea para os tratamentos antes de realizado a leitura (B)



Fonte: Jhuan Lucas Melo Maciel - 2019

3.3.1.2.8 Índice de cor verde (ICV)

Aos 90 DAE foi determinado a intensidade de coloração verde das folhas (teor indireto de clorofila) por meio do aparelho medidor portátil Chlorophyll Meter, Modelo SPAD-502 (Figura 16A).

As leituras foram realizadas nas folhas do terço médio (maduras e sem defeitos) (Figura 16B), em três folhas por muda, realizando 3 medições por folha na região central do limbo foliar, evitando-se a nervura central, para a obtenção de uma média por planta. Após isso os dados foram anotados em planilha para posterior análise dos dados.

Figura 16 – Medidor portátil Chlorophyll Meter, Modelo SPAD-502 (A); obtenção das leituras realizadas nas folhas do terço médio das mudas de Eucalipto produzida em diferentes microambientes (B)



Fonte: Jhuan Lucas Melo Maciel - 20

3.3.1.2.9 Trocas Gasosas

As avaliações das trocas gasosas (TG) nas mudas foi realizada aos 90 DAE, no período de 08 h às 10 h da manhã, na terceira folha contada a partir do ápice da planta, folha bem desenvolvida e madura (Figura 17A e 17B), para tanto, utilizou-se

um analisador de gás infravermelho IRGA (ACD, modelo LCPro SD, Hoddesdon, UK) com fluxo de ar de 300 mL min^{-1} e fonte de luz acoplada de $1200 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$.

Na ocasião foram mensuradas a concentração interna de carbono (C_i) ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), condutância estomática (g_s) ($\text{mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), transpiração (E) ($\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), taxa de fotossíntese líquida (A) ($\mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), a eficiência instantânea no uso da água ($EiUA - A/E$) calculada relacionando-a à fotossíntese líquida com a transpiração [$(\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}) / (\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1})$] e a eficiência instantânea de carboxilação ($EiC - A/C_i$) [$(\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1})/(\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1})$] a partir da relação entre a fotossíntese líquida e a concentração interna de carbono.

Essa avaliação foi realizada em manhã de céu limpo sem neblina durante o período de avaliação, a fim de evitar resultados diferentes entre as estações do ano.

Figura 17 – Mudas selecionadas para avaliação da fração de lixiviação (A); Balança eletrônica utilizada para obtenção da massa do conjunto de tubete, muda, saco plástico com elástico (B)



3.3.1.3 Condutividade elétrica da solução lixiviada

A condutividade elétrica (CE) de uma substância é definida como a capacidade dessa substância em conduzir corrente elétrica. A CE da solução escoada pelo fundo do tubete, foi obtida por meio de um condutivímetro de bancada microprocessado (Figura 18), sendo medida antes da fertirrigação (dia 1), no dia da fertirrigação (dia 2), um dia após a fertirrigação (dia 3) e dois dias após a fertirrigação (dia 4), sendo comparada à CE da água sem fertilizantes ($0,070 \text{ dS m}^{-1}$).

Para coletar as soluções lixiviadas, sacos plásticos foram presos com elástico antes da primeira irrigação diária. Após a terceira irrigação diária, a CE das soluções lixiviadas foram realizadas as leituras. Essa avaliação foi selecionada um dia de sol para não ter interferências nas mudas que se encontravam nos canteiros a pleno sol (descoberto).

Figura 18 – Condutímetro de bancada microprocessado para avaliação da condutividade elétrica



3.3.1.4 Análise química do material vegetal

Após a obtenção das medidas de massa seca, os materiais das estações outono e primavera foram moidos utilizando um moinho do tipo Willey. Isso foi feito como parte do procedimento de análise química do material vegetal, seguindo a metodologia estabelecida por Malavolta, Vitti e Oliveira em 1997. Foi determinado a teor e acúmulo de macro e micronutrientes presentes no tecido vegetal das mudas de eucalipto. O acúmulo foi determinado pela multiplicação do teor de um nutriente pelo peso total da planta ou de uma parte específica da planta, como a parte radicular e parte aérea.

A diferença entre o teor e o acúmulo de macro e micronutrientes está na abordagem de medição. O teor se concentra na concentração relativa de nutrientes em relação à matéria seca da planta, enquanto o acúmulo leva em consideração essa concentração juntamente com a biomassa da planta para calcular a quantidade total de nutrientes acumulados. Ambos os conceitos são importantes para entender a nutrição das plantas e planejar estratégias de fertilização eficazes.

Os nutrientes mensurados incluíram nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn). Após a conclusão dessa análise, procedeu-se ao cálculo das massas secas considerando as concentrações dos nutrientes, a fim de quantificar a acumulação de nutrientes pelas plantas.

3.3.2 No campo

As variáveis analisadas para avaliar o desempenho inicial após plantio em campo foram: taxa de sobrevivência, 30 dias após o replantio e desenvolvimento em altura e diâmetro do colo, mensalmente até 150 dias após o plantio, após a avaliação de sobrevivência, houve o replantio das mudas mortas.

Os dados diários referentes à temperatura, umidade relativa do ar, precipitação e radiação solar global foram obtidos da estação meteorológica Lageado durante o período do experimento em campo.

3.4 Amostragem dos dados e análise estatística

As variáveis altura, diâmetro do colo, massa seca, conformação do sistema radicular, índice de qualidade de Dickson, índice de cor verde e condutividade elétrica da solução lixiviada as avaliações foram realizadas nas 12 plantas centrais por repetição (bandeja), sendo ao todo 48 mudas avaliadas por tratamento.

Para número de folhas, área foliar e transpiração diária foram utilizadas 4 mudas por repetição, totalizando 16 mudas por tratamento. O potencial hídrico foliar foi avaliado utilizando folhas de duas mudas de cada repetição, totalizando 8 mudas por tratamento. Os resultados obtidos para trocas gasosas foram correspondentes a quatro mudas por tratamento.

Os dados da análise química do material vegetal foi obtida para as estações outono e primavera, sendo realizado três repetições dos mesmos materiais utilizados na massa seca.

A análise de variância foi utilizada para comparar o efeito dos tratamentos nas variáveis analisadas. Quando o valor do teste F indicou efeito significativo foi realizado o teste de Scott Knott ($p < 0,05$) para comparar as diferenças entre os tratamentos. As análises estatísticas e os gráficos morfofisiológicos foram realizadas no R Core Team (2019), já os gráficos das variáveis climáticas foram desenvolvidos no Sigmaplot.

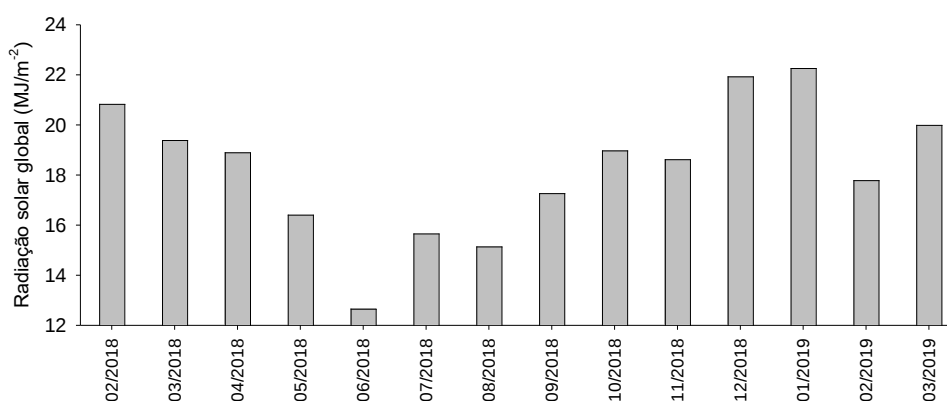
4 Resultados e Discussão

4.1 Pesquisa no Viveiro

4.1.1 Radiação Solar Global

A evolução mensal da radiação solar global (MJ/m^2) para o período de produção das mudas apresentou maior valor no mês de janeiro ($22,27 \text{ MJ/m}^2$) e o menor em junho ($12,66 \text{ MJ/m}^2$), demonstrando ao longo do ano o comportamento durante a fase de produção de mudas (Figura 19).

Figura 19 – Radiação solar global (MJ/m^2) mensal para o período de fevereiro de 2018 a março de 2019



De acordo com a Figura 19, evidencia-se a variação ao longo do ano em função das estações climáticas, sendo as menores médias no inverno e as maiores no verão.

4.1.2 Radiação Fotossinteticamente Ativa

A radiação fotossinteticamente ativa (RFA) na área a pleno sol apresentou valores absolutos maiores que dos microambientes em todas as estações do ano (Figura 20).

No outono, a RFA (Figura 20A) apresentou comportamento semelhante ao inverno (Figura 20B), onde a RFA no interior dos microambientes com filme agrícola azul e difusor permaneceram em grande parte da estação entre os valores de 4 e 2 $\text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$, sendo que o filme agrícola azul apresentou valores sempre abaixo do microambiente com filme agrícola difusor.

No inverno, a RFA no início da estação foi de pouca variação no interior dos microambientes com filme agrícola azul e difusor, sendo a partir do dia 28 de julho de

2018 ocorreu uma diminuição da RFA até o dia 6 de agosto de 2018, passando esse período houve aumento da RFA no final do inverno (Figura 20B).

Para a RFA obtida na primavera, apresentou forte variação ao longo do tempo em todos os microambientes, porém verifica-se que foi a estação onde os filmes agrícolas azul e difusor tiveram maior semelhança (Figura 20C).

No verão, assim como na primavera, houve grande variação na RFA, porém, os valores no verão, na área a pleno sol, foram maiores que na primavera. Já nos microambientes com coberturas os valores do verão foram semelhantes ao da primavera (Figura 20D).

Estes resultados corroboram com as características apresentadas pelos diferentes filmes agrícolas, pois há redução da RFA no filme azul quando comparado ao filme difusor.

As plantas estão adaptadas a se desenvolver dentro de uma faixa estreita de condições ambientais, sendo que cada espécie vegetal pode apresentar diferentes graus de sensibilidade em resposta a fatores ambientais. Pesquisas demonstram que fatores externos podem exercer efeitos vantajosos ou desvantajosos sobre o crescimento da planta, influenciando nas divisões e no metabolismo celular, no crescimento da planta, na fotossíntese e causando alterações na morfologia da planta e na estrutura celular (ANDRADE et al., 2011).

Os valores médios da radiação fotossinteticamente ativa obtidos nos ambientes estudados, ao longo das estações do ano são apresentados na Figura 21. Observa-se que, independente da estação do ano, os valores são menores no interior do ambiente protegido em comparação com o ambiente externo, fato esse se deve à absorção e reflexão promovido pela cobertura do filme agrícola, que diminuiu a incidência da RFA no interior do ambiente protegido pelo uso do filme agrícola.

Em todas as estações do ano no microambiente com cobertura do filme agrícola difusor a RFA média foi maior do que no azul, à exceção da primavera que foram semelhantes. Este filme proporcionou aumento médio de $0,66 \text{ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ no outono, $0,67 \text{ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ no inverno, $0,15 \text{ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ na primavera e $0,72 \text{ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ no verão.

Figura 20 – Variação da radiação fotossinteticamente ativa nos microambientes de produção de mudas azul, difusor e a pleno sol no outono (A), inverno (B), primavera (C) e verão (D)

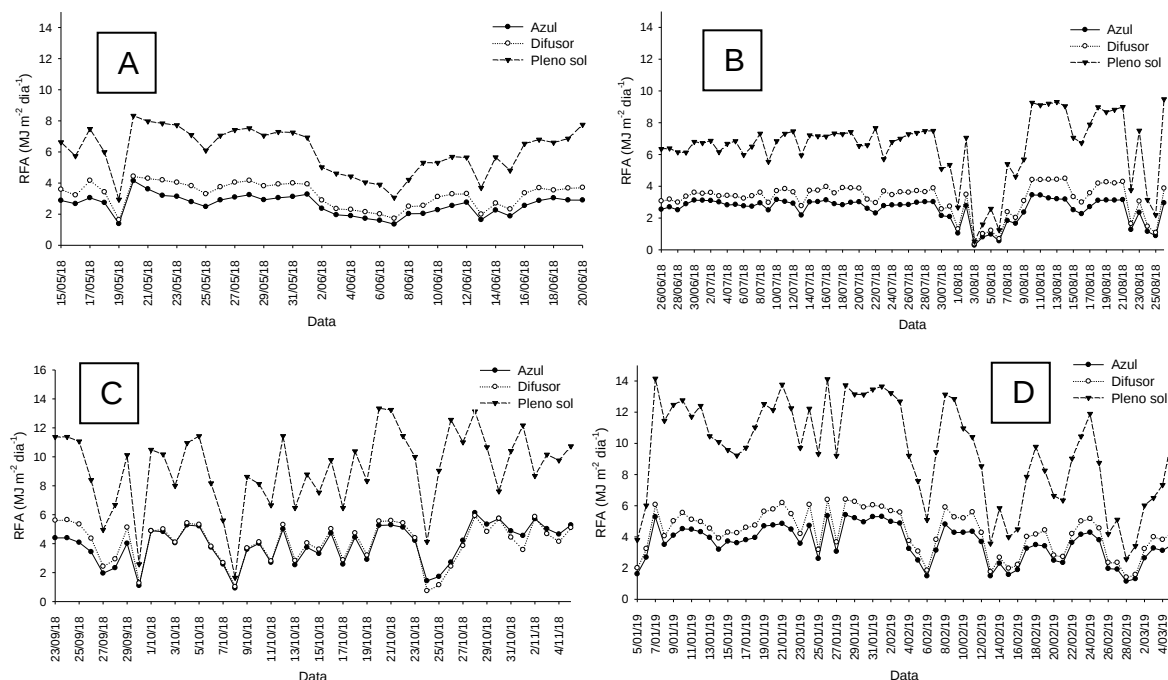
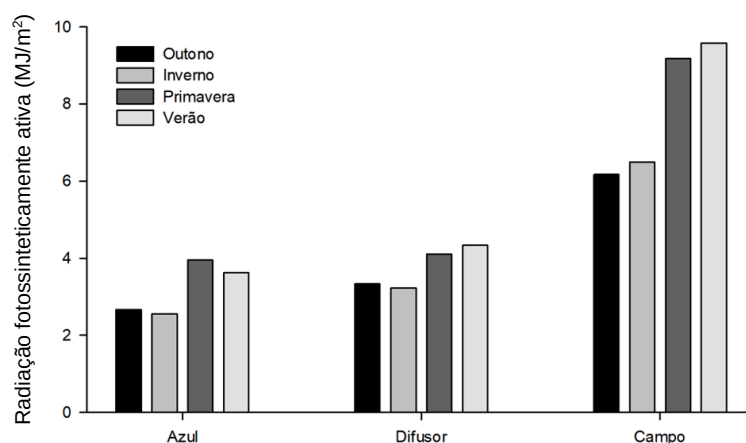


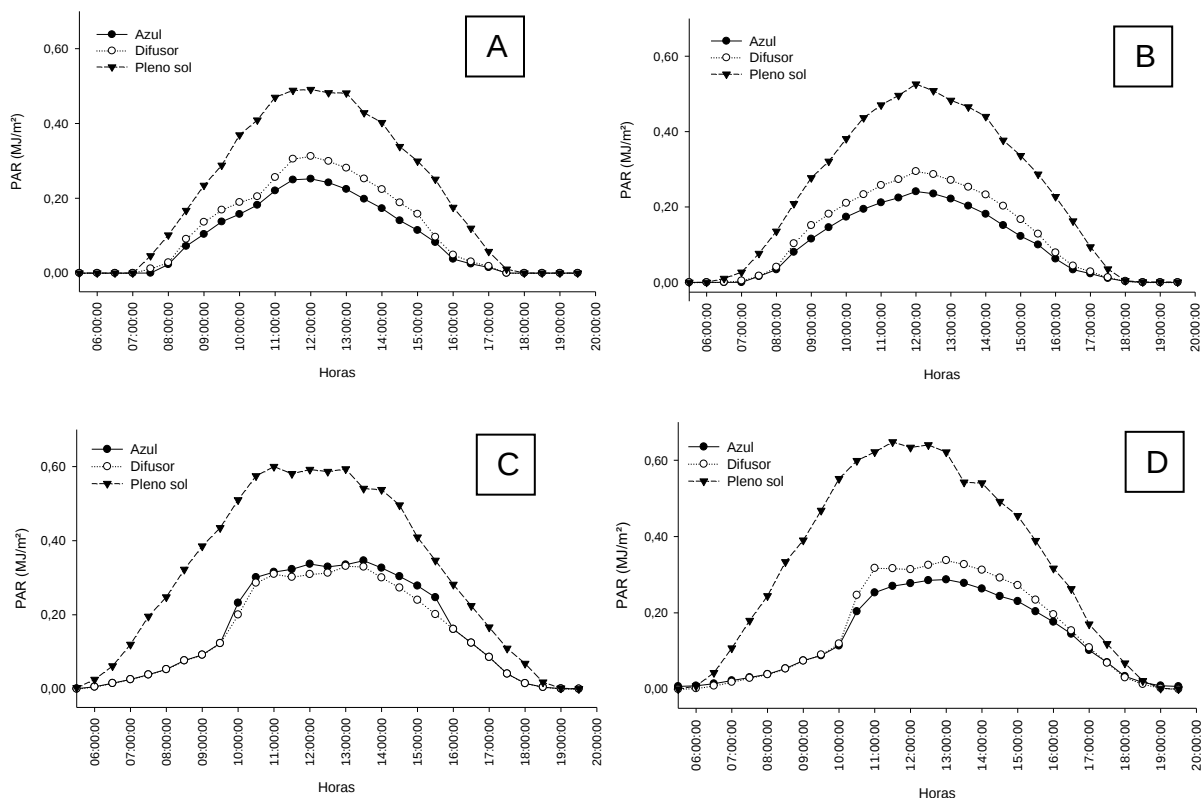
Figura 21 – Radiação fotossinteticamente ativa (MJ/m^2) por estação do ano para o período de fevereiro de 2018 a março de 2019 nos microambientes de produção das mudas



Analisando a variação RFA a cada 30 minutos ao longo do dia em cada estação do ano (Figura 22), observa-se o mesmo comportamento encontrado na Figura 20, ou seja, menores valores no interior do ambiente protegido em comparação com o ambiente externo, sendo o microambiente com filme agrícola azul apresentando menores valores em relação ao filme agrícola difusor.

Verifica-se que na primavera e verão (Figuras 22C e 22D) os maiores valores ocorrem mais cedo e tem maior duração, quando comparado ao outono e inverno (Figuras 22A e 22B).

Figura 22 – Variação ao longo do dia radiação fotossinteticamente ativa nos microambientes de produção de mudas a azul, difusor e a pleno sol no outono (A), inverno (B), primavera (C) e verão (D)

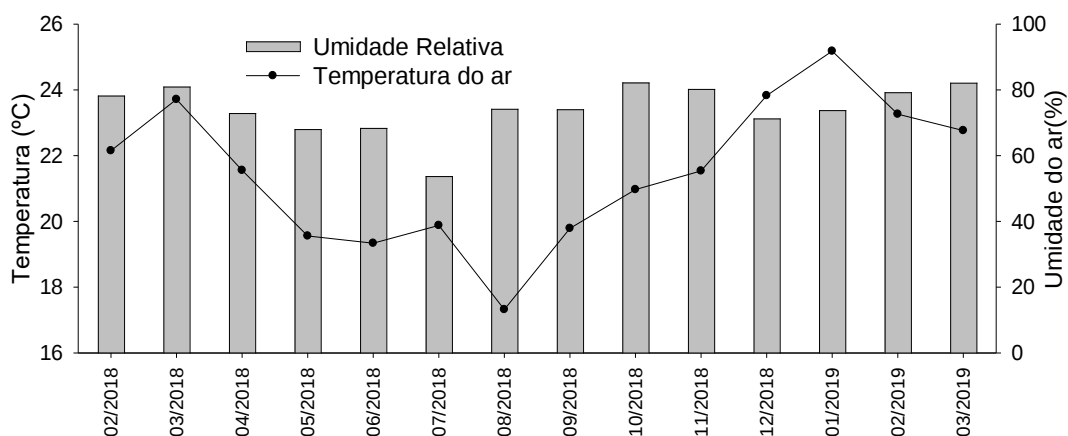


4.1.3 Temperatura e Umidade Relativa do ar

A evolução mensal da temperatura e umidade relativa do ar média segue a variação astronômica da declinação solar, na qual a temperatura é mais elevada quando o Sol declina mais próximo da latitude local, e os valores da radiação são maiores, e quando declina no hemisfério norte mais distante da latitude local apresenta os menores valores, conforme relatado por Dal Pai (2010).

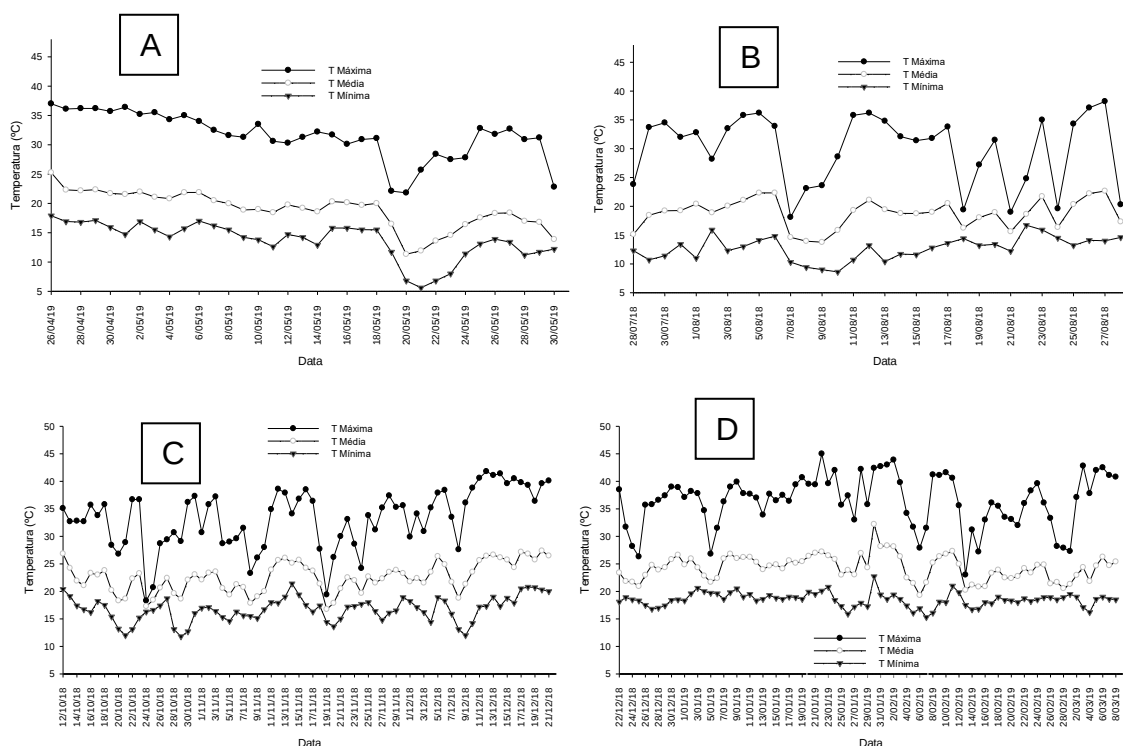
Os meses de janeiro e agosto foram o mais quente e mais frio do ano, respectivamente, com temperaturas médias de 25,2 °C e 17,3 °C, enquanto nos meses de março e outubro são os meses mais úmidos, com umidade relativa acima de 80,0 % e julho como o mês menos úmido, com 53,8 % (Figura 23).

Figura 23 – Temperatura e umidade relativa mensal para o período de fevereiro de 2018 a março de 2019



As Figuras 24, 25 e 26 mostram o padrão de variação das temperaturas média máxima e mínima nos três microambientes nas estações do ano. No outono, as temperaturas média e máxima não variaram entre os microambientes (Quadro 4).

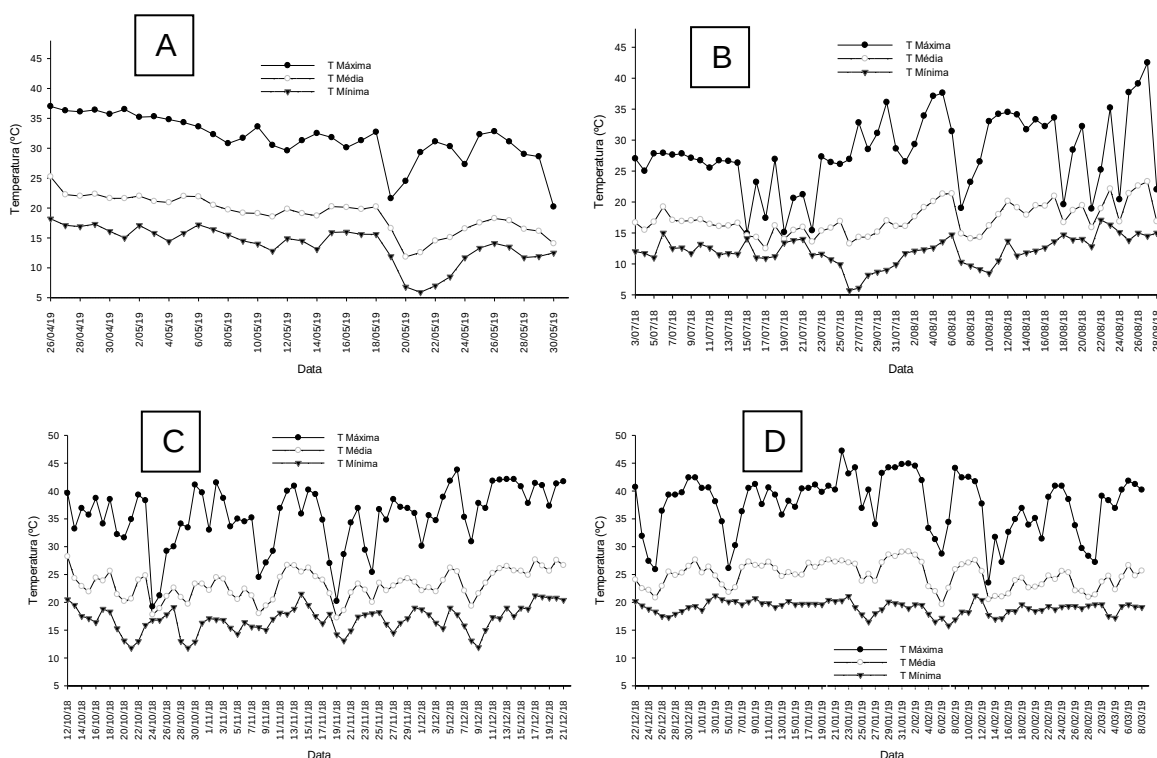
Figura 24 – Variação da temperatura média, máxima e mínima para o microambiente a pleno sol no outono (A), inverno (B), primavera (C) e verão (D)



A temperatura mínima foi superior no minitúnel com filme azul quando comparado ao filme difusor e área a pleno sol (0,3 °C). No inverno, o microambiente a pleno sol apresentou as maiores temperaturas. Nesta estação do ano observou-se

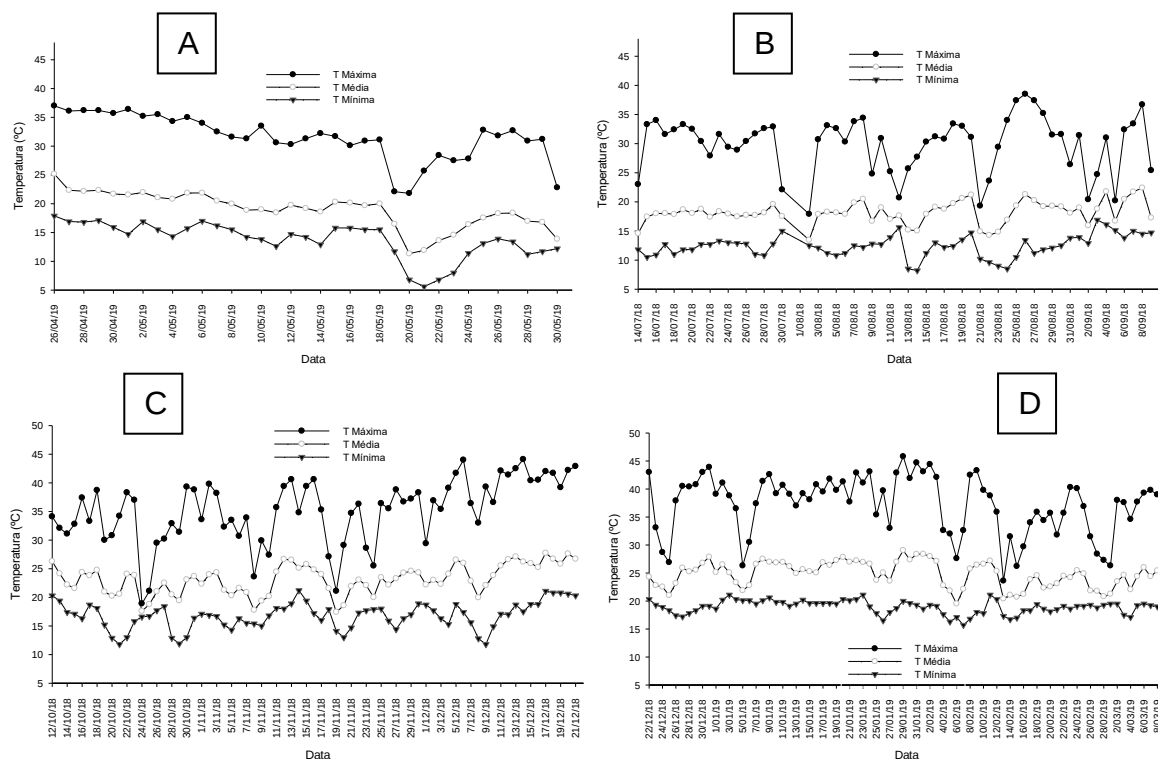
as maiores diferenças entre as temperaturas dos microambientes protegidos, sendo no filme azul encontradas as menores temperaturas. Já na primavera verificou-se que com a cobertura com filme agrícola azul e difusor promoveram o aumento em cerca de 2 °C na máxima em relação a pleno sol. As temperaturas mínimas foram semelhantes.

Figura 25 – Variação da temperatura média, máxima e mínima para o microambiente azul no outono (A), inverno (B), primavera (C) e verão (D)



No verão, as temperaturas média e mínima foram superiores nos microambientes protegidos. Já as temperaturas máximas foram maiores com o filme azul, resultado não esperado, já que ele é usado principalmente quando se quer reduzir a temperatura. Fato observado somente no inverno.

Figura 26 – Variação da temperatura média, máxima e mínima para o microambiente difusor no outono (A), inverno (B), primavera (C) e verão (D)



Quadro 4 - Temperatura média (°C) nos microambientes de produção de mudas a pleno sol, azul e difusor nas estações do ano.

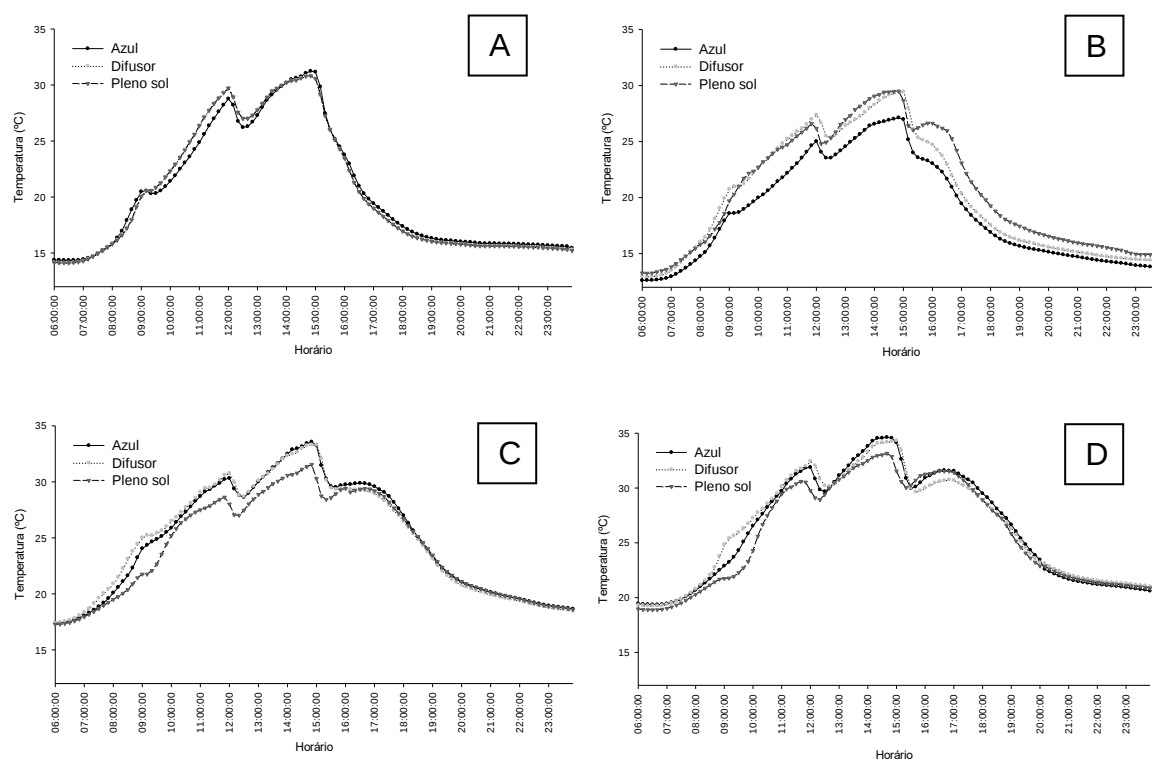
	Outono		
	Mínima	Média	Máxima
Pleno Sol	13,7	19,0	31,5
Azul	14,0	19,0	31,6
Difusor	13,7	19,0	31,5
	Inverno		
	Mínima	Média	Máxima
Pleno Sol	12,7	18,8	30,0
Azul	12,1	17,2	27,9
Difusor	12,5	18,2	29,7
	Primavera		
	Mínima	Média	Máxima
Pleno Sol	16,7	22,6	33,3
Azul	16,9	23,2	35,5
Difusor	16,8	23,1	35,2
	Verão		
	Mínima	Média	Máxima
Pleno Sol	18,5	24,3	36,4
Azul	19,0	24,8	37,6
Difusor	18,9	24,8	37,2

Ao longo do dia, a temperatura foi influenciada não só pela radiação, mas também pela irrigação. Por isso, observa-se queda da temperatura em torno das 9:00, 12:00 e 15:00 horas (Figura 27). O outono foi a estação em que houve menor variação de temperatura entre os microambientes ao longo do dia atingindo máxima em torno de 31°C (Figura 27A).

O inverno foi a estação na qual houve maior variação entre os microambientes, com menor temperatura média no microambiente com filme agrícola azul (Figura 27B). No filme agrícola difusor e na área a pleno sol, as temperaturas médias foram semelhantes até o período das 15:00 horas, após isso houve maior queda de temperatura no difusor.

Na primavera e verão, as temperaturas média no interior dos microambientes foram maiores em relação ao pleno sol, até em torno de 16:00 horas (Figura 27C e 27D).

Figura 27 – Variação ao longo do dia da temperatura nos microambientes de produção de mudas a pleno sol, azul e difusor no outono (A), inverno (B), primavera (C) e verão (D)



Com aplicação da irrigação diária as 12:00 horas, podemos observar a diminuição da temperatura média no interior dos microambientes com filme agrícola

azul e difusor, se coincidindo ao pleno sol a partir das 12:40 horas, permanecendo até as 13:40 horas. Fato esse se deve com as condições proporcionado do ambiente protegido, sendo que a folhas das mudas ficavam com gotas d'água durante um tempo maior do que as mudas a pleno sol, que se perdia pelas condições de vento, promovendo aumento da umidade relativa do ar.

A variação da umidade relativa média, máxima e mínima ao longo das estações do ano no interior de cada microambiente são apresentados nas Figuras 28, 29 e 30.

Independente da estação do ano, a umidade mínima é a que sofre maior variação em seus valores. A máxima fica em torno de 100 %, porém é no verão e outono que permanecem maior tempo com estes níveis de umidade. As umidades médias apresentaram maior uniformidade no outono. Em todas as demais estações há grande variação da umidade ao longo dos dias.

Figura 28 – Variação da umidade média, máxima e mínima para o microambiente a pleno sol no outono (A), inverno (B), primavera (C) e verão (D)

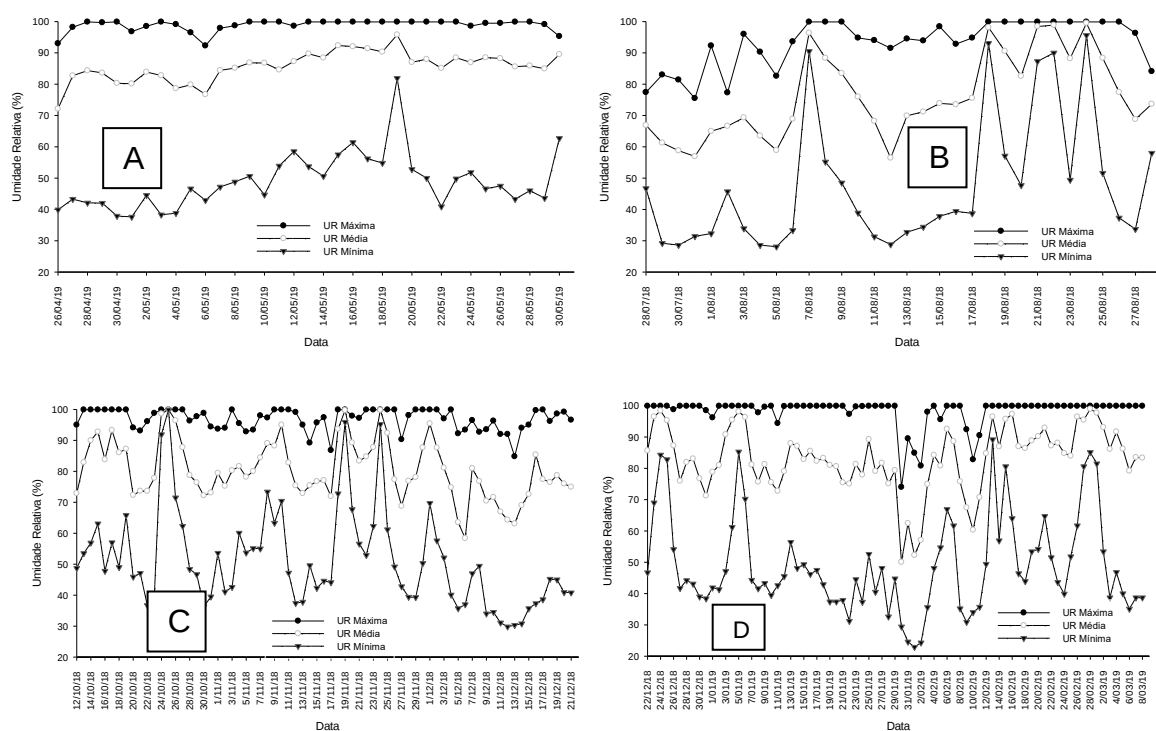


Figura 29 – Variação da umidade média, máxima e mínima para o microambiente azul no outono (A), inverno (B), primavera (C) e verão (D)

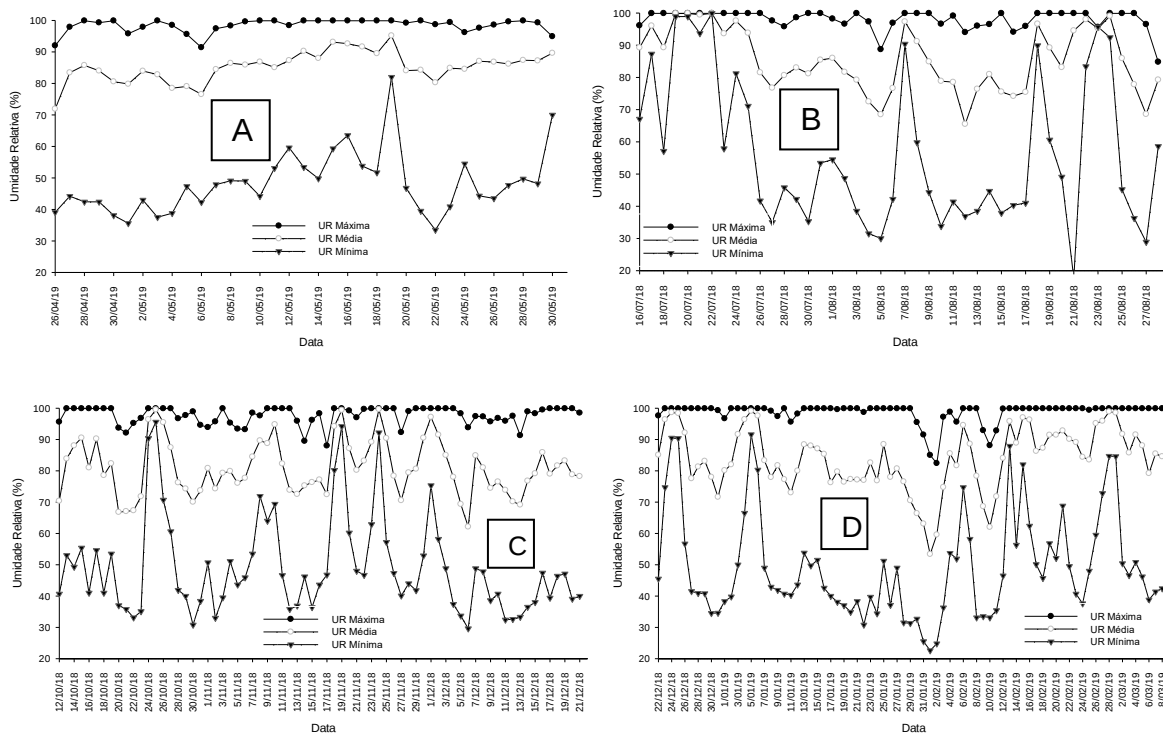
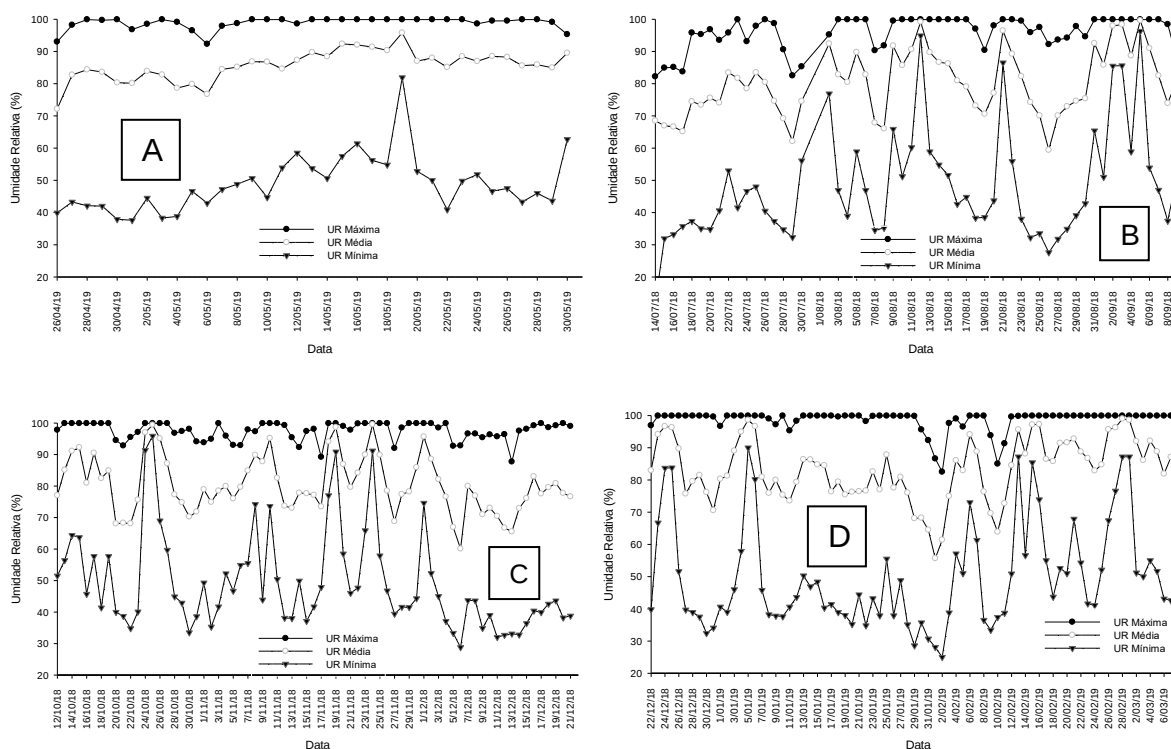


Figura 30 – Variação da umidade média, máxima e mínima para o microambiente difusor no outono (A), inverno (B), primavera (C) e verão (D)

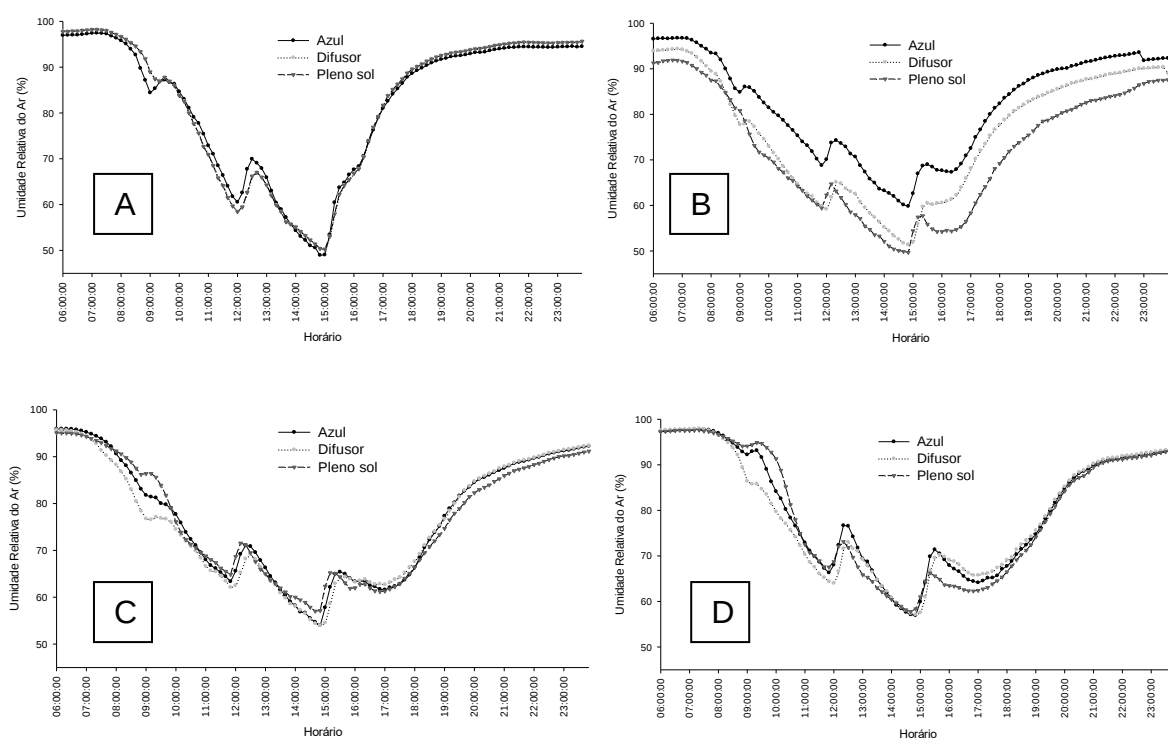


Quanto aos valores médios da umidade relativa do ar ao longo dia (Figura 31) verificou-se que os valores foram similares entre os microambientes nas estações de

outono, primavera e verão. No inverno (Figura 31B) houve maior umidade no microambiente com cobertura do filme agrícola azul.

Assim como ocorrido com a temperatura, nos horários correspondentes às irrigações (9:00, 12:00 e 15:00 horas) houve o aumento na UR. Independente das estações do ano, a menor UR foi registrada próximo as 15:00 horas, anterior à última irrigação do dia.

Figura 31 – Variação ao longo do dia da umidade relativa do ar nos microambientes de produção de mudas a pleno sol, azul e difusor no outono (A), inverno (B), primavera (C) e verão (D)



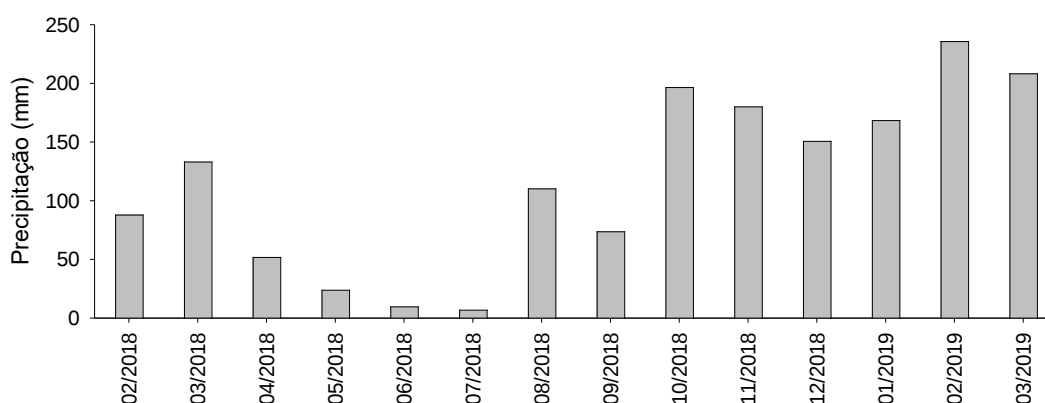
Andrade et al. (2014) mencionam que com a ativação do sistema de irrigação a umidade é facilmente alterada no ambiente de produção das mudas, reduzindo a pressão de vapor das folhas, além de diminuir a temperatura e consequentemente a taxa de transpiração, sendo determinante no desenvolvimento e crescimento das mudas.

A UR apresentou variações inversas em relação à temperatura ao longo do dia em todas as estações e microambientes de produção das mudas. Esse fato se deve pela UR ser inversamente proporcional à temperatura do ar, já que a temperatura condiciona a pressão de saturação de vapor do ar atmosférico (GUISELINE et al., 2007).

4.1.4 Precipitação

A precipitação no período de produção das mudas, a qual influenciou somente os tratamentos a pleno sol, demonstram um padrão típico do clima do local. No período seco, de abril a setembro (estações outono e inverno), a precipitação é predominantemente do tipo frontal, originada do encontro das massas frias e secas vindas da região sul com as massas quentes e úmidas, da região sudeste (DAL PAI, 2010). Maior valor de precipitação média mensal ocorreu no mês de fevereiro com total de 236,0 mm e a mínima em julho com 7,1 mm (Figura 32).

Figura 32 – Precipitação mensal de fevereiro de 2018 a março de 2019



4.1.5 Altura e diâmetro do colo das mudas

As plantas cultivadas nos microambientes cobertos apresentaram maior altura, em relação às mudas produzidas na área a pleno sol em todas as estações do ano para todos os clones (Figura 33 e Apêndice A). Porém no verão, as mudas produzidas no filme agrícola azul tiveram suas alturas superiores às mudas produzidas no filme difusor para os três clones.

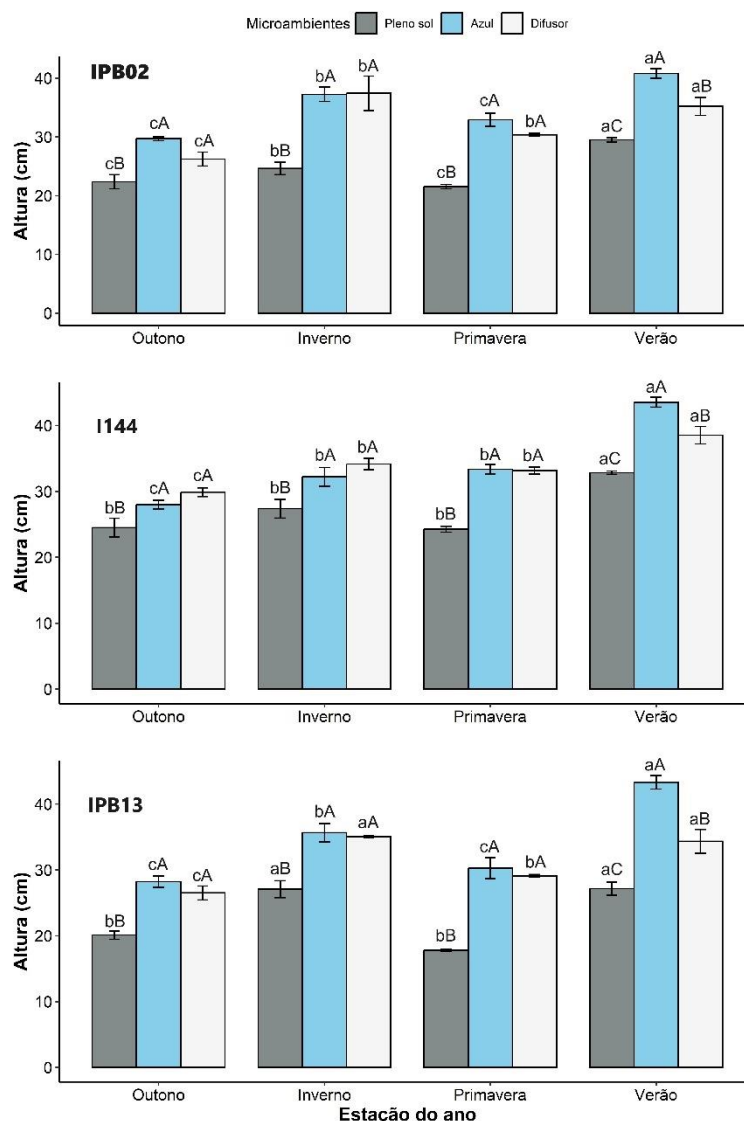
A estação do ano influenciada de forma diferenciada o crescimento em altura dos clones. As mudas do clone IPB02 produzidas nos microambientes a pleno sol e no filme azul tiveram maiores alturas no verão, diferindo estatisticamente das demais estações do ano. Para as mudas do clone IPB02 produzidas no microambiente difusor, pode-se observar que verão e inverno produziram mudas com altura semelhante.

Para o clone I144, as mudas produzidas no verão apresentaram resultados superiores independente do microambiente. No microambiente a pleno sol não houve diferenças significativas nas demais estações do ano. Para os microambientes

compostos por filme agrícola azul e difusor pode se verificar semelhança entre as mudas produzidas na primavera e inverno, sendo essas superiores as mudas produzidas no outono.

O clone IPB13 foi mais influenciado pelos microambientes nas estações do ano. As mudas produzidas a pleno sol e no microambiente difusor apresentaram mesmo comportamento, sendo as maiores alturas no verão e no inverno. As mudas produzidas no microambiente azul apresentaram as maiores alturas no verão. As mudas produzidas no outono e na primavera não diferiram entre si.

Figura 33 – Altura da parte aérea (cm) média das mudas de Eucalipto aos 90 DAE cultivadas em diferentes microambientes



Dentro de uma mesma característica avaliada para cada clone, médias seguidas da mesma letra minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott (5%).

O estudo do crescimento e desenvolvimento de uma planta, em diferentes condições ambientais, oferece ao pesquisador bom indício sobre quais as melhores condições para se cultivar determinada espécie e a qualidade da muda pode ser um indicativo de resposta às condições ambientais nas quais a planta foi submetida (ALMEIDA et al., 2004).

O crescimento semanal das mudas em altura dos experimentos de primavera e verão (Figura 34, 35 e 36) tiveram comportamento distinto entre as estações para os três clones. Na primavera, as mudas produzidas nos microambientes cobertos tiveram crescimentos superiores em relação às mudas do pleno sol. No verão, as alturas foram maiores nas mudas produzidas com o filme azul, seguido do filme difusor e a pleno sol.

De forma geral, na primavera a altura das mudas começam a diferenciar entre os microambientes de produção, mais precocemente, por volta dos 55 dias após estaquia (DAE). No verão, esta diferenciação ocorre mais tardiamente (dos 62 aos 70 dias, dependendo do clone).

As mudas da primavera e do verão estariam com alturas aptas para plantio (25 cm) a partir dos 76 DAE quando produzidas nos microambientes cobertos independentes da estação do ano. As mudas a pleno sol chegaram a 25 cm aos 83 DAE para os clones IPB02 e I144 e aos 90 DAE para o IPB13, todos no verão. Na primavera todos os clones em todos os microambientes ficaram com alturas abaixo de 25 cm (IPB02 foi de 21,5 cm; I144 foi 24,3 cm e IPB13 de 17,8 cm).

Quanto ao diâmetro do colo, cada clone teve comportamento diferente em relação aos microambientes e estações do ano (Figura 37 e Apêndice B).

Para as mudas do clone IPB02 os microambientes com cobertura de filme agrícola azul e difusor proporcionam aumento significativo nas mudas em comparação a pleno sol, exceto quando produzidos na primavera, o qual não foi influenciado pelos microambientes de produção.

Mudas do clone I144, produzidas no outono, apresentaram maiores diâmetros com o filme difusor. Na primavera e verão, o diâmetro das mudas produzidas no interior do microambiente difusor e azul foram semelhantes entre si e superiores às mudas do pleno sol. No inverno não houve diferença significativa entre os microambientes

Figura 34 – Desenvolvimento em altura (cm) das mudas do clone IPB02 produzidas nos diferentes microambientes na primavera (A) e verão (B)

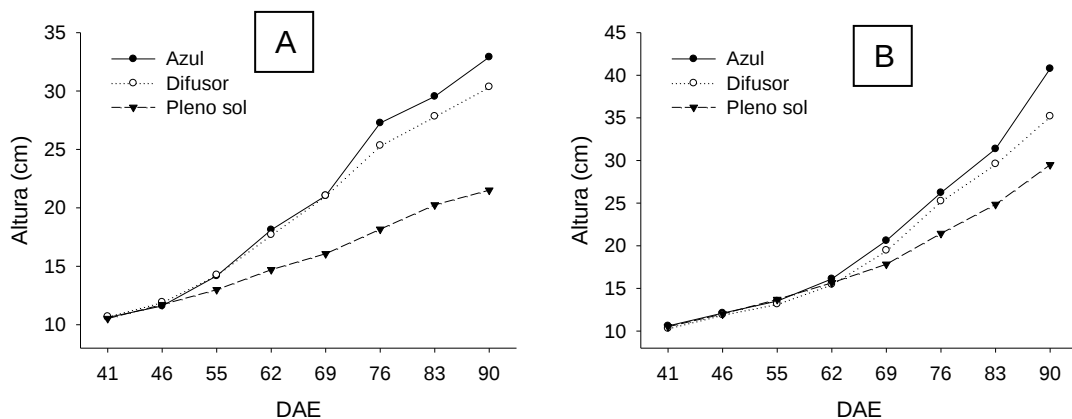


Figura 35 – Desenvolvimento em altura (cm) das mudas do clone I144 produzidas nos diferentes microambientes na primavera (A) e verão (B)

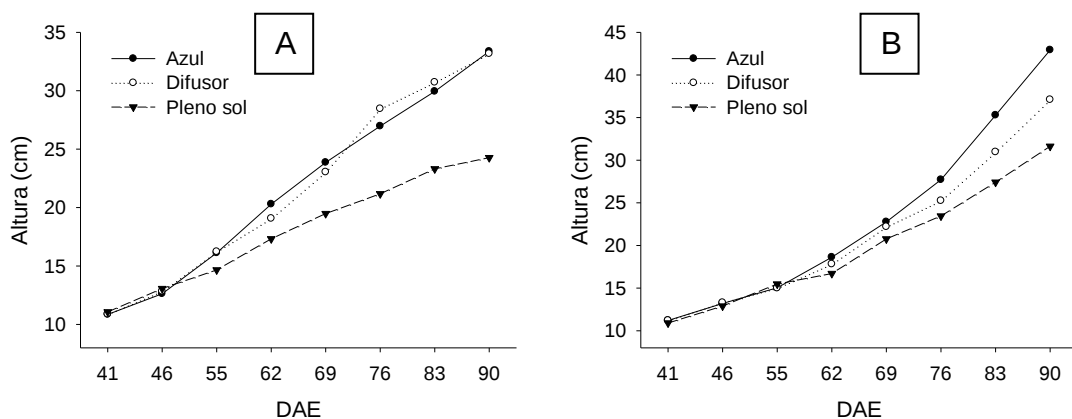
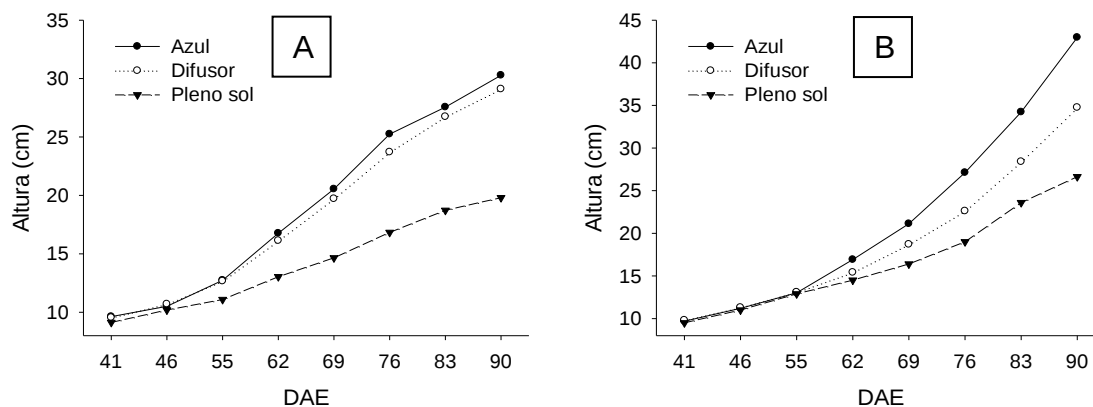


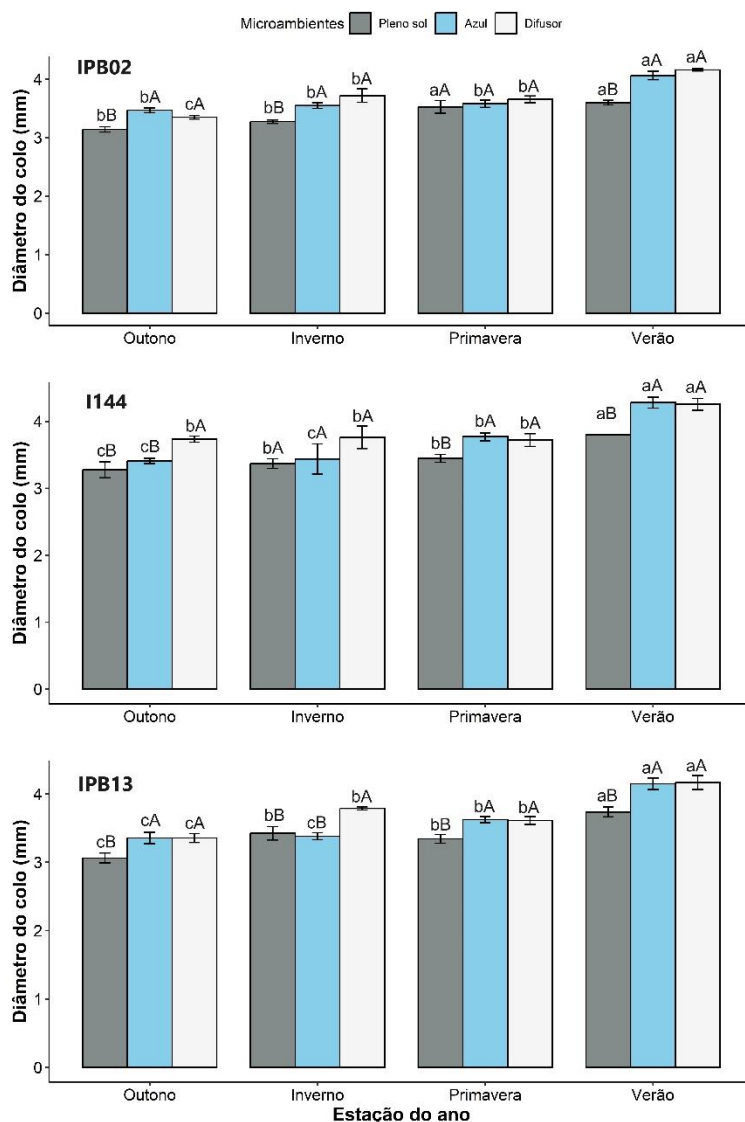
Figura 36 – Desenvolvimento em altura (cm) das mudas do clone IPB13 produzidas nos diferentes microambientes na primavera (A) e verão (B)



Mudas do clone IPB13 tiveram diâmetros semelhantes e superiores às mudas do pleno sol em todas as estações, exceto no inverno, quando o filme agrícola difusor proporcionou maior diâmetro.

Analisando a influência da estação do ano dentro de cada microambiente (horizontal), observa-se que o verão proporcionou mudas com maiores diâmetros em todos os microambientes para todos os clones.

Figura 37 – Diâmetro do colo (mm) médio das mudas de Eucalipto aos 90 DAE cultivadas em diferentes microambientes



Dentro de uma mesma característica avaliada para cada clone, médias seguidas da mesma letra minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott (5%).

O crescimento semanal em diâmetro do colo das mudas dos experimentos de primavera e verão (Figura 38, 39 e 40), apresentaram comportamentos diferentes para cada clone. Para o clone IPB02, o diâmetro das mudas produzidas na primavera foi

semelhante nos microambientes até os 46 DAE. Dos 69 aos 83 DAE, as mudas dos microambientes cobertos possuíam diâmetros superiores, porém ao final do ciclo (90 DAE) as mudas a pleno sol se igualaram a elas. Já nas mudas do verão o diâmetro sempre foi inferior nas produzidas a pleno sol.

Figura 38 – Desenvolvimento do diâmetro do colo (mm) das mudas do clone IPB02 produzidas nos diferentes microambientes na primavera (A) e verão (B)

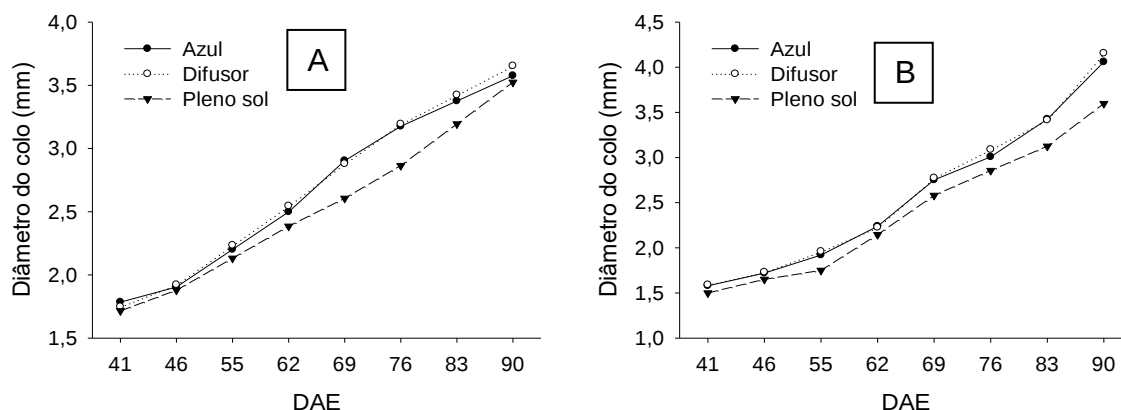


Figura 39 – Desenvolvimento do diâmetro do colo (mm) das mudas do clone I144 produzidas nos diferentes microambientes na primavera (A) e verão (B)

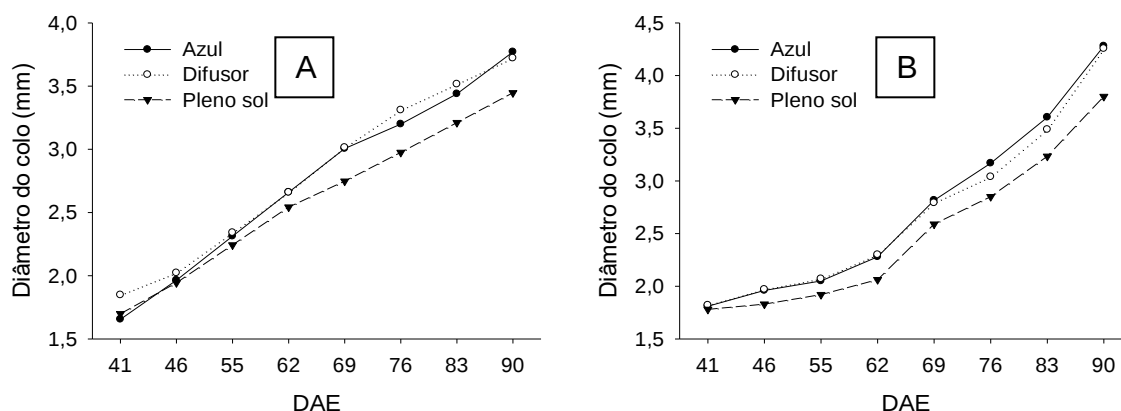
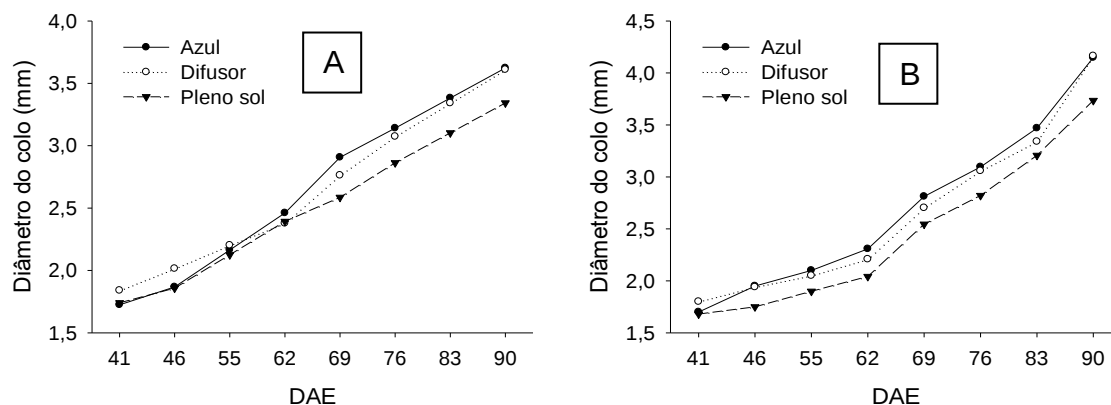


Figura 40 – Desenvolvimento do diâmetro do colo (mm) das mudas do clone IPB13 produzidas nos diferentes microambientes na primavera (A) e verão (B)



O clone I144 apresentou comportamento de crescimento em diâmetro semelhante na primavera e no verão. As mudas a pleno sol sempre tiveram diâmetros inferiores às mudas dos microambientes com cobertura.

Para as mudas do clone IPB13, produzidas na primavera, até os 62 DAE, os diâmetros foram semelhantes entre os microambientes. Aos 90 DAE as mudas produzidas com cobertura de filme agrícola azul e difusor apresentaram valores superiores em relação as mudas a pleno sol. No verão, desde os 46 DAE, as mudas produzidas a pleno sol apresentavam menor diâmetro e isso se manteve até o final do ciclo, aos 90 DAE.

4.1.6 Massa seca das mudas

Para todos os clones houve interação entre os fatores microambientes e estação do ano para as variáveis massas secas aérea (MSA), radicular (MSR) e total (MST).

As massas secas das mudas do IPB02, quando produzidas no outono, não foram afetadas pelos microambientes. No inverno a MSA foi maior quando produzida no interior do microambiente azul, a MSR foi superior no microambiente com cobertura de filme agrícola difusor e a MST foi maior nos microambientes com cobertura, demonstrando que estas estruturas favoreceram crescimento e a qualidade das mudas (Figura 41 e Apêndice C).

Para as estações do ano primavera e verão as mudas produzidas no interior dos microambientes com cobertura de filme agrícola azul e difusor foram semelhantes entre si e superiores às mudas a pleno sol para a MSA, MSR e MST.

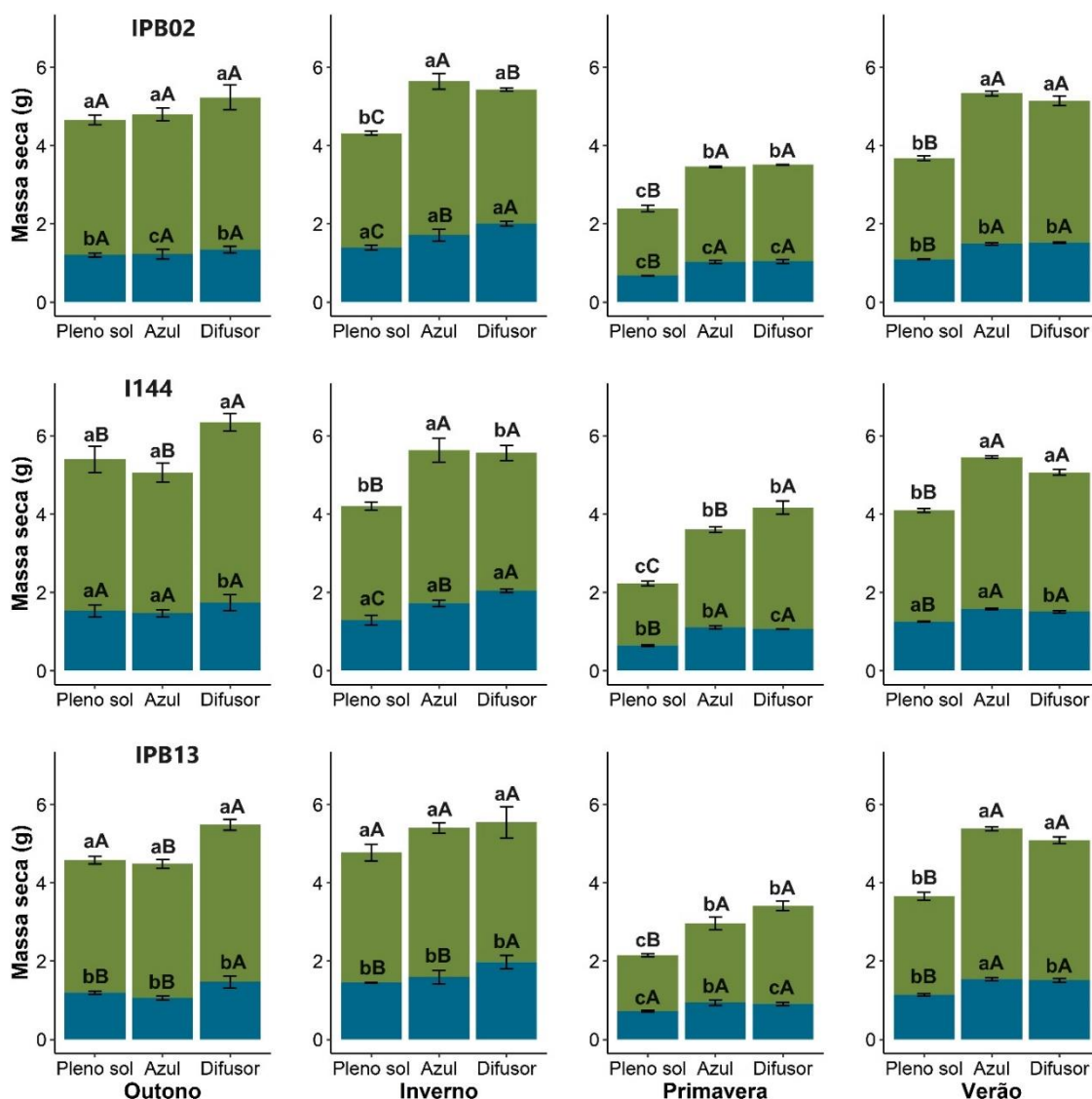
As mudas do clone I144, produzidas no outono, tiveram maiores MSA e MST no microambiente com cobertura de filme agrícola difusor e MSR não foi influenciada pelos microambientes (Apêndice D).

No inverno, as maiores MSA e MST foram das mudas produzidas nos microambientes com cobertura e a MSR foi maior quando usado o filme difusor, enquanto que na primavera e no verão, os microambientes com cobertura proporcionaram mudas com massas secas estatisticamente superiores às mudas da área a pleno sol. O filme difusor foi superior ao azul somente para a MSA das mudas da primavera.

As mudas do clone IPB13, no outono, apresentaram valores superiores de massas quando produzidas no microambiente com filme agrícola difusor. No inverno,

a MSA não foi influenciada pelos microambientes. A MSR foi superior no microambiente com filme difusor e a MST foi semelhante entre os microambientes protegidos e superiores às mudas da área a pleno sol (Apêndice E).

Figura 41 – Massas secas aérea (área em verde), radicular (área em azul) e total (g) médias das mudas de Eucalipto aos 90 DAE cultivadas em diferentes microambientes. IPB02 na parte superior, I144 no meio e IPB13 nos gráficos abaixo



Dentro de uma mesma característica avaliada, médias seguidas da mesma letra minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott (5%).

Na primavera, as maiores MSA e MST foram das mudas produzidas nos microambientes com cobertura. A MSR não foi influenciada pelos microambientes.

Já no verão, os microambientes com cobertura produziram mudas com massas secas superiores às mudas da área a pleno sol.

O crescimento das plantas depende do saldo de massa seca total acumulada pela fotossíntese, dessa maneira, a produção de fitomassa vem a ser uma função da eficiência de conversão da radiação solar fotossinteticamente ativa interceptada (RFAi) em fotoassimilados, variando conforme as condições nas quais as plantas são cultivadas (ALMEIDA et al., 2004).

4.1.7 Conformação do sistema radicular

Quanto à conformação do sistema radicular, as mudas produzidas nos microambientes apresentaram a melhor distribuição, formando torrão de qualidade, pois em quase a totalidade dos experimentos (diferentes estações e clones) houve 100% de mudas aptas para o plantio em campo. Além disso, proporcionaram maiores percentuais de plantas com sistema radicular ótimo quando comparada a mudas a pleno sol, sendo essa característica encontrada para todos os clones nas estações do ano (Figura 42).

Detalhando a qualidade do sistema radicular das mudas do clone IPB02 aos 90 DAE observa-se que as mudas produzidas no inverno e verão nos microambientes com filme agrícola azul e difusor proporcionaram melhor sistema radicular “aptos” para o plantio, não diferindo entre si estatisticamente, sendo superior às mudas produzidas a pleno sol. Essa superioridade fica evidente quando verificado o percentual de mudas com sistemas radiculares “ótimo”. As mudas a pleno sol apresentaram maiores valores do sistema radicular bom, sendo que isso fez com que na primavera fosse igual aos demais tratamentos (Apêndice F).

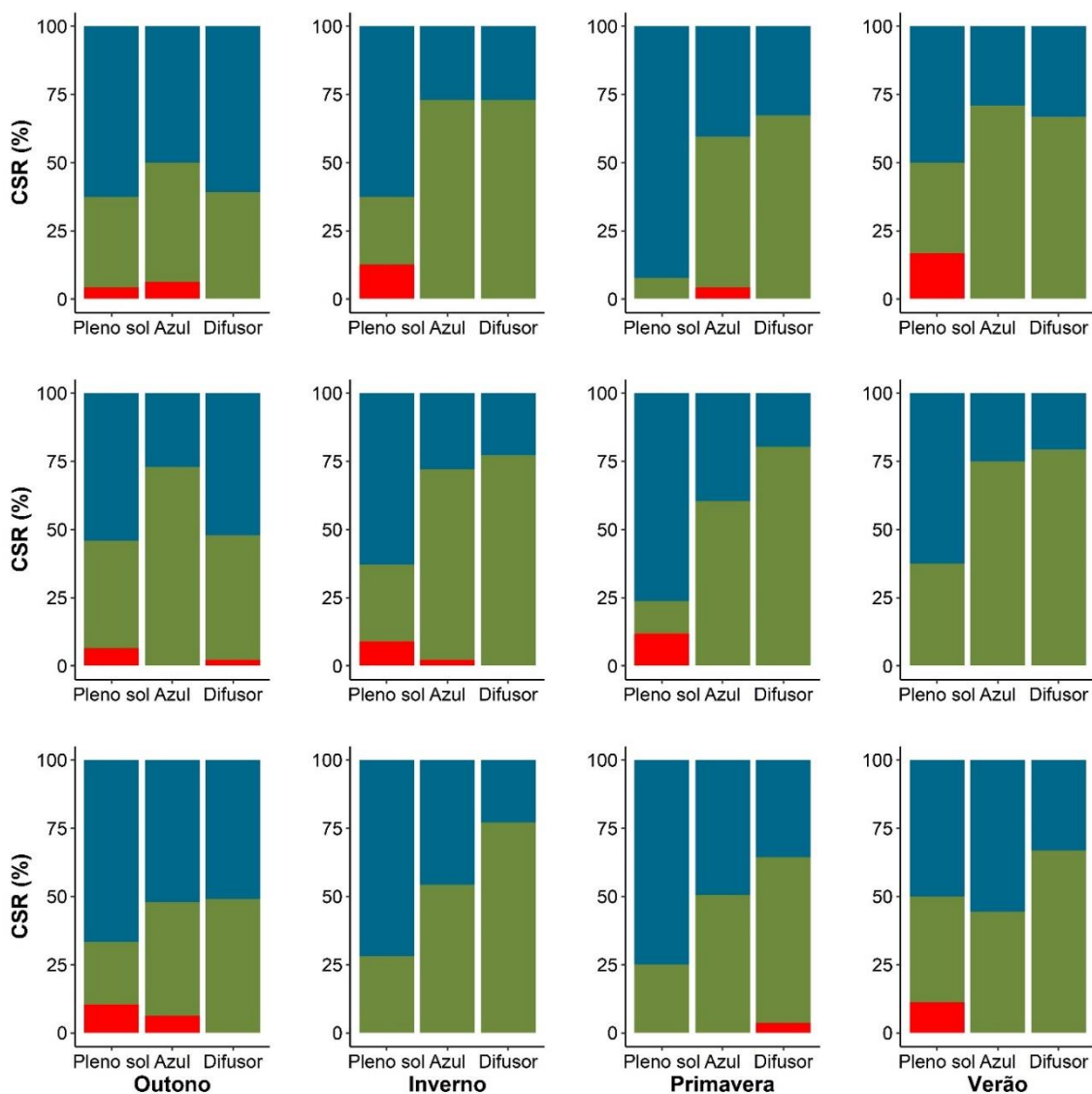
Para as mudas do clone I144 não houve diferença significativa entre os microambientes e a estação do ano para a qualidade do sistema radicular “apto” e “ruim”. No entanto, fica evidente a superioridade na porcentagem de mudas com sistema radicular “ótimo” quando produzidas nos microambientes com cobertura em todas as estações com exceção do outono. O filme azul foi superior na qualidade do sistema radicular nas mudas do outono.

As mudas do clone I144 quando produzidas a pleno sol apresentaram maior percentual do sistema radicular bom, ou seja, com boa estruturação, mas com alguma flexibilidade, estando apto para plantio necessitando de cuidados no momento do plantio para não prejudicar o desenvolvimento inicial em campo (Apêndice G).

Analisando a qualidade do sistema radicular das mudas do clone IPB13, verifica-se que as mudas produzidas no interior dos microambientes com cobertura

foram superiores na porcentagem de sistema radicular “ótimo” nas estações outono, inverno e primavera. No verão o microambiente difusor foi superior aos demais. As mudas produzidas a pleno sol tiveram maiores porcentagens de sistema radiculares “bom”. A porcentagem de sistemas radiculares “aptos” nas mudas do inverno e da primavera semelhantes. No outono o microambiente difusor proporcionou maior porcentagem de mudas aptas para o plantio e no verão foram as mudas dos microambientes com cobertura (Apêndice H).

Figura 42 – Conformação do sistema radicular (%) das mudas de Eucalipto aos 90 DAE cultivadas em diferentes microambientes. Verde “ótimo”, azul “bom” e em vermelho “ruim”. IPB02 na parte superior, I144 no meio e IPB13 nos gráficos abaixo



Segundo Freitas et al. (2005), a persistência das deformações radiculares após o plantio e o plantio de mudas menores em função da restrição no viveiro, podem reduzir ou atrasar o crescimento das plantas no campo.

De acordo com Maeda et al. (2006) a agregação do sistema radicular ao substrato é imprescindível para garantir a sobrevivência e o desenvolvimento das mudas após o plantio no campo.

4.1.8 Índice de qualidade de Dickson

Com relação ao Índice de Qualidade de Dickson (IQD) o comportamento foi diferente entre os clones ao longo das estações do ano para cada ambiente de produção (Tabela 1). Para o clone IPB02, o IQD não diferiu entre os microambientes no inverno e primavera, sendo que no verão os microambientes azul e difusor não diferiram entre si, sendo superiores às mudas do pleno sol. No outono, as mudas do pleno sol foram semelhantes às mudas do difusor, sendo superior às mudas do azul.

Avaliando as mudas do clone I144, os microambientes com cobertura não diferiram entre si no inverno e primavera, sendo superior às mudas a pleno sol. No verão os microambientes não diferiram entre si. No outono mudas a pleno sol apresentaram a mesma qualidade das mudas produzidas no difusor, sendo superior a qualidade das mudas produzidas no azul.

Tabela 1 – Índice de qualidade de Dickson das mudas de Eucalipto aos 90 DAE cultivadas em diferentes microambientes

	Outono	Inverno	Primavera	Verão
Microambientes	IPB02			
Pleno Sol	0,47 aA	0,45 aA	0,28 cA	0,35 bB
Azul	0,41 aB	0,44 aA	0,30 bA	0,44 aA
Difusor	0,49 aA	0,46 aA	0,33 bA	0,48 aA
	I144			
Pleno Sol	0,54 aA	0,40 bB	0,23 cB	0,38 bA
Azul	0,47 aB	0,49 aA	0,33 bA	0,44 aA
Difusor	0,59 aA	0,52 bA	0,35 dA	0,46 cA
	IPB13			
Pleno Sol	0,49 aA	0,47 aA	0,29 cA	0,39 bB
Azul	0,38 aB	0,42 aA	0,29 bA	0,41 aB
Difusor	0,51 aA	0,50 aA	0,31 bA	0,48 aA

Dentro de uma mesma característica avaliada para cada clone, médias seguidas da mesma letra minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott (5%).

No outono, as mudas do clone IPB13 apresentaram a menor IQD quando produzidas no microambiente com filme agrícola azul. No inverno e primavera, a qualidade das mudas do clone IPB13 não apresentaram diferenças significativas entre

os ambientes de produção, sendo que no verão a qualidade das mudas foi maior quando produzidas no interior do microambiente com filme difusor.

O IQD é apontado como uma medida morfológica de boa indicação da qualidade de mudas, por considerar em seu cálculo a robustez e o equilíbrio da distribuição da fitomassa, sendo ponderados variáveis importantes (SIMÕES et al., 2012; SILVA et al., 2012; DELGADO et al., 2017).

4.1.9 Transpiração diária (TD)

Os resultados da transpiração diária (TD) ($\text{mg água m}^{-2} \text{ foliar s}^{-1}$) observada em três clones (IPB02, I144 e IPB13) cultivados em diferentes microambientes de produção de mudas são apresentados na Figura 43 e no Apêndice I. Os microambientes influenciaram a transpiração diária diferentemente em função das estações do ano.

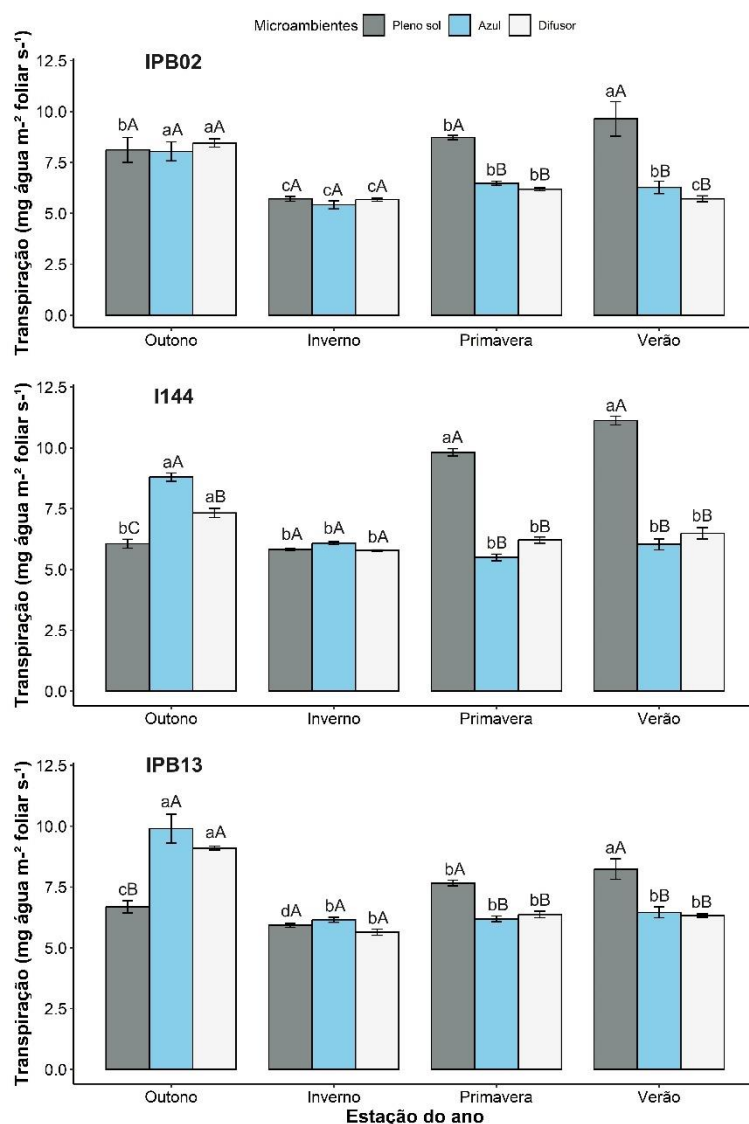
No outono, observamos um aumento geral nas taxas de transpiração para todos os clones quando produzidas no Azul e Difusor, sendo que os clones I144 e IPB13 mantiveram a maior taxa sob o uso desses microambientes, enquanto o clone IPB02 apresentou uma transpiração semelhante entre os microambientes.

Durante o inverno, as taxas de transpiração diminuíram consideravelmente para os clones IPB02 e IPB13 em todos os microambientes. Os resultados foram semelhantes sob todas as condições para cada clone. O clone I144 e IPB13 apresentaram valores semelhantes aos obtidos nas mudas produzidas no período mais quente, primavera e verão, quando produzidos no interior dos ambientes produzidos. Para o clone IPB02, o comportamento do pleno sol foi semelhante ao resultado do outono. Esses achados ressaltam a influência das condições sazonais nas taxas de transpiração e destacam a importância de avaliar o comportamento de cada material genético.

Nas estações da primavera e verão, observamos que todos os clones apresentaram uma taxa média de transpiração significativamente maior quando cultivado a pleno sol em comparação com as outras duas condições. Esses resultados sugerem que o microambiente de Pleno sol tende a aumentar a transpiração, enquanto que o uso de filme agrícola azul e difusor tem um efeito de rustificação nas mudas, por conta das temperaturas elevadas em seu interior, ou seja, os microambientes desempenham um papel crucial na regulação da transpiração.

Os resultados indicam claramente que tanto os clones quanto os microambientes têm um impacto significativo nas taxas de transpiração das mudas ao longo das estações do ano. As variações sazonais são evidentes, com algumas combinações de clone e microambiente mostrando maior adaptabilidade a determinadas condições climáticas. Essas descobertas têm implicações importantes para a produção de mudas e podem fornecer ideias para otimizar o manejo em diferentes épocas do ano.

Figura 43 – Transpiração diária média das mudas de Eucalipto aos 90 DAE cultivadas em diferentes microambientes ao longo das estações do ano



Dentro de uma mesma característica avaliada para cada clone, médias seguidas da mesma letra minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott (5%).

Para a produção de mudas de eucalipto em diferentes microambientes, é necessário considerar tanto o clone quanto o ambiente ao planejar estratégias de

produção ao longo das estações do ano, abrindo portas para investigações futuras sobre os mecanismos subjacentes a essas respostas complexas da transpiração.

Em resumo, as mudas dos três clones quando produzidas na primavera e no verão apresentaram mesmo comportamento com relação à transpiração, sendo que as mudas do pleno sol foram as com maior transpiração. As mudas do inverno não tiveram sua transpiração influenciada pelos microambientes. As mudas do outono tiveram resultados diferentes para cada clone. O clone IPB02 não foi influenciado pelo microambiente em que foi produzido. O I144, teve maior transpiração nas mudas do microambiente com filme azul e menor nas de pleno sol. O Clone IPB13 teve menor transpiração nas mudas do pleno sol.

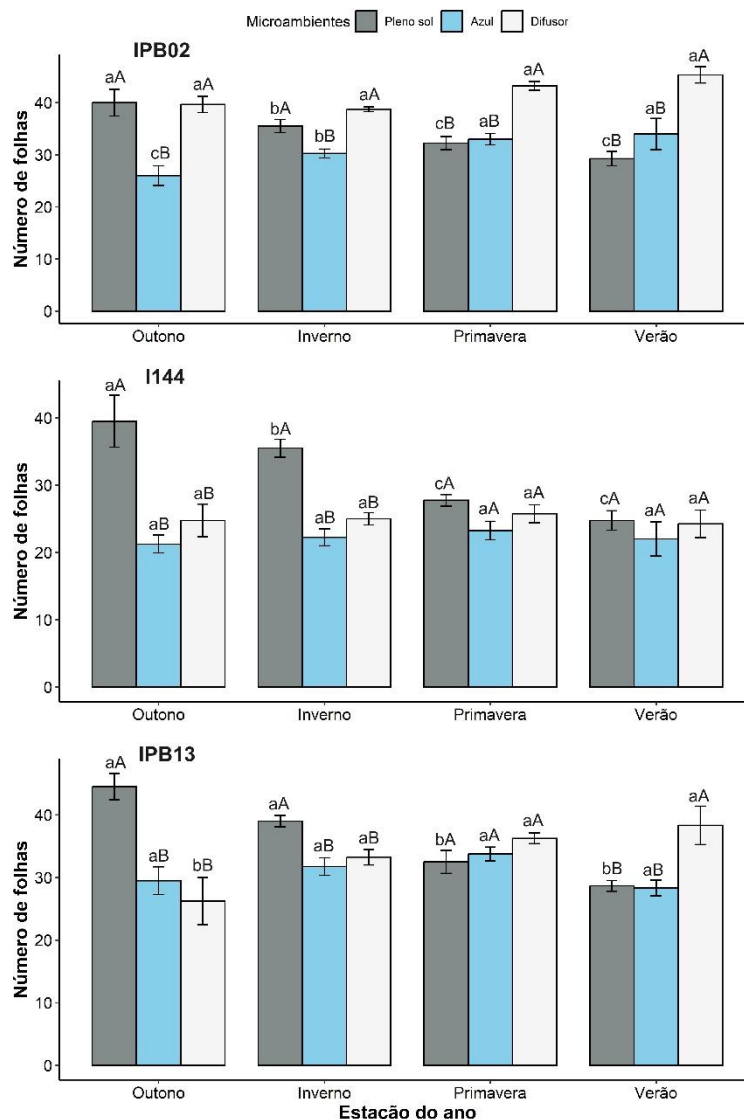
4.1.10 Número de folhas, área foliar e tamanho médio da folha

Os resultados detalhados do número de folhas observados nos três clones de eucalipto cultivados em diferentes microambientes de produção de mudas são apresentados na Figura 44. A análise abrange as quatro estações do ano, proporcionando uma visão abrangente das variações nessas duas variáveis sob diferentes condições ambientais.

Nas estações outono e inverno, a diferença no número de folhas entre os microambientes foi perceptível, com um número maior de folhas associado as mudas produzidas a Pleno sol para os clones I144 e IPB13, no IPB02 foi semelhante ao difusor. Na primavera, para o clone IPB02, o número de folhas foi maior nas mudas que estavam no microambiente difusor, sendo que para os demais clones não houve diferença entre os microambientes.

Durante o verão, a influência do difusor no número de folhas permaneceu evidente, observamos que as mudas de eucalipto sob o difusor apresentaram um maior número de folhas em comparação com as outras condições para os clones IPB02 e IPB13. Esse padrão sugere que a intensidade da luz solar difusa desempenha um papel significativo na promoção do desenvolvimento foliar das mudas de eucalipto.

Figura 44 - Número de folhas das mudas de Eucalipto aos 90 DAE cultivadas em diferentes microambientes ao longo das estações do ano



Dentro de uma mesma característica avaliada para cada clone, médias seguidas da mesma letra minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott (5%).

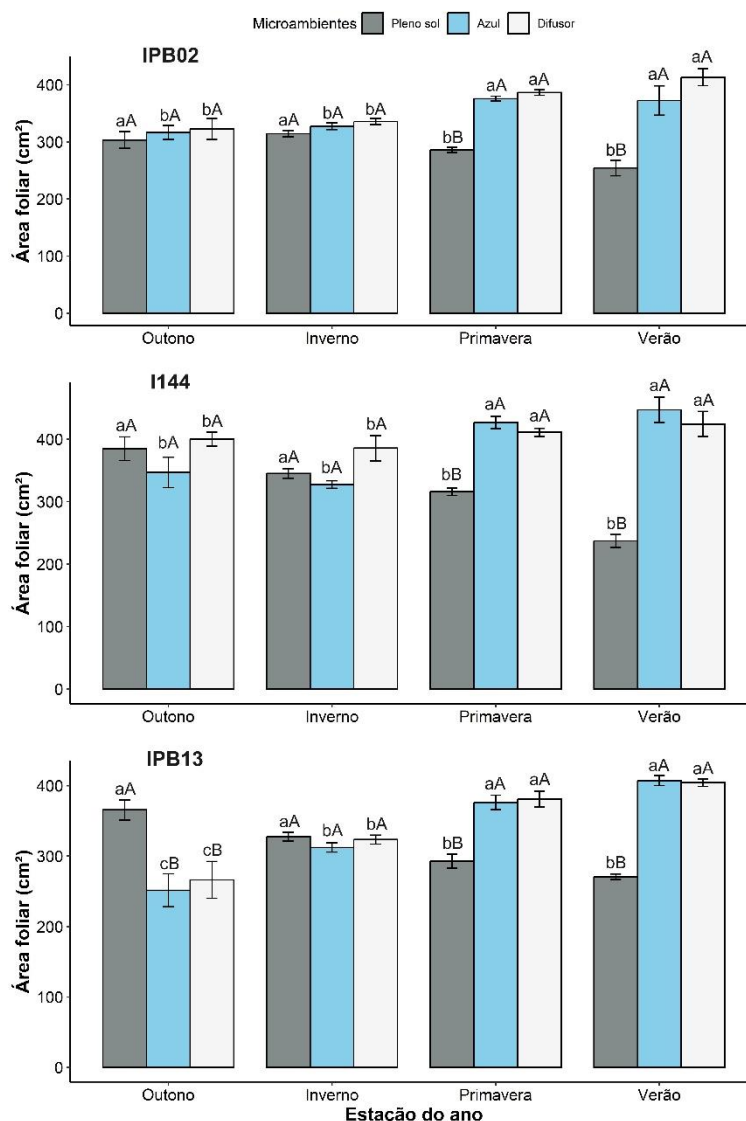
No outono e inverno, não observamos diferenças significativas na área foliar entre os microambientes para os clones, exceto para o IPB13 no outono que apresentou maior área foliar nas mudas a pleno sol. Durante essas estações, as condições ambientais não tiveram um impacto diferenciado no desenvolvimento foliar das mudas. Isso indica que a estação fria não favoreceu um microambiente específico em termos de desenvolvimento foliar.

Na estação da primavera, observamos que os microambientes de filme agrícola Azul e difusor resultaram em áreas foliares significativamente maiores para todos os clones, em comparação com o cultivo a pleno sol. Essa tendência sugere que o

sombreamento proporcionado pelo filme agrícola Azul e pelo difusor desempenhou um papel importante na promoção do desenvolvimento foliar das mudas de eucalipto durante a primavera.

Durante o verão, a tendência observada na primavera persistiu. Novamente, os microambientes de filme agrícola Azul e com difusor resultaram em áreas foliares maiores para todos os clones, enquanto as mudas a pleno sol apresentaram áreas foliares menores, demonstrando que a intensidade da luz solar oferecida pelos microambientes azul e difusor continuou a influenciar positivamente o desenvolvimento foliar, mesmo nas condições quentes do verão.

Figura 45 - Área foliar (cm²) das mudas de Eucalipto aos 90 DAE cultivadas em diferentes microambientes



Dentro de uma mesma característica avaliada para cada clone, médias seguidas da mesma letra minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott (5%).

Houve interação entre os fatores microambientes e estações do ano para as variáveis número de folhas, área foliar e tamanho médio de folha em todos os clones.

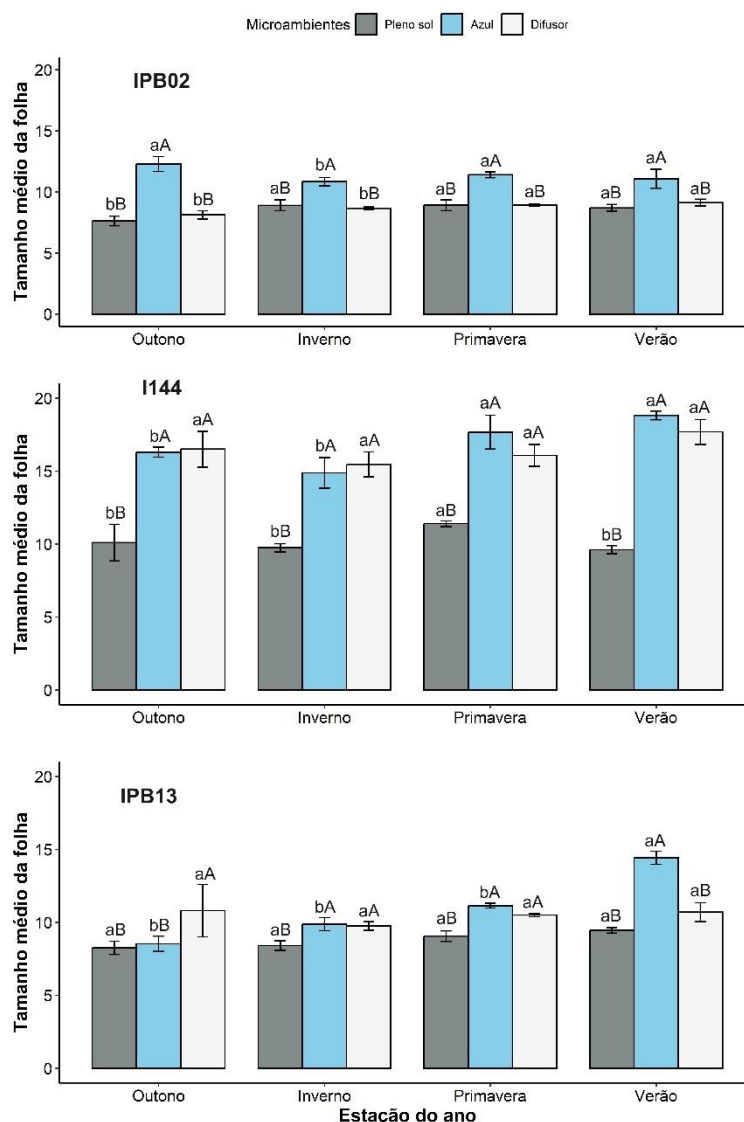
Para o clone IPB02 (Apêndice J) o maior número de folhas foi encontrado nas mudas produzidas no minitúnel com filme difusor, nos experimentos de primavera e verão e nas estações de outono e inverno foi semelhante às mudas do pleno sol. A área foliar não foi influenciada pelos microambientes nas estações do outono e inverno. Já na primavera e verão, os microambientes promoveram aumento significativo da área foliar em relação às mudas produzidas a pleno sol. O microambiente com filme agrícola azul proporcionou maior área média das folhas em todas as estações do ano.

Para o clone I144 (Apêndice K), o maior número de folhas foi obtido a pleno sol nas estações outono e inverno. Na primavera e verão, estações com maior temperatura e radiação, o número de folhas não apresentou diferenças estatísticas entre os microambientes de produção. A área foliar, assim como no clone IPB02, não foi influenciada pelos microambientes nas estações do outono e inverno. Já na primavera e verão, os microambientes promoveram aumento significativo da área foliar em relação às mudas produzidas a pleno sol. O microambiente com filme agrícola azul proporcionou maior área média das folhas em todas as estações do ano.

Para as mudas do clone IPB13 (Apêndice L), quando as mudas foram produzidas nas estações outono e inverno, o maior número de folhas foi obtido a pleno sol. Na primavera não apresentou diferenças estatísticas entre os microambientes de produção.

No verão, o microambiente com filme difusor proporcionou maior número de folhas em relação aos demais. Com relação ao tamanho médio da folha (TMF), as mudas produzidas no inverno e na primavera apresentaram maior TMF quando produzidas nos microambientes com cobertura. No outono, o filme difusor foi superior aos demais e no verão, foi o filme azul. Independente das estações, sempre as mudas a pleno sol tiveram menor TMF.

Figura 46 - Tamanho médio da folha (cm²) das mudas de Eucalipto aos 90 DAE cultivadas em diferentes microambientes



Dentro de uma mesma característica avaliada para cada clone, médias seguidas da mesma letra minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott (5%).

De modo geral analisando o número de folhas (NF), a área foliar (AF) e tamanho médio das folhas (TMF) verifica-se que:

Para o clone IPB02, no outono e inverno, o NF maior nas mudas produzidas a pleno sol e no filme difusor não refletiram em maiores AF, pois os TMF foram menores nas mudas destes dois microambientes. As mudas do microambiente com filme azul, embora tivessem menor NF, estas apresentaram maior TMF resultando em mudas com AF semelhantes às demais. Quando produzidas na primavera e verão, as mudas do filme difusor apresentaram NF superior aos demais, porém com TMF inferior

àquelas mudas do filme azul, resultando em mudas com AF semelhantes nestes dois microambientes.

Para o clone I144, produzido no outono e inverno, o número de folhas menor nos ambientes com filme agrícola azul e difusor combinado com tamanho de folha maior, fez com que a área foliar não apresentasse diferença significativa entre os microambientes. As mudas produzidas na primavera e verão tiveram número de folhas semelhantes, mas com TMF maior quando provenientes do interior dos microambientes azul e difusor que proporcionaram superioridade na área foliar em relação as mudas produzidas a pleno sol.

Para as mudas do clone IPB13 o comportamento foi diferente em cada estação do ano. No outono, o NF maior das mudas produzidas a pleno sol foi determinante para que estas mudas apresentassem maior AF, já o TMF foi o menor em termos absolutos. No inverno, o maior TMF quando produzidas no interior dos microambientes com filme fez com que a área foliar fosse igual estatisticamente às mudas produzidas a pleno sol, que teve superioridade no número de folhas.

As mudas produzidas na primavera tiveram maior TMF nos microambientes azul e difusor e com conseqüente maiores áreas foliares, mesmo tendo NF semelhantes entre todos os microambientes. No verão, o NF no microambiente difusor foi superior aos demais, porém a AF foi semelhante entre as mudas dos dois filmes, isto porque as mudas do filme azul apresentaram maior TMF.

Trautenmuller et al. (2017) mencionam que quanto maior a área foliar, maior será a radiação ativa interceptada e o acúmulo de matéria seca.

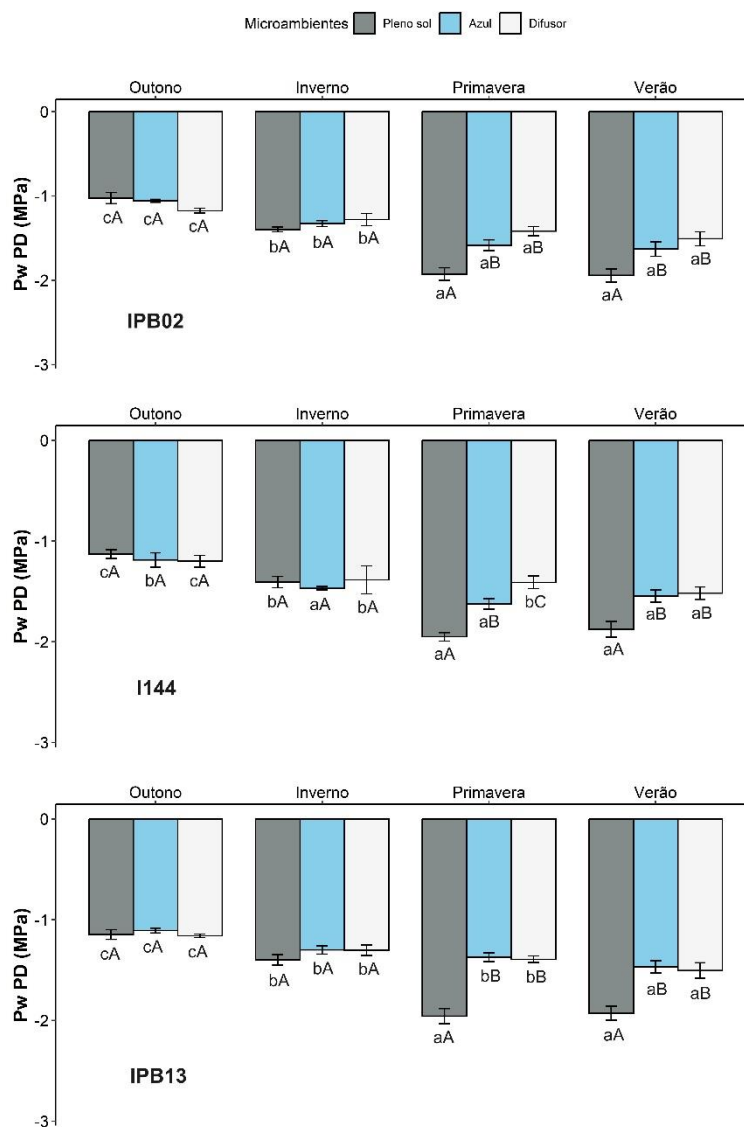
Santos et al. (2010) verificaram que plantas mantidas em ambientes protegidos podem apresentar maiores valores em altura e área foliar em relação às mudas que crescem em plena luz do sol, pois a luz intensa favorece o desenvolvimento de células longas e em ambiente coberto apresentam maior formação de parênquima lacunoso.

As plantas que desenvolveram em ambiente coberto com os diferentes filmes agrícolas, embora com maiores áreas foliares não tiveram maior massa seca aérea comparadas às do pleno sol (Tabelas 3, 4 e 5). Isto indica uma diferença na anatomia foliar, não avaliadas neste estudo. Segundo Teixeira et al., (2015) as folhas podem modificar suas características morfológicas, como o índice de área foliar, arranjo e inclinação das folhas em relação à luz incidente.

4.1.11 Potencial hídrico foliar (Ψ_{wf})

O potencial hídrico foliar (Ψ_{wf}) na antemanhã das mudas produzidas no outono e no inverno não foram influenciados pelos microambientes de produção, para todos os clones estudados. Para as mudas produzidas na primavera e verão, o potencial hídrico foliar foi mais negativo nas mudas a pleno sol, apresentando diferença significativa em relação às mudas produzidas nos microambientes com cobertura de filme agrícola azul e difusor, demonstrando menor hidratação nas folhas das mudas a pleno sol (Figura 47 e Apêndice M).

Figura 47 – Potencial hídrico foliar (MPa) das mudas de Eucalipto cultivadas em diferentes microambientes, na antemanhã



Dentro de uma mesma característica avaliada para cada clone, médias seguidas da mesma letra minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott (5%).

As mudas do clone I144 quando produzidas na primavera apresentaram diferenças significativas entre os microambientes com filme agrícola, sendo o potencial hídrico foliar mais negativo nas mudas produzidas no azul quando comparado ao difusor.

Analisando o Ψ_{wf} entre as estações do ano (comparação na linha) verifica-se que para todos os clones e microambientes, as mudas produzidas no verão apresentaram potenciais mais negativos. Os valores da primavera se assemelharam às do verão nas seguintes mudas: clone IBP02, nos três microambientes, para o clone I144 nas mudas a pleno sol e no filme azul, e clone IPB13 na mudas a pleno sol. As mudas produzidas no outono sempre apresentaram os menores Ψ_{wf} para todos os microambientes e clones.

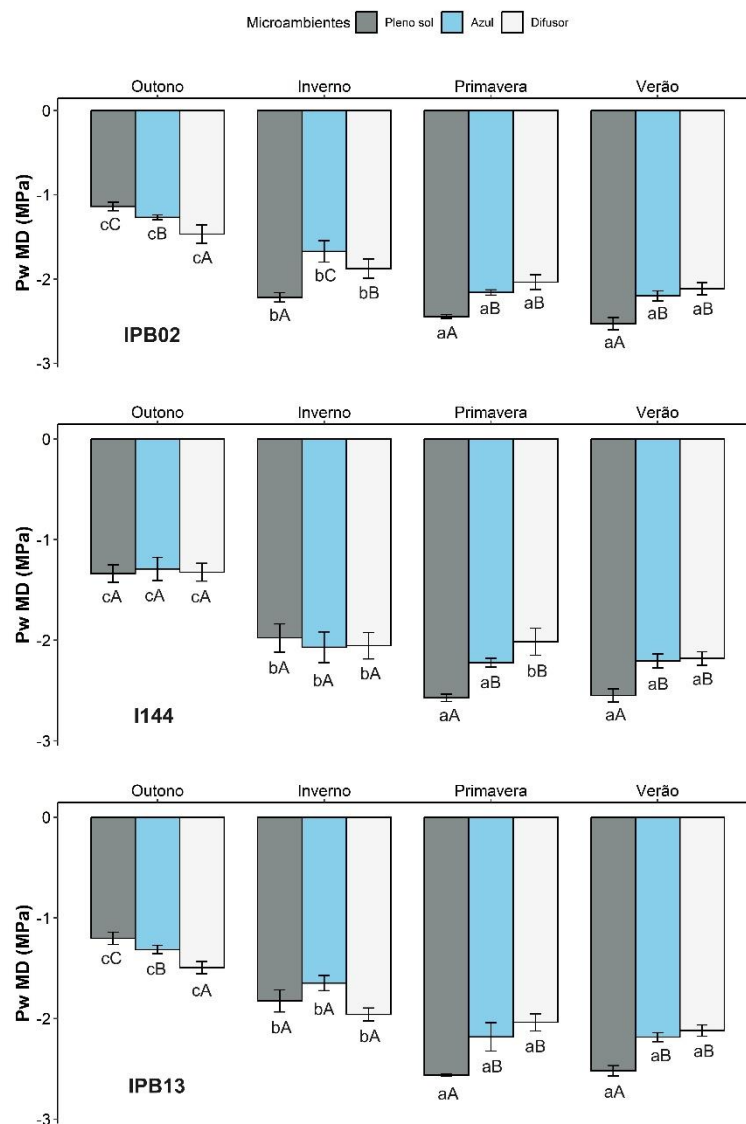
O Ψ_{wf} ao meio dia (Figura 48 e Apêndice N) foi influenciado pelos microambientes de produção. Na primavera e verão, a influência dos microambientes foi semelhante para todos os clones. As mudas do pleno sol apresentaram valores mais negativos do Ψ_{wf} . Entre microambientes com filme agrícola azul e difusor não diferiram entre si.

No outono, os microambientes influenciaram de forma diferenciada cada clone. Para os clones IPB02 e IPB13, as mudas produzidas no interior dos microambientes azul e difusor apresentaram valores mais negativos quando comparados ao pleno sol, sendo que no difusor foi superior ao azul. Para as mudas do clone I144, as mudas produzidas no outono e no inverno não tiveram os Ψ_{wf} influenciados pelos microambientes. Para as mudas do clone IPB13, o comportamento do Ψ_{wf} no inverno não tiveram diferenças em função dos microambientes.

Analisando o Ψ_{wf} entre as estações do ano (comparação na linha) verifica-se que para todos os clones e microambientes, as mudas produzidas na primavera e no verão apresentaram potenciais mais negativos, a exceção das mudas de I144 no filme difusor, que na primavera foi diferente do verão. As mudas produzidas no outono sempre apresentaram os menores Ψ_{wf} para todos os microambientes e clones.

Para as mudas dos três clones produzidas na primavera e verão houve relação entre o Ψ_{wf} e a transpiração diária. Quanto maior a transpiração, mais negativo foi o Ψ_{wf} ao amanhecer e ao meio dia. As mudas produzidas no outono e inverno não apresentaram essa relação.

Figura 48 – Potencial hídrico foliar (MPa) das mudas de Eucalipto cultivadas em diferentes microambientes, ao meio dia



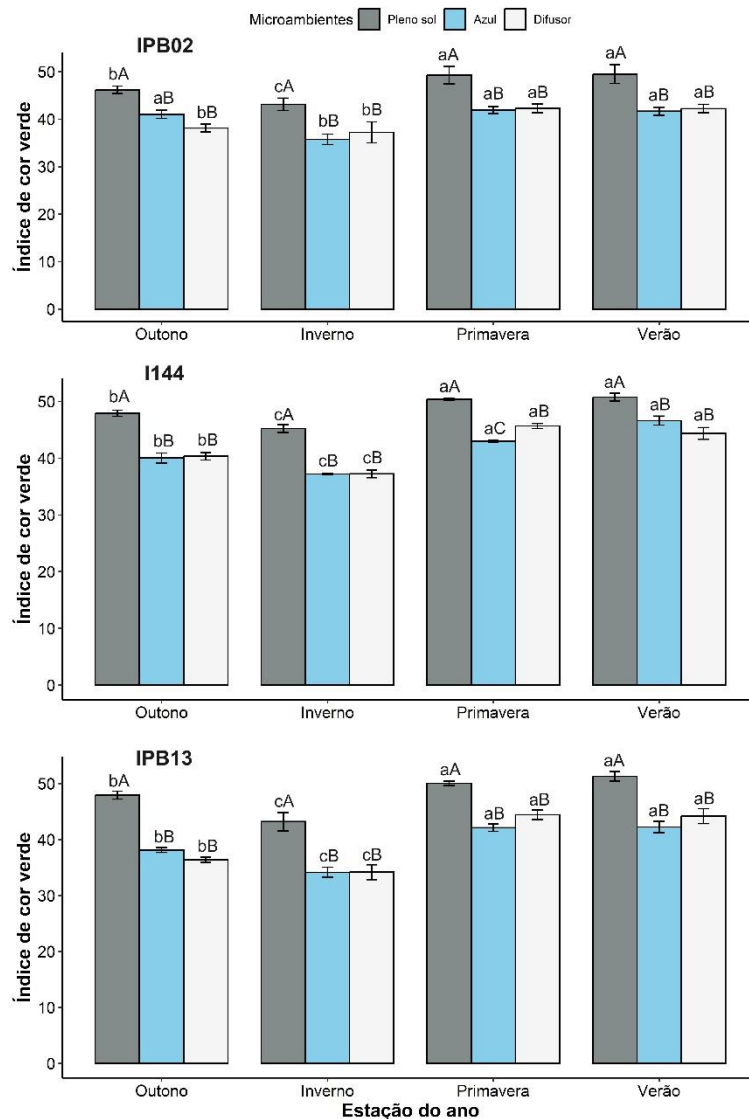
Dentro de uma mesma característica avaliada para cada clone, médias seguidas da mesma letra minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott (5%).

4.1.12 Índice de Cor Verde (ICV)

O índice de cor verde (Figura 49 e Apêndice O) obtido nas mudas de todos os clones produzidos a pleno sol apresentou valores superiores em relação às mudas produzidas nos microambientes com cobertura de filme agrícola azul e difusor em todas estações. As mudas dos microambientes cobertos foram semelhantes entre si, a exceção do clone I144 produzidas na primavera, o qual teve maior ICV no filme agrícola azul.

Para as mudas dos clones I144 e IPB13 o comportamento apresentado foi o mesmo ao longo das estações do ano. As mudas da primavera e do verão tiveram maiores valores no ICV em todos os microambientes.

Figura 49 – Índice de cor verde médio das mudas de Eucalipto aos 90 DAE cultivadas em diferentes microambientes



Dentro de uma mesma característica avaliada para cada clone, médias seguidas da mesma letra minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott (5%).

O SPAD é um clorofilômetro que oferece medições dos teores indiretos de clorofila por meio de princípios ópticos baseados na absorbância e refletância da luz pelas folhas correspondendo a um índice de cor verde, considerando que 50 a 70% do N total na folha está associado a enzimas presentes nos cloroplastos, medições com o SPAD têm sido correlacionadas com o teor de nitrogênio das folhas (UESUGI et al., 2015).

4.1.13 Trocas Gasosas

A Taxa de assimilação de CO₂ (A, $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) foi maior em mudas cultivadas a pleno sol em todas as estações do ano nos clones IPB02 e I144. Para o clone IPB13, no verão, as mudas no microambiente com filme difusor se assemelharam às mudas a pleno sol (Tabela 2).

Independente do clone, mudas produzidas no outono, nos microambientes com a cobertura do filme agrícola não apresentaram diferença significativa entre si, indicando que o tipo de filme agrícola não influenciou significativamente na taxa de assimilação líquida das mudas.

Tabela 2 – Taxa de assimilação de CO₂ (A, $\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) em mudas de Eucalipto aos 90 DAE cultivadas em diferentes microambientes

	Outono	Inverno	Primavera	Verão
Microambientes	IPB02			
Pleno Sol	29,53 aA	-	20,42 bA	15,70 bA
Azul	20,45 aB	-	13,71 bB	11,31 bB
Difusor	19,47 aB	-	12,15 bB	11,60 bB
	I144			
Pleno Sol	31,30 aA	-	18,75 bA	17,80 bA
Azul	19,81 aB	-	8,97 bC	11,77 bB
Difusor	20,11 aB	-	12,08 bB	12,85 bB
	IPB13			
Pleno Sol	31,27 aA	-	20,93 bA	16,59 bA
Azul	20,80 aB	-	12,03 bB	8,71 bB
Difusor	21,90 aB	-	11,19 bB	17,03 aA

Dentro de uma mesma característica avaliada para cada clone, médias seguidas da mesma letra minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott (5%).

A baixa assimilação de CO₂ na primavera e verão podem ser explicadas pelas altas condições climáticas proporcionadas, uma vez que em temperaturas excessivas a taxa máxima de assimilação de carbono pode ser inibida pela diminuição da condutância estomática (LAW; CRAFTS-BRANDNER, 1999) e, conseqüentemente, a reduzir a fotossíntese.

Segundo Silva et al. (2015) o fechamento estomático e a redução do fluxo normal de CO₂ em direção ao sítio de carboxilação constituem um dos principais responsáveis pela redução da fotossíntese. Altas temperaturas inibem a assimilação de CO₂ em plantas C3, por reduzir o estado de ativação da Rubisco, via inibição da

Rubisco carboxilase, fechamento estomático e redução da atividade fotoquímica (OLIVEIRA et al., 2005).

Outro fator que em excesso pode contribuir para a diminuição da assimilação de CO₂ é a intensidade luminosa, onde altas taxas de radiação solar podem elevar a transpiração foliar, resultando geralmente, em fechamento parcial dos estômatos (AWAD; CASTRO, 1989).

A condutância estomática das mudas foi influenciada pelos microambientes, estação e clone (Tabela 3).

Tabela 3 - Condutância estomática (gs, mol m⁻² s⁻¹) em mudas de Eucalipto aos 90 DAE cultivadas em diferentes microambientes

	Outono	Inverno	Primavera	Verão
Microambientes	IPB02			
Pleno Sol	0,35 aA	-	0,21 bA	0,20 bA
Azul	0,32 aB	-	0,08 cB	0,21 bA
Difusor	0,29 aB	-	0,08 cB	0,21 bA
	I144			
Pleno Sol	0,41 aA	-	0,18 cA	0,28 bA
Azul	0,33 aB	-	0,06 cB	0,18 bB
Difusor	0,36 aB	-	0,07 bB	0,09 bC
	IPB13			
Pleno Sol	0,39 aA	-	0,19 bA	0,23 bB
Azul	0,30 aB	-	0,08 bB	0,08 bC
Difusor	0,31 aB	-	0,08 bB	0,28 aA

Dentro de uma mesma característica avaliada para cada clone, médias seguidas da mesma letra minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott (5%).

No outono e na primavera, independente dos clones, as mudas produzidas a pleno sol foram as que tiveram maior condutância estomática e as produzidas nos microambientes com filme agrícolas foram semelhantes entre si. No verão, a condutância foi influenciada pelos microambientes de forma para cada clone. No IPB02 não houve influência, no I144, as mudas do pleno sol apresentaram maior condutância e no IPB13 foram as mudas do filme difusor.

O efeito da temperatura no movimento estomático varia entre as espécies e plantas de uma mesma espécie, adaptadas ou aclimatadas a ambientes diferentes. Quanto à umidade atmosférica, algumas espécies são muito sensíveis às variações, fechando seus estômatos com pequenas quedas na umidade do ar (MARENCO; LOPES, 2009).

Segundo Stape et al. (2004), o eucalipto tem demonstrado possuir mecanismos fisiológicos eficientes que regulam a absorção e perda de água, influenciando diretamente a produtividade florestal.

O efeito dos microambientes sobre a concentração interna de carbono na folha foi diferente em função da estação do ano e do clone (Tabela 4).

As mudas produzidas no outono dos clones IPB02 e I144 tiveram menores valores quando submetidas a pleno sol. As mudas do IPB13 não foram influenciadas pelo microambiente.

Nas mudas produzidas na primavera, cada clone teve um comportamento. O IPB02 apresentou maior C_i nas mudas produzidas a pleno sol. Já para o clone I144 as mudas tiveram C_i crescentes na seguinte sequência: pleno sol, difusor e azul. Para o clone IPB13 não houve diferença entre microambientes de produção.

Tabela 4 – Concentração interna de CO₂ na folha (C_i , $\mu\text{mol mol}^{-1}$) em mudas de Eucalipto aos 90 DAE cultivadas em diferentes microambientes

Microambientes	Outono	Inverno	Primavera	Verão
IPB02				
Pleno Sol	237,82 bB	-	250,78 bA	275,65 aA
Azul	277,83 aA	-	152,11 bB	283,76 aA
Difusor	279,25 aA	-	151,38 bB	282,62 aA
I144				
Pleno Sol	240,79 bB	-	220,04 bA	291,31 aA
Azul	281,49 aA	-	135,58 bC	273,85 aA
Difusor	287,71 aA	-	171,24 cB	203,47 bB
IPB13				
Pleno Sol	255,50 aA	-	206,88 bA	284,15 aA
Azul	255,15 aA	-	189,93 bA	212,88 bB
Difusor	260,18 cA	-	315,43 aA	288,35 bA

Dentro de uma mesma característica avaliada para cada clone, médias seguidas da mesma letra minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott (5%).

A C_i das folhas do clone IPB02, produzidas no verão, não tiveram influência do microambiente. Já para o clone I144, a menor C_i foi observada nas mudas do filme difusor e no clone IPB13 mudas produzidas sob o filme azul.

Valores elevados de concentração interna de CO₂ associados à condutância estomática, indicam acréscimo na eficiência instantânea de carboxilação ocorrido em função da disponibilidade de ATP para a rubisco (SILVA et al., 2015).

A elevação da C_i também pode ser justificada pela baixa condutância do mesófilo, reduzindo a capacidade difusiva de CO_2 (PEEVA; CORNIC, 2009). O aumento da C_i , sob baixos valores de potencial hídrico foliar e baixa condutância estomática pode estar relacionada a um decréscimo na eficiência de carboxilação (FERNANDES et al., 2014).

Com relação à E , as mudas do outono não sofreram influência do microambiente de produção para os clones IPB02 e I144. Para o clone IPB13, a E foi menor nas mudas sob o filme azul.

Tabela 5 – Taxa de transpiração (E , $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) em mudas de Eucalipto aos 90 DAE cultivadas em diferentes microambientes

Microambientes	Outono	Inverno	Primavera	Verão
IPB02				
Pleno Sol	5,61 aA	-	3,41 bA	2,30 bA
Azul	4,22 aA	-	2,72 bB	1,49 bB
Difusor	4,29 aA	-	1,84 bC	1,18 bB
I144				
Pleno Sol	6,32 aA	-	4,60 bA	2,49 cA
Azul	4,70 aA	-	2,24 bC	1,75 bB
Difusor	5,21 aA	-	3,14 bB	0,96 cC
IPB13				
Pleno Sol	6,38 aA	-	3,77 bA	1,84 cB
Azul	4,28 aB	-	2,19 bA	0,84 cC
Difusor	5,36 aA	-	2,87 bA	2,68 bA

Dentro de uma mesma característica avaliada para cada clone, médias seguidas da mesma letra minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott (5%).

No verão, os estômatos podem ter se fechado devido às altas temperaturas, sobretudo nos microambientes com a cobertura dos filmes agrícolas, afetando a fotossíntese. A radiação solar excessiva, associada às altas temperatura pode provocar o fechamento parcial dos estômatos (MARENCO; LOPES, 2009), bem como a rápida redução da transpiração. Nesta situação os estômatos permanecem parcialmente fechados e a entrada de CO_2 nos espaços intercelulares do mesófilo foliar é limitada (AWAD; CASTRO, 1983).

A resistência da folha à transpiração pode variar muito, à medida que os fatores ambientais influenciam as aberturas estomáticas (SALISBURY; ROSS, 2012). A transpiração é o principal mecanismo envolvido na regulação da temperatura foliar

devido às menores aberturas estomáticas e, por consequência, a diminuição da transpiração foliar e aumento da temperatura da folha (SILVA et al., 2015).

A radiação solar intensa, influência na quantidade de água transpirada pelas folhas, excedendo a capacidade de absorção pelas raízes e no transporte pelo xilema, provocando estresse hídrico temporário, mesmo quando há água disponível no solo (MARENCO; LOPES, 2009). Se a folha estiver mais quente que o ar, a transpiração pode ocorrer em uma atmosfera com UR de 100 % (SALISBURY; ROSS, 2012).

Nas mudas da primavera e do verão, as maiores *E* foram daquelas produzidas a pleno sol, tanto do clone IPB02 quanto do I144. Para o IPB13, não houve diferença na *E* na primavera, e no verão a maior *E* foi das mudas sob o filme difusor.

A *EiUA* não foi influenciada pelos microambientes quando produzidas no outono, nos clones IP02 e IPB13. Mas para o I144, a maior *EiUA* foi nas mudas a pleno sol.

Tabela 6 – Eficiência do uso da água (*EiUA*, $\mu\text{mol CO}_2$ ($\text{mmol H}_2\text{O}$)⁻¹) em mudas de Eucalipto aos 90 DAE cultivadas em diferentes microambientes

Microambientes	Outono	Inverno	Primavera	Verão
IPB02				
Pleno Sol	5,35 aA	-	5,69 aA	7,66 aA
Azul	5,00 aA	-	5,18 aB	6,66 aB
Difusor	4,57 cA	-	6,14 bA	8,54 aA
I144				
Pleno Sol	5,12 aA	-	3,69 bA	7,30 aB
Azul	3,98 bB	-	3,61 bA	7,37 aB
Difusor	3,50 bC	-	3,61 bA	13,58 aA
IPB13				
Pleno Sol	4,82 bA	-	5,82 bA	9,19 aB
Azul	4,90 bA	-	4,98 bA	6,98 aB
Difusor	4,15 bA	-	5,34 bA	13,61 aA

Dentro de uma mesma característica avaliada para cada clone, médias seguidas da mesma letra minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott (5%).

As dos clones I144 e IPB13 quando produzidas na primavera, não apresentaram diferença entre os microambientes. As mudas do IPB02 tiveram menor *EiUA* sob filme azul. As mudas produzidas no verão dos clones I144 e IPB13 tiveram maior *EiUA* no filme difusor. Para IPB02, a *EiUA* das mudas a pleno sol se igualou às do difusor. A área foliar pode influenciar na transpiração, dessa forma, plantas mais

eficientes no uso da água produzem mais massa seca por grama de água transpirada (BAPTISTA et al., 2011).

A fotossíntese é frequentemente limitada pela disponibilidade de água e de CO₂ estando esses fatores interligados (KERBAUY, 2013). O uso mais eficiente da água está diretamente atrelado ao tempo de abertura estomática, pois, enquanto a planta absorve CO₂ para a fotossíntese, a água é perdida para o ambiente por evapotranspiração (MACHADO et al., 2010).

Nas mudas do outono, a eficiência de carboxilação foi maior nas mudas a pleno sol, em todos os clones. Este resultado se manteve para as mudas da primavera nos clones I144 e IPB13. As mudas do clone IPB02 não foi influenciada. No verão, a maior eficiência de carboxilação permanece nas mudas do pleno sol, porém as mudas do I144 e IPB13 sob filme difusor se assemelham.

A estimativa da eficiência da enzima rubisco pode correlacionar-se com a capacidade produtiva da planta, sendo os fatores ambientais ligados à planta, que afetam a fotossíntese, estando diretamente ligados a ações do rubisco (CAMILI et al., 2007). A rubisco é ativada pela luz, permanecendo inativa no escuro (não há fixação de O₂ ou CO₂ pela rubisco no escuro) (MARENCO; LOPES, 2009).

Tabela 7 – Eficiência de carboxilação (A/Ci) em mudas de Eucalipto aos 90 DAE cultivadas em diferentes microambientes

Microambientes	Outono	Inverno	Primavera	Verão
IPB02				
Pleno Sol	0,14 aA	-	0,08 bA	0,06 bA
Azul	0,07 aB	-	0,09 aA	0,04 bB
Difusor	0,07 aB	-	0,08 aA	0,04 bB
I144				
Pleno Sol	0,12 aA	-	0,08 bA	0,06 bA
Azul	0,07 aB	-	0,07 aB	0,04 bB
Difusor	0,07 aB	-	0,07 aB	0,06 aA
IPB13				
Pleno Sol	0,12 aA	-	0,11 aA	0,06 bA
Azul	0,08 aB	-	0,05 bB	0,04 bB
Difusor	0,08 aB	-	0,04 bB	0,06 aA

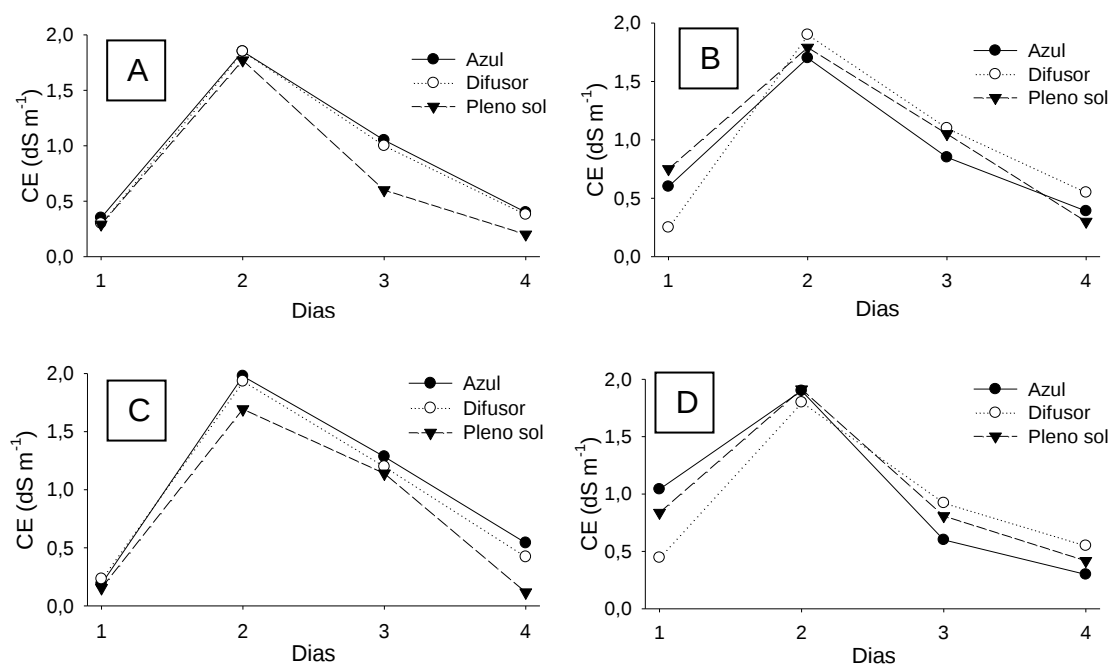
Dentro de uma mesma característica avaliada para cada clone, médias seguidas da mesma letra minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott (5%).

4.1.14 Condutividade elétrica da solução lixiviada

A condutividade elétrica (CE) da solução lixiviada ao fundo do tubete das mudas dos diferentes clones são dispostas nas Figuras de 42, 43 e 44. O dia 1 (sem a fertirrigação) a CE apresentou valores abaixo de 1 dS m^{-1} , no dia 2 (no dia da adubação) a CE foi de $1,5 \text{ dS m}^{-1}$ a 2 dS m^{-1} , para todos os clones em todas estações do ano. O dia 3 (um dia após adubação) ocorre a diminuição da CE devido ao consumo realizado pela planta e até mesmo pela diluição ou lixiviação de acordo com a irrigação diária. No dia 4 (dois dias após adubação) houve a diminuição da CE da solução lixiviada, chegando próximo à condição do dia 1, demonstrando que o manejo de fertirrigação adotado (frequência de adubação 3 vezes na semana) foi adequada, pois o CE está abaixo do considerado necessário para a produção de mudas.

Verificou-se que os microambientes não influenciam de forma marcante a CE da solução lixiviada ao fundo do tubetes, nos dias sem chuva (período em que esta avaliação foi realizada). Considerando que o microambiente a pleno sol é suscetível a precipitação, estes resultados seriam diferentes, pois a chuva influenciaria de forma marcante na lixiviação e diluição da quantidade de sais no substrato.

Figura 50 – Condutividade elétrica (dS m^{-1}) da solução lixiviada das mudas do clone IPB02 no outono (A), inverno (B), primavera (C) e verão (D)



CE: condutividade elétrica. Dia 1: antes da fertirrigação; Dia 2: fertirrigação; Dia 3 e 4: posteriores a fertirrigação.

Figura 51 – Condutividade elétrica (dS m^{-1}) da solução lixiviada das mudas do clone I144 no outono (A), inverno (B), primavera (C) e verão (D)

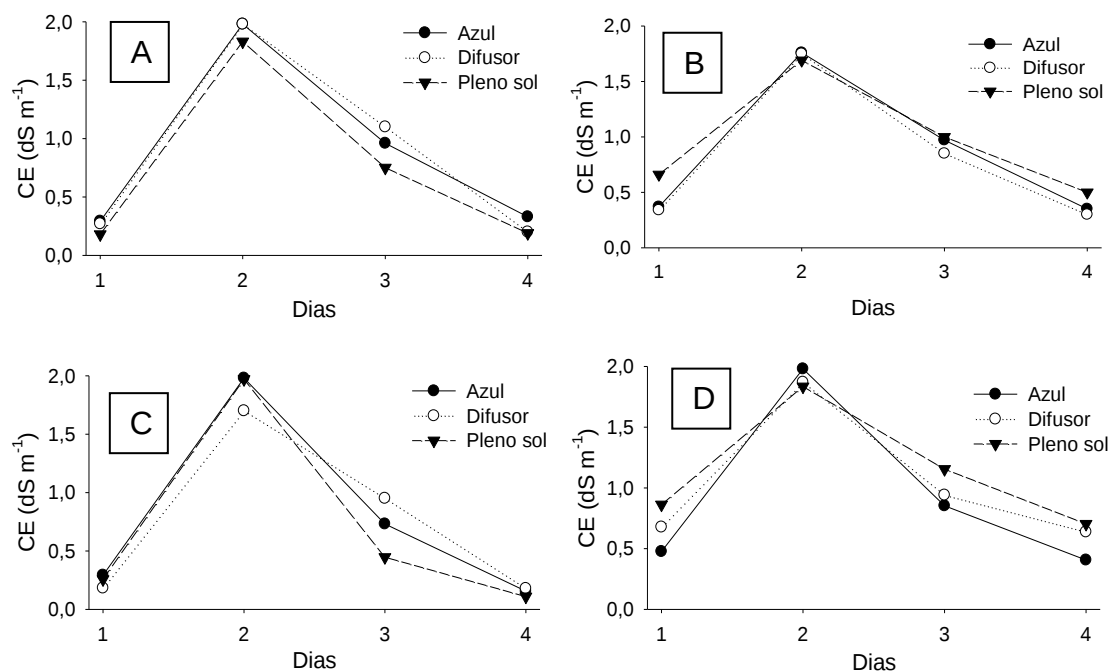
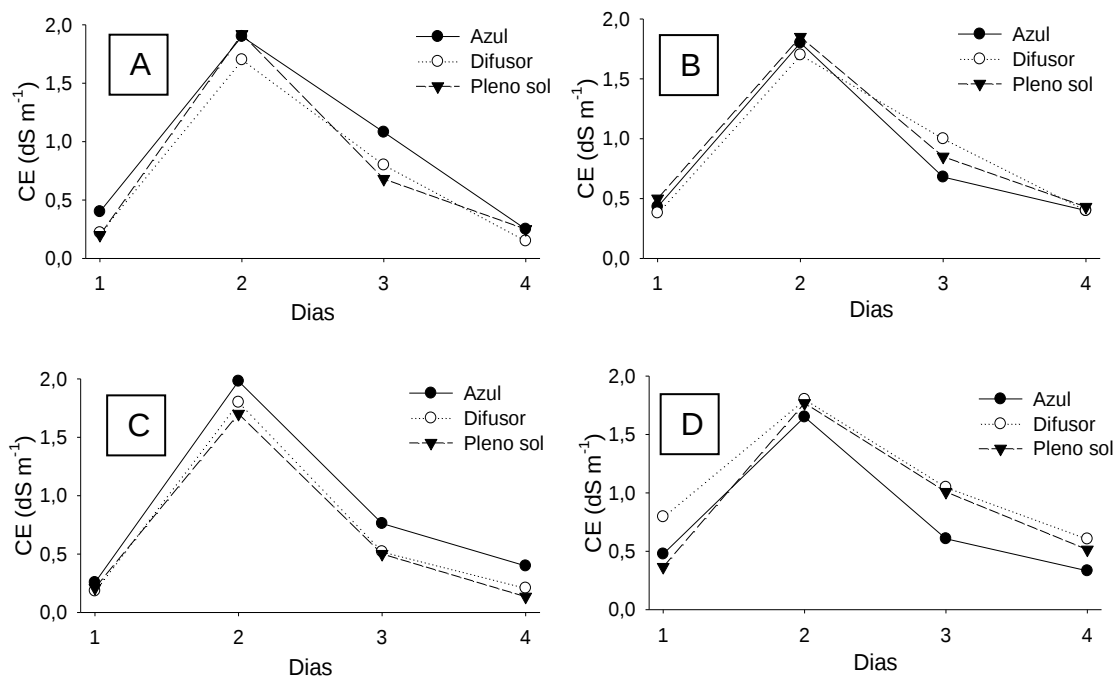


Figura 52 – Condutividade elétrica (dS m^{-1}) da solução lixiviada das mudas do clone IPB13 no outono (A), inverno (B), primavera (C) e verão (D)



4.1.15 Análise química do material vegetal

A relação do teor e acúmulo total dos macronutrientes para o colne IPB02, é apresentado na tabela 08 para os experiemntos realizados no outono e na primavera. Os dados referente ao sistema radicular estão no Apêndice P e para a parte aérea no Apêndice R. As mudas produzidas no outono apresentaram algumas diferenças significativas quanto ao teor para N, P e K, sendo que quando realizado o calculo do acúmulo, essa diferença não predomina.

Já para as mudas provenientes da primavera, o teor não apresentou diferença, no entanto o acúmulo de P, K e S foram maiores nas mudas produzidas no interior dos microambientes azul e difusor, pelo fato de ter um desenvolvimento superior do que as mudas a pleno sol.

Tabela 8 - Teor e acúmulo de macronutrientes total das mudas do clone IPB02 em função dos microambiente de produção

Microambientes	Teor de macronutrientes (g kg ⁻¹) no outono					
	N	P	K	Ca	Mg	S
Pleno sol	33,25 A	4,29 A	30,57 A	8,33 A	10,17 A	2,58 A
Azul	25,18 B	3,65 AB	29,40 AB	8,33 A	12,70 A	2,48 A
Difusor	25,27 B	3,31 A	28,63 B	7,47 A	11,17 A	2,39 A
Microambientes	Acúmulo de macronutrientes (g planta ⁻¹) no outono					
	N	P	K	Ca	Mg	S
Pleno sol	153,20 A	19,71 A	140,70 A	38,40 A	47,01 A	11,90 A
Azul	125,44 A	18,15 A	145,82 A	41,36 A	64,66 A	12,40 A
Difusor	127,19 A	16,84 A	146,04 A	37,99 A	55,80 A	12,11 A
Microambientes	Teor de macronutrientes (g kg ⁻¹) na primavera					
	N	P	K	Ca	Mg	S
Pleno sol	26,04 A	2,86 A	25,90 A	12,60 A	13,37 A	2,38 A
Azul	21,53 A	2,85 A	25,98 A	11,80 A	13,85 A	2,21 A
Difusor	27,86 A	3,00 A	26,03 A	15,73 A	10,70 A	2,44 A
Microambientes	Acúmulo de macronutrientes (g planta ⁻¹) na primavera					
	N	P	K	Ca	Mg	S
Pleno sol	62,36 A	6,85 B	62,10 B	30,24 A	32,17 A	5,70 B
Azul	75,15 A	9,93 AB	90,59 A	41,15 A	48,36 A	7,71 A
Difusor	98,91 A	10,67 A	92,65 A	56,45 A	38,19 A	8,67 A

Dentro de uma mesma característica avaliada, médias seguidas da mesma letra maiúscula nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (5%).

O teor e acúmulo total dos micronutrientes para o colne IPB02, é apresentado na tabela 09 para os experiemntos realizados no outono e na primavera. Os dados referente ao sistema radicular estão no Apêndice Q e para a parte aérea no Apêndice S. As mudas produzidas no outono não apresentaram diferenças significativas para ao teor. Em relação ao acúmulo, foi obtido diferença apenas para o Cu, onde as mudas produzidas no interior dos ambientes protegidos azul e difusor foram superiores as mudas a pleno sol.

Tabela 9 - Teor e acúmulo de micronutrientes total das mudas do clone IPB02 em função dos microambiente de produção

Microambientes	Teor de micronutrientes (mg kg ⁻¹) no outono				
	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Pleno sol	134,64 A	15,00 A	1613,67 A	101,67 A	199,67 A
Azul	138,91 A	22,33 A	1981,33 A	108,67 A	213,67 A
Difusor	132,02 A	24,00 A	1863,67 A	79,67 A	188,67 A
Microambientes	Acúmulo de micronutrientes (mg planta ⁻¹) no outono				
	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Pleno sol	619,64 A	68,69 B	7489,52 A	468,66 A	920,85 A
Azul	682,72 A	111,30 A	10039,34 A	543,20 A	1060,19 A
Difusor	666,09 A	117,59 A	9328,59 A	402,61 A	978,08 A
Microambientes	Teor de micronutrientes (mg kg ⁻¹) na primavera				
	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Pleno sol	101,48 A	8,33 A	2741,33 A	112,33 A	46,33 AB
Azul	92,60 AB	10,00 A	2373,00 A	123,00 A	48,83 A
Difusor	83,17 B	7,67 A	1808,00 A	111,67 A	43,33 B
Microambientes	Acúmulo de micronutrientes (mg planta ⁻¹) na primavera				
	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Pleno sol	243,55 B	19,94 B	6580,83 A	268,61 B	111,24 B
Azul	322,99 A	34,93 A	8283,55 A	429,20 A	170,49 A
Difusor	296,14 AB	27,25 AB	6451,35 A	397,19 A	154,26 A

Dentro de uma mesma característica avaliada, médias seguidas da mesma letra maiúscula nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (5%).

Para as mudas do clone I144, o teor e acúmulo total dos macronutrientes são demonstrados na tabela 10, para os microambientes na tabela 11, sendo que no Apêndice T consta os dados para o sistema radicular para os macronutrientes, os micronutrientes estão no Apêndice U. Em relação a parte aérea, os macronutrientes estão no Apêndice V e os micronutrientes no Apêndice W.

Em relação aos macronutrientes, para as mudas provenientes do outono, houve diferença no teor apenas para o N e S, sendo que essa diferença permaneceu para o N quanto ao acúmulo. Já para as mudas desenvolvidas na primavera, o teor não apresentou diferença significativa, exceto para o S. No entanto, quando avaliado o acúmulo dos macronutrientes, houve diferença significativa entre todos os macronutrientes, sendo que as mudas produzidas no interior dos microambientes azul e difusor eram sempre maiores do que as mudas produzidas a pleno sol.

Os resultados encontrados para o acúmulo, vão de acordo com os dados morfológicos obtidos, onde as mudas dos ambientes protegidos apresentaram maior desenvolvimento de altura, diâmetro e massa seca.

Tabela 10 - Teor e acúmulo de macronutrientes total das mudas do clone I144 em função dos microambiente de produção

Microambientes	Teor de macronutrientes (g kg ⁻¹) no outono					
	N	P	K	Ca	Mg	S
Pleno sol	30,12 A	3,93 A	30,37 A	10,80 A	18,20 A	3,16 A
Azul	21,84 B	3,22 A	27,40 A	10,07 A	18,80 A	2,57 B
Difusor	24,83 AB	3,10 A	28,47 A	9,80 A	15,23 A	2,31 B
Microambientes	Acúmulo de macronutrientes (g planta ⁻¹) no outono					
	N	P	K	Ca	Mg	S
Pleno sol	156,47 A	20,38 A	159,16 A	59,29 A	101,18 A	16,48 A
Azul	112,88 B	16,66 A	141,57 A	52,25 A	97,45 A	13,29 A
Difusor	156,73 A	19,49 A	178,71 A	62,66 A	100,48 A	14,71 A
Microambientes	Teor de macronutrientes (g kg ⁻¹) na primavera					
	N	P	K	Ca	Mg	S
Pleno sol	26,60 A	3,37 A	28,23 A	15,70 A	13,03 A	2,38 A
Azul	21,70 A	3,12 A	24,77 A	14,13 A	13,20 A	2,37 AB
Difusor	25,11 A	3,02 A	25,10 A	15,73 A	11,30 A	2,25 B
Microambientes	Acúmulo de macronutrientes (g planta ⁻¹) na primavera					
	N	P	K	Ca	Mg	S
Pleno sol	60,11 B	7,60 B	63,80 B	35,23 B	29,36 B	5,36 B
Azul	79,42 AB	11,41 A	90,96 A	52,06 AB	48,59 A	8,69 A
Difusor	100,90 A	12,14 A	100,51 A	62,80 A	45,18 A	9,03 A

Dentro de uma mesma característica avaliada, médias seguidas da mesma letra maiúscula nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (5%).

Para os micronutrientes, as mudas provenientes do outono apresentaram diferença quanto ao teor apenas para o B, Cu e Mn, sendo que essa diferença permaneceu para o N em relação ao acúmulo.

Tabela 11 - Teor e acúmulo de micronutrientes total das mudas do clone I144 em função dos microambiente de produção

Microambientes	Teor de micronutrientes (mg kg ⁻¹) no outono				
	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Pleno sol	98,85 B	20,00 AB	2593,00 A	113,67 A	212,67 A
Azul	133,88 A	25,67 A	2749,00 A	122,67 A	219,00 A
Difusor	103,88 B	15,00 B	2304,33 A	96,00 B	232,00 A
Microambientes	Acúmulo de micronutrientes (mg planta ⁻¹) no outono				
	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Pleno sol	516,03 B	107,67 A	14186,82 A	606,50 A	1136,86 A
Azul	688,93 A	133,00 A	14242,09 A	634,27 A	1119,02 A
Difusor	649,30 A	92,21 A	14995,21 A	610,68 A	1452,00 A
Microambientes	Teor de micronutrientes (mg kg ⁻¹) na primavera				
	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Pleno sol	109,02 A	7,67 A	2282,67 A	136,67 A	50,00 A
Azul	95,79 AB	9,33 A	2220,67 A	147,00 A	51,33 A
Difusor	82,19 B	8,00 A	1792,33 A	122,00 A	48,00 A
Microambientes	Acúmulo de micronutrientes (mg planta ⁻¹) na primavera				
	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Pleno sol	246,49 B	17,26 B	5153,23 B	307,82 B	112,62 A
Azul	351,22 A	34,16 A	8172,06 A	539,43 A	188,42 B
Difusor	329,59 A	32,04 A	7163,24 A	489,69 A	192,41 B

Dentro de uma mesma característica avaliada, médias seguidas da mesma letra maiúscula nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (5%).

Para as mudas provenientes da primavera, o teor não apresentou diferença significativa, exceto para o N. No entanto, o acúmulo dos micronutrientes, houve diferença significativa entre todos os macronutrientes, sendo que as mudas produzidas no interior dos microambientes azul e difusor eram sempre maiores do que as mudas produzidas a pleno sol, com excessão do Zn, que foi maior nas mudas a pleno sol.

As mudas do clone IPB13, o teor e acúmulo total dos macronutrientes são demonstrados na tabela 12, para os microambientes na tabela 13, sendo que o Apêndice X exibe os dados para o sistema radicular para os macronutrientes, os micronutrientes estão no Apêndice Y. Em relação a parte aérea, os macronutrientes estão no Apêndice Z e os micronutrientes no Apêndice AA.

Tabela 12 - Teor e acúmulo de macronutrientes total das mudas do clone IPB13 em função dos microambiente de produção

Microambientes	Teor de macronutrientes (g kg ⁻¹) no outono					
	N	P	K	Ca	Mg	S
Pleno sol	35,14 A	4,45 A	33,63 A	8,40 B	13,77 A	3,30 A
Azul	22,49 B	3,12 B	29,30 B	7,60 B	9,70 A	2,36 B
Difusor	24,76 B	3,23 B	28,37 B	10,00 A	14,67 A	2,60 B
Microambientes	Acúmulo de macronutrientes (g planta ⁻¹) no outono					
	N	P	K	Ca	Mg	S
Pleno sol	156,41 A	19,83 A	149,65 A	37,42 B	61,56 A	14,68 A
Azul	100,61 B	13,94 B	131,17 A	33,84 B	43,29 A	10,55 B
Difusor	136,25 AB	17,76 A	156,05 A	55,01 A	80,62 A	14,28 A
Microambientes	Teor de macronutrientes (g kg ⁻¹) na primavera					
	N	P	K	Ca	Mg	S
Pleno sol	28,07 A	3,97 A	30,10 A	18,93 A	11,77 A	2,36 A
Azul	21,75 AB	3,05 A	25,77 AB	12,43 B	11,77 A	2,38 A
Difusor	23,64 B	3,02 A	25,40 B	10,70 B	12,23 A	2,37 A
Microambientes	Acúmulo de macronutrientes (g planta ⁻¹) na primavera					
	N	P	K	Ca	Mg	S
Pleno sol	61,56 A	8,71 A	66,01 A	41,24 A	25,62 A	5,17 B
Azul	64,63 A	9,11 A	76,35 A	36,92 A	35,04 A	7,06 AB
Difusor	80,10 A	10,27 A	86,33 A	36,41 A	41,82 A	8,02 B

Dentro de uma mesma característica avaliada, médias seguidas da mesma letra maiúscula nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (5%).

Em relação aos macronutrientes, para as mudas provenientes do outono, houve diferença no teor para todos os nutrientes, exceto para Mg, sendo que esse comportamento permaneceu para o acúmulo, onde K já não diferiu quanto aos microambientes de produção. As mudas desenvolvidas na primavera, o teor apresentou diferença significativa para o N, K e Ca. No entanto, quando avaliado o acúmulo dos macronutrientes, houve diferença significativa somente para S.

Para os micronutrientes, as mudas provenientes do outono, todos os nutrientes apresentaram diferença quanto ao teor, exceto o Fe. Em relação ao acúmulo, o comportamento se manteve, com excessão do B que não apresentou diferença. Para as mudas produzidas na primavera, o teor e o acúmulo não apresentaram diferença significativa, exceto para o teor de B e para o acúmulo de Cu.

Tabela 13 - Teor e acúmulo de micronutrientes total das mudas do clone IPB13 em função dos microambiente de produção

Microambientes	Teor de micronutrientes (mg kg ⁻¹) no outono				
	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Pleno sol	155,68 A	21,67 A	2249,67 A	115,67 A	190,00 B
Azul	133,01 AB	26,67 A	1793,00 A	80,67 B	209,33 AB
Difusor	117,32 B	10,67 B	2483,33 A	94,33 B	245,67 A
Microambientes	Acúmulo de micronutrientes (mg planta ⁻¹) no outono				
	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Pleno sol	691,85 A	96,47 A	10049,37 AB	515,56 A	845,17 B
Azul	593,95 A	118,63 A	7957,18 B	359,12 B	934,01 B
Difusor	645,40 A	58,62 B	13653,29 A	518,84 A	1350,92 A
Microambientes	Teor de micronutrientes (mg kg ⁻¹) na primavera				
	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Pleno sol	112,24 A	7,00 A	1697,00 A	200,00 A	52,00 A
Azul	90,38 AB	8,67 A	2120,33 A	161,33 A	50,33 A
Difusor	80,66 B	10,67 A	2188,00 A	146,33 A	45,00 A
Microambientes	Acúmulo de micronutrientes (mg planta ⁻¹) na primavera				
	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Pleno sol	246,82 A	15,18 B	3700,11 A	438,87 A	114,22 A
Azul	267,77 A	26,02 AB	6316,34 A	479,70 A	150,04 A
Difusor	274,68 A	36,33 A	7488,55 A	495,05 A	152,70 A

Dentro de uma mesma característica avaliada, médias seguidas da mesma letra maiúscula nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (5%).

4.2 Desempenho em campo

4.2.1 Sobrevivência

A sobrevivência das plantas 30 dias após o plantio, provenientes das mudas produzidas na primavera, não diferiu estatisticamente entre os microambientes, para todos os clones. Para as mudas produzidas no verão, observou-se diferença significativa apenas para as mudas do clone I144, resultando em menor sobrevivência das mudas do microambiente com filme agrícola azul.

Estes valores estão acima do tolerável e indicariam a necessidade de replantio. Em plantações de eucalipto com densidade populacional de 1667 plantas por ha (caso deste experimento), as empresas trabalham com uma tolerância de mortalidade em torno de 5%.

As altas mortalidades observadas na pesquisa estão relacionadas ao estresse hídrico devido à baixa precipitação e altas radiação e temperatura. A precipitação

diária ao longo do tempo (Apêndice AB) mostra que no primeiro mês de implantação em campo, houve baixo índice de chuva na área. Associado a isso, altos valores da radiação solar global diária (Apêndice AC) e altas temperaturas médias diárias (Apêndice AD).

Tabela 14 - Valores médios de sobrevivência (%) das plantas de Eucalipto, aos 30 dias após o plantio

Microambientes	Mudas da Primavera	Mudas do Verão
	IPB02	
Pleno Sol	83,3 a	88,9 a
Azul	84,2 a	83,3 a
Difusor	82,5 a	80,6 a
I144		
Pleno Sol	81,3 a	88,9 a
Azul	84,2 a	97,2 a
Difusor	76,7 a	66,7 b
IPB13		
Pleno Sol	78,6 a	91,7 a
Azul	80,4 a	91,7 a
Difusor	82,2 a	88,0 a

Letras minúsculas iguais na coluna, dentro de cada clone, não diferem pelo Teste de Scott-Knott (5%).

A qualidade da muda está estreitamente relacionada à sobrevivência, o estabelecimento, a frequência dos tratos culturais e o crescimento inicial da floresta. O plantio de muda com padrões adequados aumenta a sobrevivência das plantas no campo, além de apresentarem melhores condições de crescimento e de competição por fatores como água, luz e nutrientes após o plantio (KRATZ e WENDLING, 2013).

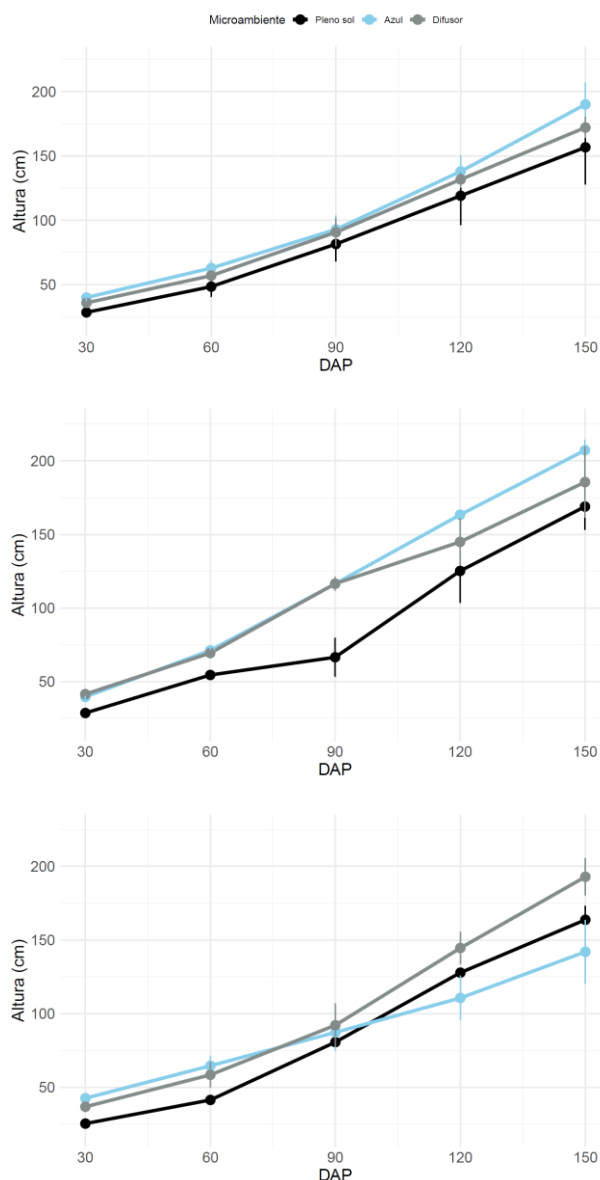
4.2.2 Altura e diâmetro do colo

Em relação as mudas provenientes da primavera, quando produzidas nos microambientes com cobertura de filme agrícola azul e difusor apresentaram maiores alturas quando comparada às mudas produzidas a pleno sol após 30 dias em campo, para todos os clones. Para o clone I144 esse resultado se manteve até os 150 dias após o plantio (Figura 53 e Apêndice AE).

Para o clone IPB02 aos 90 dias após o plantio, não houve diferenças significativas entre os diferentes microambientes para produção das mudas no viveiro. Já para o clone IPB13 a diferença obtida no viveiro foi superada aos 60 dias após

plantio, demonstrando que com o passar do tempo as mudas dos clones IPB02 e IPB13, quando produzidos a pleno sol, possuem crescimento semelhante a plantas com filme agrícola azul e difusor após plantio definitivo.

Figura 53 - Altura (cm) das plantas de Eucalipto aos 30, 60, 90, 120 e 150 dias após plantio em campo das mudas produzidas na primavera

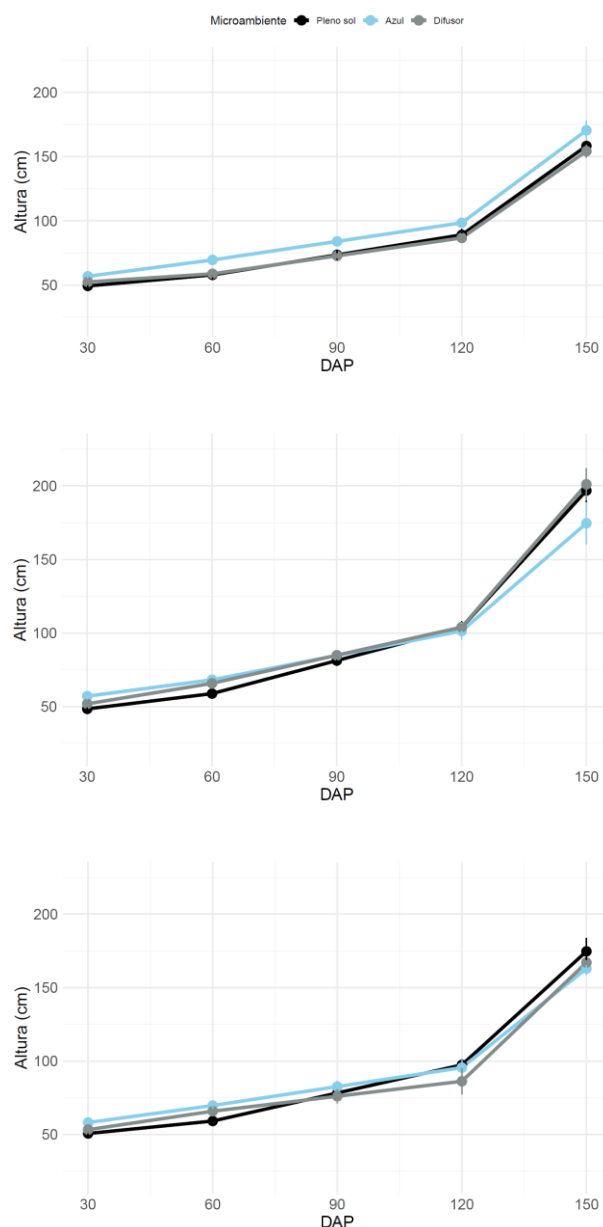


Para as mudas produzidas no verão, o crescimento em altura após plantio em campo não apresentou diferenças significativas entre os tratamentos, sendo que essa característica foi comum para todos os clones estudados (Figura 54 e Apêndice AF).

O êxito de um plantio depende diretamente das potencialidades genéticas, da qualidade das mudas e das práticas silviculturais no campo (KRATZ e WENDLING, 2013). No momento do plantio as mudas devem apresentar sistema radicular bem formado, com raiz principal sem enovelamento e raízes secundárias bem distribuídas,

propiciando uma maior resistência das mesmas a fatores adversos, características presentes nas mudas produzidas na primavera e verão em todos ambientes de produção.

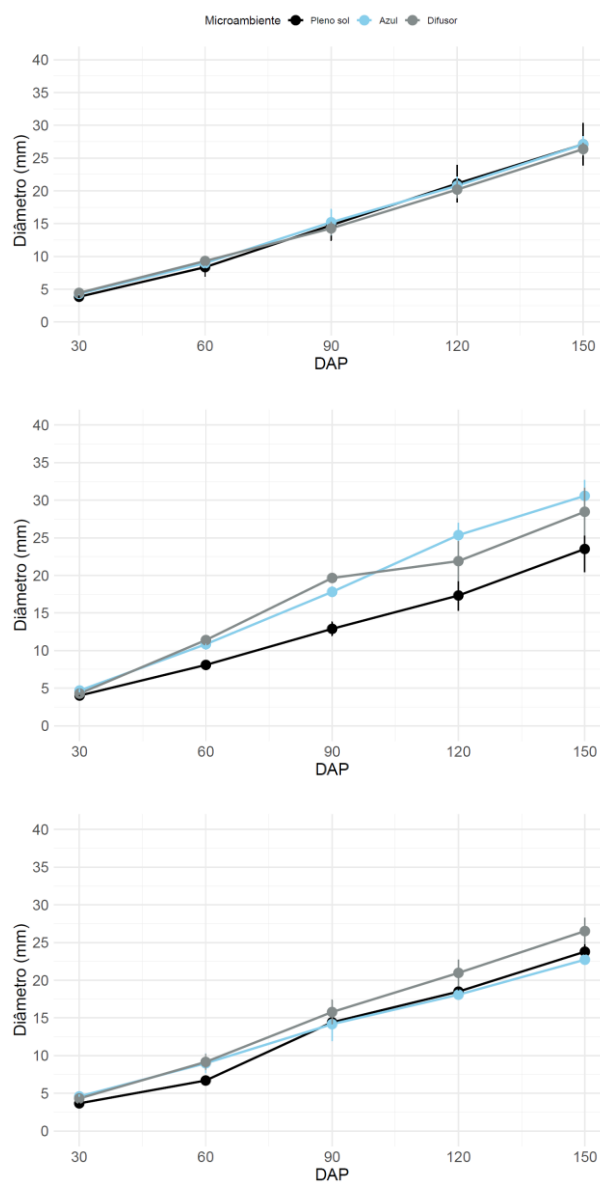
Figura 54 - Altura (cm) das plantas de Eucalipto aos 30, 60, 90, 120 e 150 dias após plantio em campo das mudas produzidas no verão



O diâmetro do colo das mudas produzidas na primavera para os diferentes clones é apresentado na Figura 55 e Apêndice AG. Para o clone IPB02, as mudas produzidas nos diferentes microambientes não apresentaram diferença significativa. Para o clone I144, as plantas cultivadas em microambiente com cobertura de filme agrícola azul e difusor não diferiram entre si e foram superiores às plantas produzidas

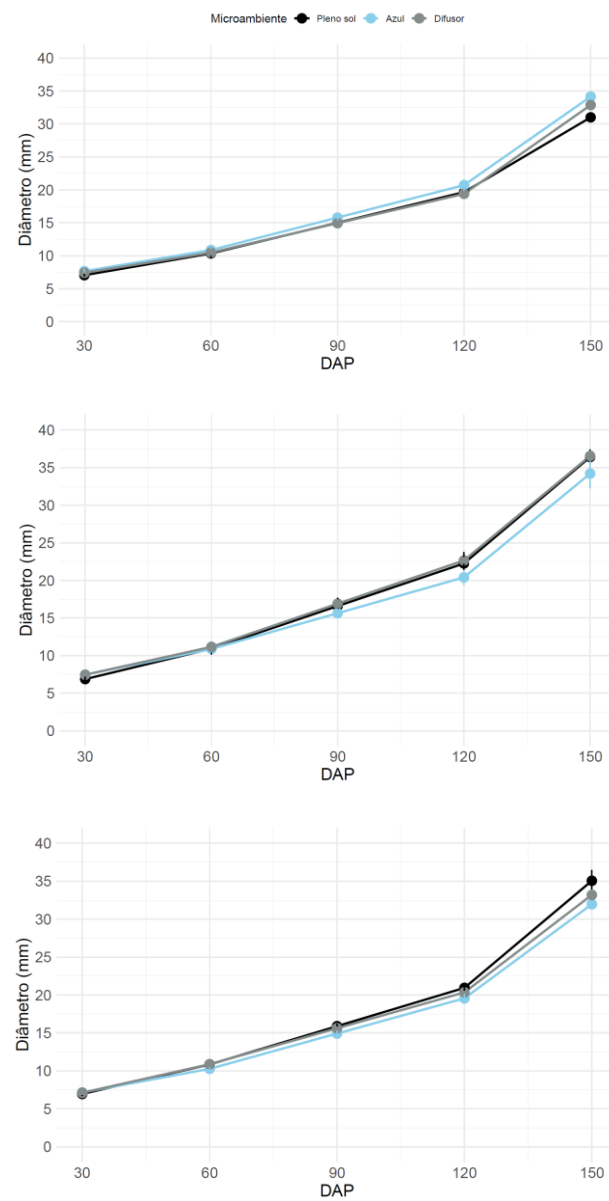
a pleno sol, até os 150 dias após plantio. Já para as plantas do clone IPB13, a diferença foi encontrada apenas aos 30 e 60 dias após o plantio.

Figura 55 – Diâmetro do colo (mm) das plantas de Eucalipto aos 30, 60, 90, 120 e 150 dias após plantio em campo das mudas produzidas na primavera



Para as plantas produzidas no verão (Figura 56 e Apêndice AH) não houve diferença significativa no diâmetro do colo entre os tratamentos testados, para todos os clones em todas as avaliações.

Figura 56 – Diâmetro do colo (mm) das plantas de Eucalipto aos 30, 60, 90, 120 e 150 dias após plantio em campo das mudas produzidas no verão



5 CONCLUSÕES

Os microambientes influenciaram o desenvolvimento e os índices de qualidade das mudas de forma diferente nas estações do ano para cada clone.

Os microambientes com cobertura de filme agrícola azul e difusor proporcionaram maior desenvolvimento e qualidade das mudas. O outono foi a estação com menor influência dos microambientes de produção.

Os microambientes mais adequados para produção de mudas dos clones IPB02 e I144, baseados nas variáveis morfofisiológicas, foram aqueles com filme agrícola azul e difusor. Para o clone IPB13 o microambiente com filme difusor foi o mais adequado.

O desempenho inicial no campo refletiu a qualidade das mudas do viveiro, porém, cada clone é afetado de forma diferenciada. O clone I144, produzido na primavera e implantado no campo no verão, permaneceu com a influência dos microambientes de produção das mudas até os 150 dias após o plantio. Os clones IPB13 e IPB02 permaneceram com influência do viveiro até os 30 e 60 dias após o plantio, respectivamente. As mudas plantadas no outono não foram influenciadas pela qualidade adquiridas no viveiro.

REFERÊNCIAS

- ALFENAS, A. C.; ZAUZA, E. A. V.; MAFIA, R. G.; ASSIS, T. F. **Clonagem e doenças do eucalipto**. 2. ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2009. 500p.
- ALMEIDA, L. P.; ALVARENGA, A. A.; CASTRO, E. M.; ZANELA, S. M.; VIEIRA, C. V. Crescimento inicial de plantas de *Cryptocaria aschersoniana* Mez. submetidas a níveis de radiação solar. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 1, p. 83-88, 2004.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- AMARAL, G. C. **Variáveis climáticas e suas relações com a miniestaquia de *Eucalyptus* spp.** No Brasil central. 2016. 90 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) Universidade de Brasília, Brasília, 2016.
- ANDRADE, J. W. S.; FARIAS JÚNIOR, M.; SOUSA, M. A.; ROCHA, A. C. Utilização de diferentes filmes plásticos como cobertura de abrigos para cultivo protegido. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 33, n. 3, p. 437-443, 2011.
- ANDRADE, A. M. D.; MOURA, M. A. L.; SANTOS, A. B.; CARNEIRO, R. G.; SILVA JUNIOR, R. S. Radiação fotossinteticamente ativa incidente e refletida acima e abaixo do dossel de floresta de Mata Atlântica em Coruripe, Alagoas. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 29, n. 1, p. 68-79, 2014.
- ARAUJO, G. L.; REIS, E. F.; MORAES, W. B.; GARCIA, G. O.; NAZÁRIO, A. A. Influência do déficit hídrico no desenvolvimento inicial de duas cultivares de café conilon. **Journal of Chemical Information and Modeling**, v. 16, p. 115-124, 2013.
- ASSUNÇÃO, H. F.; ESCOBEDO, J. F.; CARNEIRO, M. A. C. Eficiência de uso da radiação e propriedades óticas da cultura do amendoim. **Pesquisa Agropecuária Tropical**. v. 38, n. 3, p. 215-222, 2008.
- AWAD, M.; CASTRO, P. R. C. **Introdução à fisiologia vegetal**. São Paulo -SP: Ed. Nobel, 1ª Ed., 177 pag., 1983.
- BAPTISTA, J.; ALMEIDA, M. C.; VIEIRA, P.; SILVA, A. C. M.; RIBEIRO, R.; FERNANDO, R. M.; SERAFIM, A.; ALVES, I.; CAMEIRA, M. R. **Programa nacional para o uso eficiente da água**. Lisboa: Instituto Superior de Agronomia, 2011. 212 p.
- BECKMANN, M. Z.; DUARTE, G.; BURCK, R.; PAULA, V. A. Radiação solar em ambiente protegido cultivado com tomateiro nas estações verão-outono do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, v. 36, n. 1, p. 86-92, 2006.
- BEHLING, A.; CARON, B. O.; SOUZA, V. Q.; BAMBERG, R.; ELOY, E. Acúmulo de radiação solar global para a produção de mudas de eucalipto. **Enciclopédia Biosfera**. Goiânia, v. 8, n. 15; p. 1-8, 2012.
- BELLOTE, A. F. J.; SILVA, H. D. Nutrição e crescimento de plantações de eucaliptos. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. **Nutrição e fertilização florestal**. 2. ed. Piracicaba: IPEF, 2015. Capítulo 4, p. 105-133.

BINOTTO, A. F. **Relação entre variáveis de crescimento e o índice de qualidade de Dickson em mudas de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maid e *Pinus elliottii* var. *elliottii* - Engelm.** 2007. 56 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

BRONDANI G. E.; WENDLING I.; GROSSI F.; DUTRA L. F.; ARAUJO M. A. 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.

CABRERA, F. J.; BAILLE, A.; LÓPEZ, J. C.; GONZÁLEZ-REAL, M. M.; PÉREZ-PARRA, J. Effects of cover diffusive properties on the components of greenhouse solar radiation. **Biosystems Engineering**, v. 103, p. 344-356, 2009.

CAMILI, L.; IKEJIRI, L.; KLEIN, J.; RODRIGUES, J. D.; BOARO, C. S. F. Produtividade e estimativa da eficiência de carboxilação *in vivo* da enzima Rubisco em girassol ornamental cultivado em lodo de esgoto. **Ver. Bras. de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, supl. 2, pag. 858-860, 2007.

CAMPOE; O. C.; STAPE, J. L.; NOUVELLON, Y.; LACLAU, J. P.; BAUERLE, W. L.; BINKEY, D.; LE MARIE, G. Stem production, light absorption and light use efficiency between dominant and non-dominant trees of *Eucalyptus grandis* across a productivity gradient in Brazil. **Forest Ecology and Management**, v. 288, n. 1, p. 14-20, 2013.

CARON, B. O.; SCHMIDT, D.; MANFRON, P. A.; BEHLING, A.; ELOY, E.; BUSANELLO, C. Eficiência do uso da radiação solar por plantas *Ilex paraguariensis* A. ST. HIL. cultivadas sob sombreamento e a pleno sol. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 24, n. 2, p. 257-265, 2014.

CARON, B. O.; SOUZA, V. Q.; TREVISAN, R.; BEHLING, A.; SCHMIDT, D.; BAMBERG, R.; ELOY, E. Eficiência de conversão da radiação fotossinteticamente ativa interceptada em fitomassa de mudas de eucalipto. **Revista Árvore**. Viçosa, v. 36, n. 5, p. 833-842, 2012.

COSTA, G. F.; MARENCO, R. A. Fotossíntese, condutância estomática e potencial hídrico foliar em árvores jovens de andiroba (*Carapa guianensis*). **Acta Amazonica**, v. 37, p. 229-234, 2007.

CUNHA, A. R.; ESCOBEDO, J. F. Alterações micrometeorológicas causadas pela estufa plástica e seus efeitos no crescimento e produção da cultura de pimentão. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 11, p. 15-26, 2003.

CUNHA, A. R.; MARTINS, D. Classificação climática para os municípios de Botucatu e São Manuel, SP. **Revista Irriga**, Botucatu, v. 14, n. 1, p. 1-11, 2009.

CUNHA, A. C. M. C. M.; PAIVA, H. N.; LEITE, H. G.; BARROS, N. F.; LEITE, F. P. Relações entre variáveis climáticas com produção e enraizamento de miniestacas de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 33, n. 2, p. 195-203, 2009.

CHAVARRIA, G.; SANTOS, H. P.; SÔNEGO, O. R.; MARODIN, G. A. B.; BERGAMASCHI, H.; CARDOSO, L. S. Incidência de doenças e necessidade de

controle em cultivo protegido de videira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 29, n. 3, p. 477-482, 2007.

CHAVARRIA, G.; CARDOSO, L. S.; BERGAMASCHI, H.; SANTOS, H. P.; MANDELLI, F.; MARODIN, G. A. B. Microclima de vinhedos sob cultivo protegido. **Ciência Rural**, v. 19, n. 7, p. 2.029-2.034, 2009.

CRUZ, C. A. F.; PAIVA, H. N.; GUERRERO, C. R. A. Efeito da adubação nitrogenada na produção de mudas de sete-cascas (*Samanea inopinata* (Harms) Ducke). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n.4, p.537-546, 2006.

DELGADO, L. G. M.; SILVA, R. B. G.; SILVA, M. R. Qualidade morfológica de mudas de ingá sob diferentes manejos hídricos. **Revista Irriga**, Botucatu, v. 22, n. 3, p. 420-429, 2017.

DICKSON, A.; LEAF, A. L.; HOSNER, J. F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **Forestry Chronicle**, v. 36, p. 10-13, 1960.

DAL PAI, E. **Radiações e frações solares UV, PAR, IV em estufa de polietileno: evolução anual média mensal diária e equações de estimativa**. 2010. 82 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2010.

FERNANDES, E. T.; CAIRO, P. A. R.; NOVAES, A. B. Respostas fisiológicas de clones de eucalipto cultivados em casa de vegetação sob deficiência hídrica. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 45, n. 1, pag. 29-34, 2014.

FERRAZ, R. L. S. MELO, A. S.; FERREIRA, R. S.; DUTRA, A. F.; FIGUEIREDO, L. F. Aspectos morfofisiológicos, rendimento e eficiência no uso da água do meloeiro 'Gália' em ambiente protegido. **Revista Ciência Agronômica**. Jaboticabal, v. 42, n. 4, p. 957-964, 2011.

FERRAZ, R. L. S.; MELO, A. S.; SUASSUNA, J. F.; BRITO, M. E. B.; FERNANDES, P. D.; NUNES JÚNIOR, E. S. Trocas gasosas e eficiência fotossintética em ecótipos de feijoeiro cultivados no semiárido. **Revista Pesquisa Tropical**. Goiânia, v. 42, n. 2, p. 181-188, 2012.

FERREIRA JUNIOR, R. A. **Crescimento, eficiência no uso da radiação e energia de biomassa em cana-de-açúcar irrigada**. 2013. 88 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2013.

FERREIRA JUNIOR, R. A.; SOUZA, J. L.; TEODORO, I.; LYRA, G. B.; SOUZA, R. C.; ARAÚJO NETO, R. A. Eficiência do uso da radiação em cultivos de milho em Alagoas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 3, p. 322-328, 2014.

FIGUEIREDO, F. A. M. M. A. **Características morfofisiológicas de mudas clonais de eucalipto e suas implicações no padrão de qualidade para plantio e crescimento no campo**. 2011. 100 p. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 2011.

FIGUEIREDO, F. A. M. M. A.; CARNEIRO, J. G. A.; PENCHEL, R. M.; COMPOSTRINI, E.; THIEBAUT, J. T. L.; BARROSO, D. G. Trocas gasosas, relações hídricas e eficiência fotoquímica em mudas clonais de eucalipto com permanência prolongada em tubetes. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 42, n. 104, p. 533-542, 2014.

GOMES, E. N. **Medidas e Modelos de estimativa da radiação direta na incidência**. 2006. 97 p. Tese (Doutorado em Agronomia/Irrigação e Drenagem). - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2006.

GOMES, J. M.; COUTO, L.; LEITE, H. G.; XAVIER, A.; GARCIA, S. L. R. Parâmetros morfológicos na avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, Viçosa, v.26, n.6, p.655-664, 2002.

GÓMES, J. M. R.; CARLESSO, F.; VIEIRA, L. E.; SILVA, L. A irradiância solar: conceitos básicos. **Revista Brasileira de Ensino de Física**. vol. 40, n. 3, 2018.

GONÇALVES, J. F. C.; BARRETO, D. C. S.; SANTOS JUNIOR, U. M.; FERNANDES, A. V.; SAMPAIO, P. T. B.; BUCKERIDGE, M. S. Growth, photosynthesis and stress indicators in Young rosewood plants (*Aniba rosaeodora* Ducke) under different light intensities. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 17, p. 325-334, 2005.

GONÇALVES, J. L. M.; SANTARELLI, E. G.; MORAES NETO, S. P.; MANARA, M. P. Produção de mudas de espécies nativas: substrato, nutrição, sombreamento e fertilização. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. **Nutrição e fertilização florestal**. 2. ed. Piracicaba: IPEF, 2015. Capítulo 11, p. 309-350.

GROSSNICKLE, S. C.; MACDONALD, J. E. Why seedlings grow: influence of plant attributes. **Springer Science**, v. 43, p. 711-738, 2017.

GUISELINI, C. **Microclima na produção de gérbera em ambiente protegido com diferentes tipos de cobertura**. 2002. 53 p. Dissertação (Mestrado). Escola Superior de Agricultura "Luis de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

GUISELINI, C.; SENTELHAS, P. C.; OLIVEIRA, R. C. Uso de malhas e sombreamento em ambiente protegido II: Efeito sobre a radiação solar global e a fotossinteticamente ativa no crescimento e produção da cultura de pimentão. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 11, p. 15-26, 2004.

GUISELINI, C.; SENTELHAS, P. C.; PANDORFI, H.; HOLCMAN, E. Temperatura e umidade do ar em ambientes protegidos cobertos com plástico transparente, associado a malha termo-refletora, instalada externa e internamente. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 15, n. 1, p. 29-38, 2007.

GUISELINI, C.; SENTELHAS, P. C.; PANDORFI, H.; HOLCMAN, E. Manejo da cobertura de ambientes protegidos: Radiação solar e seus efeitos na produção da gérbera. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.6, p.645-652, 2010.

HEINEMANN, A. B.; STONE, L. F.; DIDONET, A. D.; TRINDADE, M. G.; SOARES, B. B.; MOREIRA, J. A. A.; CÁNOVAS, A. D. Eficiência de uso da radiação solar na produtividade do trigo decorrente da adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, n. 2, p. 352–356, 2006.

KERBAUY, G. B. **Fisiologia vegetal**. 2. ed. Ed. Guanabara Koogan, 2013. 431p.

KRATZ, D.; WENDLING, I. Produção de mudas de *Eucalyptus dunnii* em substratos renováveis. **Revista Floresta**, Curitiba, PR, v. 43, n. 1, p. 125 - 136, 2013.

KUNS, J. H.; BERGONCI, J. I.; BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G. A.; HECKLER, B. M. M.; COMIRAN, F. Uso da radiação solar pelo milho sob diferentes preparos do solo, espaçamento e disponibilidade hídrica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 11, p. 1511-1520, 2007.

LAMNATOU, C. CHEMISANA, D. Solar radiation manipulations and their role in greenhouse claddings: Fluorescent solar concentrators, photoselective and other materials. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 27, p. 175-190, 2013.

LAW, R.D.; CRAFTS-BRANDNER, S.J. Inhibition and acclimation of photosynthesis to heat stress is closely correlated with activation of Ribulose-1,5-bisphosphate carboxylase/oxygenase. **Plant Physiology**, v.120, p.173-182, 1999.

LENZ, L. C. **Estufa de polietileno: balanço de radiação e parametrização de modelos clássicos de estimativa da radiação atmosférica de ondas longas**. 2016. 66 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2016.

LIBERATO, M. A. R.; GONÇALVES, J. F. C.; CHEVREUIL, L. R.; NINA JUNIOR, A. R.; FERNANDES, A. V.; SANTOS JUNIOR, U. M. Leaf water potential, gas exchange and chlorophyll a fluorescence in acariquara seedlings (*Minquartia guianensis* Aubl.) under water stress and recovery. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 18, p. 315-323, 2006.

MANTOAN, L. P. B. **Recuperação das trocas gasosas e fluorescência da clorofila a em plantas de *Annona emarginata* (Schltdl.) H. Rainer submetidas a estresse hídrico**. 2013. 123 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas/Botânica) – Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2013.

MACHADO, A. F. L.; FERREIRA, L. R.; SANTOS, L. D. T.; FERREIRA, F. A.; VIANA, R. G.; MACHADO, M. S.; FREITAS, F. C. L. Eficiência fotossintética e uso da água em plantas de eucalipto pulverizadas com Glyphosate. **Planta daninha**, Viçosa – MG, v. 28, n. 2, pag. 319-327, 2010.

MARENCO, R. A.; LOPES, N. F. **Fisiologia vegetal: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral**. Viçosa – MG: Ed. UFV, 3ª Ed., 486 pag., 2009.

MULLER, A. G.; H. BERGAMASCHI. Eficiências de interceptação, absorção e uso da radiação fotossinteticamente ativa pelo milho (*Zea mays* L.), em diferentes disponibilidades hídricas e verificação do modelo energético de estimativa da massa

seca acumulada. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Sete Lagoas, v. 13, n. 1, p. 27-33, 2005.

NASCIMENTO, J. L. **Crescimento e assimilação de carbono em plantas jovens de *Attalea funifera* Mart. submetidas ao sombreamento e ao estresse hídrico**. 2009. 97 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Produção Vegetal) – Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Universidade Estadual de Santa Cruz. Ilhéus, 2009.

OLIVEIRA, A. D.; FERNANDES, E. J.; RODRIGUES, T. J. D. Condutância estomática como indicador de estresse hídrico em feijão. **Engenharia Agrícola**, v.25, pag.86-95, 2005.

PAIVA, A. S.; FERNANDES, E. J.; RODRIGUES, T. J. D.; TURCO, J. E. P. Condutância estomática em folhas de feijoeiro submetido a diferentes regimes de irrigação. **Engenharia Agrícola**, Piracicaba, v. 25, n. 1, p. 161-169, 2005.

PEIXOTO, P. H. P.; MATTA, F. M.; CAMBRAIA, J. Responses of the photosynthetic apparatus to aluminum stress in two sorghum cultivars. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 25, n. 4, p. 821-832, 2002.

PEEVA, V.; CORNIC, G. Leaf photosynthesis of *Haberlea rhodopensis* before and during drought. **Environmental and Experimental Botany**, v.65, n.2-3, pag.310-318, 2009.

PELISSARI, R. A. Z.; SAMPAIO, S. C.; GOMES, S. D.; CREPALLI, M. S. Lodo têxtil e água residuária da suinocultura na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* (W, Hill ex Maiden). **Engenharia Agrícola**, v.29, n.2, p.288-300, 2009

PEZZOPANE, J. E. M.; OLIVEIRA, P. C.; REIS, E. F.; LIMA, J. S. S. Alterações microclimáticas causadas pelo uso de tela plástica. **Engenharia Agrícola**, v. 24, n. 1, p. 9-15, 2004.

REBOUÇAS, P. M.; DIAS, I. F.; ALVES, M. A.; BARBOSA FILHO, J. A. D. Radiação solar e temperatura do ar em ambiente protegido. **Revista Agrogeoambiental**, Pouso Alegre, v. 7, n. 2, p. 115-125, 2015.

REIS, L. S.; Componentes da radiação solar em cultivo de tomate sob condições de ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 7, p. 739-744, 2012.

ROBERTO, S. R.; COLOMBO, L. A.; ASSIS, A. M. Revisão: Cultivo Protegido em viticultura. **Ciência e Técnica Vitivinícola**, v. 26, n. 1, 2011.

ROMANINI, C. E. B.; GARCIA, A. P.; ALVARADO, L. M.; CAPPELLI, N. L.; UMEZU, C. K. Desenvolvimento e simulação de um sistema avançado de controle ambiental em cultivo protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 11, p. 1193-1201, 2010.

SALISBURY, F. B.; ROSS, C. W. **Fisiologia das plantas**. São Paulo – SP: Ed. Cengage Learning, 4ª Ed., 774 pag., 2012.

SANQUETTA, C. R.; BEHLING, A.; CORTE, A. P. D.; CADORI, G. C.; COSTA JUNIOR, S.; MACEDO, J. H. P. Eficiência de conversão da radiação fotossintética interceptada em Fitomassa de mudas de *Eucalyptus dunii* Maiden em função da densidade de plantas e do ambiente de cultivo. **Scientia Forestalis**. Piracicaba, v. 42, n. 104, p. 573-580, 2014.

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

SANTOS, L. L.; SEABA JUNIOR, S.; NUNES, M. C. M. Luminosidade, temperatura do ar e do solo em ambientes de cultivo protegido, **Revista de Ciências Agro-Ambientais**, Alta Floresta, v.8, n.1, p.83- 93, 2010

SCARANARI, C.; LEAL, P. A. M.; PELLEGRINO, G. Q. Estudo de simulações de microclimas em casas de vegetação visando à aclimação de mudas micropropagadas de bananeira cv grande naine. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, n. 4, p. 1001-1008, 2008.

SILVA, A. R. A.; BEZERRA, F. M. L.; LACERDA, C. F.; PEREIRA FILHO, J. V.; FREITAS, C. A. S. Trocas gasosas em plantas de girassol submetidas à deficiência hídrica em diferentes estádios fenológicos. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, p. 86-93, 2013.

SILVA, F. G.; DUTRA, W. F.; DUTRA, A. F.; OLIVEIRA, I. M.; FILGUEIRAS, L. M. B.; MELO, A. S. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila em plantas de berinjela sob lâminas de irrigação. **Rev. Bras. Eng. Agr. e Ambiental**, v. 19, n. 10, pag. 946-952, 2015.

SILVA, C. D. S.; SANTOS, P. A. A.; LIRA, J. M. S.; SANTANA, M. C.; SILVA JUNIOR, C. D. Curso diário das trocas gasosas em plantas de feijão-caupi submetidas à deficiência hídrica. **Revista Caatinga**, v.23, p.7-13, 2010.

SILVA, E. T; BYLLARDT, L. V. B.; GOMES, S.; WOLF, G. D. Comportamento da temperatura do ar sob condições de cultivo em ambiente protegido. **Revista Acadêmica: Ciências Agrárias e Ambientais**, v. 1, n. 1, p. 51-54, 2003.

SILVA, B. A.; SILVA, A. R.; PAGIUCA, L. G. Cultivo Protegido: Em busca de mais eficiência produtiva. **Revista Técnica Hortifruti Brasil**, p.10-18, 2014.

SILVA, R. B. G.; SIMÕES, D.; SILVA, M. R da. Qualidade de mudas clonais de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* em função do substrato. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 3, p. 297 - 302, 2012.

SIMÕES, D.; SILVA, R. B. G.; SILVA, M. R. Composição do substrato sobre o desenvolvimento, qualidade e custo de produção de mudas de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden x *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 22, n. 1, p. 91-100, 2012.

SOUZA, C. V.; ANDRADE, L. A.; BRUNO, R. L. A.; CUNHA, A. O.; SOUZA, A. P. Produção de mudas de ipê-amarelo (*Tabebuia serratifolia* (vahl.) Nich.) em

diferentes substratos e tamanhos de recipientes. **Agropecuária Técnica**, Areia, v. 26, n. 2, 2005.

STAPE, J.L.; RYAN, M.G.; BINKLEY, D. Testing the utility of the 3-PG model for growth of *Eucalyptus grandis* x *urophylla* with natural and manipulated supplies of water and nutrients. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 193, p. 219-234, 2004.

TATAGIBA, S. D.; XAVIER, T. M. T.; TORRES, H.; PEZZOPANE, J. E. M.; CECÍLIO, R. A.; ZANETTI, S. S. Determinação da máxima capacidade de retenção de água no substrato para produção de mudas de eucalipto em viveiro. **Revista Floresta**, Curitiba, PR, v. 45, n. 4, p. 745-754, 2015.

TEIXEIRA, G. C. S.; STONE, L. F.; HEINEMANN, A. B. Eficiência do uso da radiação solar e índices morfofisiológicos em cultivares de feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 45, n. 1, p. 9-17, 2015.

TRAUTENMULLER, J. W.; BORELLA, J.; MINATTI, M.; COSTA JÚNIOR, S.; WOYCIEKIEVICZ, A. P. F.; BALBINOT, R.; ENGEL, K. Crescimento de área foliar e índice de área foliar de mudas de *Cordia americana* em diferentes formas de manejo. **Biofix Scientific Journal**, v. 2, n. 2, p. 60-64, 2017.

TSAKALDIMI, M.; GANATSAS, P.; JACOBS, D. F. Prediction of planted seedling survival of five Mediterranean species based on initial seedling morphology. **New Forests**, v.44, n. 3, p. 327-339, 2013.

UESUGI, G. **Desenvolvimento e viabilidade econômica de mudas de espécies florestais nativas com o uso de fertirrigação em substratos a base de biossólido compostado**. 2014. 110 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2014.

UESUGI, G.; FAVAN, J. R.; MORAES, C. B.; WANGINIYAK, T. C. R.; SILVA, M. R. Utilização do SPAD-502 para a predição dos teores de nitrogênio em mudas de *Croton urucurana* Baill. **Revista do Instituto Florestal**, v. 27 n. 2 p. 177-181, 2015.

VALANDRO, J.; BURIOL, J. A.; ANDRIOLO, J. L.; HELDWEIN, A. B. Transpiração do tomateiro cultivado fora do solo em estufa plástica e sua relação com os elementos meteorológicos. **Ciência Rural**, v. 37, n. 6, p. 1593-1600, 2007.

VÁSQUEZ, M. A. N.; FOLEGATTI, M. V.; DIAS, N. S.; SILVA, C. R. Efeito do ambiente protegido cultivado com melão sobre os elementos meteorológicos e sua relação com as condições externas. **Engenharia Agrícola**, v. 25, n. 1, p. 137-143, 2005.

VIDA, J. B.; ZAMBOLIM, L.; TESSMANN, D. J.; BRANDÃO FILHO, J. U. T.; JAQUELINE R., VERZIGNASSI, J. R.; CAIXETA, M. P. Manejo de doenças de plantas em cultivo protegido. **Fitopatologia Brasileira**, v. 29, n. 4, p. 355-372, 2004.

VIEIRA JÚNIOR, P. A.; DOURADO NETO, D.; OLIVEIRA, R. F.; PERES, L. E. P.; MARTIN, T. N.; MANFRON, P. A.; BONNECARRÉRE, R. A. G. Relações entre o potencial e a temperatura da folha de plantas de milho e sorgo submetidas a estresse hídrico. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 29, p. 555-561, 2007.

ZHANG, X.; KANG, S.; ZHANG, L.; LIU, J. Spatial variation of climatology monthly crop reference evapotranspiration and sensitivity coefficients in Shiyang river basin of nothwest China. **Journal Agricultural Water Management**, v. 1, n. 97, p. 1506-1516, 2010.

APÊNDICE A – Altura da parte aérea (cm) média das mudas de Eucalipto aos 90 DAE cultivadas em diferentes microambientes.

	Outono	Inverno	Primavera	Verão
Microambientes	IPB02			
Pleno Sol	22,3 cB	24,6 bB	21,5 cB	29,5 aC
Azul	29,7 cA	37,2 bA	32,9 cA	40,8 aA
Difusor	26,2 cA	37,4 aA	30,4 bA	35,2 aB
	I144			
Pleno Sol	24,5 bB	27,4 bB	24,3 bB	31,6 aC
Azul	28,0 cA	32,2 bA	33,4 bA	42,9 aA
Difusor	29,9 cA	34,1 bA	33,2 bA	37,1 aB
	IPB13			
Pleno Sol	20,1 bB	27,1 aB	17,8 bB	26,6 aC
Azul	28,2 cA	35,7 bA	30,3 cA	43,0 aA
Difusor	26,5 bA	35,1 aA	29,1 bA	34,7 aB

Dentro de uma mesma característica avaliada para cada clone, médias seguidas da mesma letra minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott (5%).

APÊNDICE B – Diâmetro do colo (mm) médio das mudas de Eucalipto aos 90 DAE cultivadas em diferentes microambientes.

	Outono	Inverno	Primavera	Verão
Microambientes	IPB02			
Pleno Sol	3,14 bB	3,27 bB	3,52 aA	3,59 aB
Azul	3,47 bA	3,54 bA	3,57 bA	4,06 aA
Difusor	3,35 cA	3,71 bA	3,65 bA	4,16 aA
	I144			
Pleno Sol	3,28 cB	3,37 bA	3,45 bB	3,80 aB
Azul	3,41 cB	3,44 cA	3,77 bA	4,28 aA
Difusor	3,73 bA	3,76 bA	3,72 bA	4,26 aA
	IPB13			
Pleno Sol	3,06 cB	3,42 bB	3,34 bB	3,73 aB
Azul	3,35 cA	3,38 cB	3,62 bA	4,15 aA
Difusor	3,35 cA	3,79 bA	3,61 bA	4,16 aA

Dentro de uma mesma característica avaliada para cada clone, médias seguidas da mesma letra minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott (5%).

APÊNDICE C – Massas secas aérea, radicular e total (g) médias das mudas de Eucalipto do clone IPB02 aos 90 DAE cultivadas em diferentes microambientes.

	Outono	Inverno	Primavera	Verão
Microambientes	MSA			
Pleno Sol	3,46 aA	2,92 bC	1,72 cB	2,58 bB
Azul	3,57 aA	3,93 aA	2,43 bA	3,84 aA
Difusor	3,89 aA	3,43 aB	2,47 bA	3,63 aA
	MSR			
Pleno Sol	1,20 bA	1,39 aC	0,68 cB	1,09 bB
Azul	1,23 cA	1,71 aB	1,03 cA	1,49 bA
Difusor	1,34 bA	2,01 aA	1,04 cA	1,52 bA
	MST			
Pleno Sol	4,66 aA	4,32 aB	2,40 cB	3,68 bB
Azul	4,80 bA	5,64 aA	3,46 cA	5,33 aA
Difusor	5,23 aA	5,43 aA	3,51 bA	5,15 aA

Dentro de uma mesma característica avaliada, médias seguidas da mesma letra minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott (5%).

APÊNDICE D – Massas secas aérea, radicular e total (g) médias das mudas de Eucalipto do clone I144 aos 90 DAE cultivadas em diferentes microambientes.

	Outono	Inverno	Primavera	Verão
Microambientes	MSA			
Pleno Sol	3,86 aB	2,91 bB	1,59 cC	2,84 bB
Azul	3,59 aB	3,91 aA	2,50 bB	3,87 aA
Difusor	4,61 aA	3,52 bA	3,10 bA	3,56 bA
	MSR			
Pleno Sol	1,53 aA	1,29 aC	0,65 bB	1,25 aB
Azul	1,47 aA	1,72 aB	1,11 bA	1,58 aA
Difusor	1,74 bA	2,05 aA	1,06 cA	1,51 bA
	MST			
Pleno Sol	5,40 aB	4,21 bB	2,23 cB	4,09 bB
Azul	5,06 aB	5,64 aA	3,61 bA	5,46 aA
Difusor	6,35 aA	5,56 bA	4,17 dA	5,07 cA

Dentro de uma mesma característica avaliada, médias seguidas da mesma letra minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott (5%).

APÊNDICE E – Massas secas aérea, radicular e total (g) médias das mudas de Eucalipto do clone IPB13 aos 90 DAE cultivadas em diferentes microambientes.

	Outono	Inverno	Primavera	Verão
Microambientes	MSA			
Pleno Sol	3,39 aB	3,32 aA	1,44 cB	2,52 bB
Azul	3,42 aB	3,81 aA	2,02 bA	3,84 aA
Difusor	4,01 aA	3,57 aA	2,50 bA	3,58 aA
	MSR			
Pleno Sol	1,19 bB	1,45 aB	0,71 cA	1,14 bB
Azul	1,06 bB	1,59 aB	0,94 bA	1,53 aA
Difusor	1,47 bA	1,97 aA	0,91 cA	1,51 bA
	MST			
Pleno Sol	4,58 aB	4,77 aB	2,16 cB	3,66 bB
Azul	4,48 bB	5,40 aA	2,96 cA	5,38 aA
Difusor	5,48 aA	5,54 aA	3,41 bA	5,09 aA

Dentro de uma mesma característica avaliada, médias seguidas da mesma letra minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott (5%).

APÊNDICE F – Conformação do sistema radicular (%) das mudas de IPB02 aos 90 DAE cultivadas em diferentes microambientes.

	Outono	Inverno	Primavera	Verão
Microambientes	Aptos			
Pleno Sol	95,8 aA	87,5 bB	100,0 aA	83,3 bB
Azul	93,8 aA	100,0 aA	95,8 aA	100,0 aA
Difusor	100,0 aA	100,0 aA	100,0 aA	100,0 aA
	Ótimo			
Pleno Sol	33,3 aA	25,0 aB	7,75 bB	33,3 aB
Azul	43,8 bA	72,9 aA	55,2 bA	70,8 aA
Difusor	39,2 bA	72,9 aA	67,2 aA	66,7 aA
	Bom			
Pleno Sol	62,5 bA	62,5 bA	92,2 aA	50,0 bA
Azul	50,0 aA	27,1 aB	40,6 aB	29,1 aA
Difusor	60,8 aA	27,1 bB	32,8 bB	33,3 bA
	Ruim			
Pleno Sol	4,1 bA	12,5 aA	0,0 bA	16,7 aA
Azul	6,2 aA	0,0 aB	4,2 aA	0,0 aB
Difusor	0,0 aA	0,0 aB	0,0 aA	0,0 aB

Dentro de uma mesma característica avaliada, médias seguidas da mesma letra minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott (5%).

APÊNDICE G – Conformação do sistema radicular (%) das mudas de I144 aos 90 DAE cultivadas em diferentes microambientes.

Microambientes	Outono	Inverno	Primavera	Verão
	Aptos			
Pleno Sol	93,6 aA	90,6 aA	88,1 aA	100,0 aA
Azul	100,0 aA	97,9 aA	100,0 aA	100,0 aA
Difusor	97,9 aA	100,0 aA	100,0 aA	100,0 aA
	Ótimo			
Pleno Sol	39,5 aB	28,5 aB	11,9 bB	37,5 aB
Azul	72,9 aA	70,0 aA	60,3 aA	75,0 aA
Difusor	45,8 bB	77,1 aA	80,3 aA	79,2 aA
	Bom			
Pleno Sol	54,0 aA	62,5 aA	76,2 aA	62,5 aA
Azul	27,1 aB	27,9 aB	39,7 aB	25,0 aB
Difusor	52,1 aA	22,9 bB	19,6 bB	20,8 bB
	Ruim			
Pleno Sol	6,4 aA	9,4 aA	11,9 aA	0,0 aA
Azul	0,0 aA	2,1 aA	0,0 aA	0,0 aA
Difusor	2,1 aA	0,0 aA	0,0 aA	0,0 aA

Dentro de uma mesma característica avaliada, médias seguidas da mesma letra minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott (5%).

APÊNDICE H – Conformação do sistema radicular (%) das mudas de IPB13 aos 90 DAE cultivadas em diferentes microambientes.

Microambientes	Outono	Inverno	Primavera	Verão
	Aptos			
Pleno Sol	89,6 bB	100,0 aA	100,0 aA	88,9 bB
Azul	93,8 bB	100,0 aA	100,0 aA	100,0 aA
Difusor	100,0 aA	100,0 aA	96,4 aA	100,0 aA
	Ótimo			
Pleno Sol	22,9 bB	28,1 bB	25,0 bB	38,9 aB
Azul	41,7 aA	54,2 aA	50,6 aA	44,4 aB
Difusor	49,1 bA	77,1 aA	60,7 aA	66,7 aA
	Bom			
Pleno Sol	66,7 aA	71,9 aA	75,0 aA	50,0 bA
Azul	52,1 aB	45,8 aB	49,4 aB	55,6 aA
Difusor	50,9 aB	22,9 bB	35,7 bB	33,3 bB
	Ruim			
Pleno Sol	10,4 aA	0,0 bA	0,0 bA	11,1 aA
Azul	6,2 aA	0,0 bA	0,0 bA	0,0 bB
Difusor	0,0 bB	0,0 bA	3,6 aA	0,0 bB

Dentro de uma mesma característica avaliada, médias seguidas da mesma letra minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott (5%).

APÊNDICE I – Transpiração diária média das mudas de Eucalipto aos 90 DAE cultivadas em diferentes microambientes.

	Outono	Inverno	Primavera	Verão
Microambientes	IPB02			
Pleno Sol	8,12 bA	5,71 cA	8,72 bA	9,64 aA
Azul	8,04 aA	5,42 cA	6,48 bB	6,27 bB
Difusor	8,45 aA	5,67 cA	6,18 bB	5,71 cB
	I144			
Pleno Sol	6,06 bC	5,82 bA	9,82 aA	11,54 aA
Azul	8,80 aA	6,09 bA	5,49 bB	6,03 bB
Difusor	7,32 aB	5,78 cA	6,21 bB	6,48 bB
	IPB13			
Pleno Sol	6,69 cB	5,92 dA	7,66 bA	8,23 aA
Azul	10,64 aA	6,15 bA	6,18 bB	6,46 bB
Difusor	10,70 aA	5,67 bA	6,37 bB	6,33 bB

Dentro de uma mesma característica avaliada para cada clone, médias seguidas da mesma letra minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott (5%).

APÊNDICE J - Número de folhas, área foliar (cm²) e tamanho médio da folha (cm²) em mudas do clone IPB02, aos 90 DAE, em função dos microambientes e estações do ano

	Outono	Inverno	Primavera	Verão
Microambientes	Número de Folhas			
Pleno Sol	40 aA	36 bA	32 cB	29 cB
Azul	26 cB	30 bB	33 aB	34 aB
Difusor	40 aA	39 aA	43 aA	45 aA
	Área Foliar			
Pleno Sol	303,21 aA	314,50 aA	285,75 bB	254,20 bB
Azul	316,69 bA	327,36 bA	375,81 aA	372,39 aA
Difusor	322,46 bA	336,48 bA	386,59 aA	413,20 aA
	Tamanho Médio das Folhas			
Pleno Sol	7,6 bB	8,7 aB	8,9 aB	8,8 aB
Azul	12,2 aA	10,9 bA	11,4 aA	10,9 aA
Difusor	8,1 bB	8,6 bB	9,0 aB	9,2 aB

Dentro de uma mesma característica avaliada, médias seguidas da mesma letra minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott (5%).

APÊNDICE K - Número de folhas, área foliar (cm²) e tamanho médio da folha (cm²) em mudas do clone I144, aos 90 DAE, em função dos microambientes e estações do ano

	Outono	Inverno	Primavera	Verão
Microambientes	Número de Folhas			
Pleno Sol	39 aA	36 bA	28 cA	25 cA
Azul	21 aB	22 aB	23 aA	22 aA
Difusor	25 aB	25 aB	26 aA	24 aA
	Área Foliar			
Pleno Sol	384,87 aA	345,25 aA	316,32 bB	237,12 bB
Azul	346,89 bA	327,50 bA	427,15 aA	447,09 aA
Difusor	400,25 bA	385,75 bA	411,48 aA	424,19 aA
	Tamanho Médio das Folhas			
Pleno Sol	10,1 bB	9,7 bB	11,4 aB	9,6 bB
Azul	16,3 bA	14,9 bA	18,6 aA	21,4 aA
Difusor	16,5 aA	15,5 aA	16,7 aA	17,7 aA

Dentro de uma mesma característica avaliada, médias seguidas da mesma letra minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott (5%).

APÊNDICE L - Número de folhas, área foliar (cm²) e tamanho médio da folha (cm²) em mudas do clone IPB13, aos 90 DAE, em função dos microambientes e estações do ano

	Outono	Inverno	Primavera	Verão
Microambientes	Número de Folhas			
Pleno Sol	44 aA	39 aA	32 bA	29 bB
Azul	29 aB	32 aB	34 aA	28 aB
Difusor	26 bB	33 aB	36 aA	38 aA
	Área Foliar			
Pleno Sol	365,71 aA	327,50 aA	293,78 bB	270,58 bB
Azul	251,42 cB	312,25 bA	376,25 aA	407,31 aA
Difusor	266,25 cB	323,63 bA	381,09 aA	404,28 aA
	Tamanho Médio da Folha			
Pleno Sol	8,3 aB	8,4 aB	9,2 aB	9,3 aB
Azul	8,7 bB	9,7 bA	11,1 bA	14,5 aA
Difusor	10,2 aA	9,8 aA	10,6 aA	10,6 aB

Dentro de uma mesma característica avaliada, médias seguidas da mesma letra minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott (5%).

APÊNDICE M – Potencial hídrico foliar (MPa) das mudas de Eucalipto cultivadas em diferentes microambientes, na antemanhã

	Outono	Inverno	Primavera	Verão
Microambientes	IPB02			
Pleno Sol	-1,03 cA	-1,40 bA	-1,93 aA	-1,94 aA
Azul	-1,06 cA	-1,33 bA	-1,59 aB	-1,63 aB
Difusor	-1,18 cA	-1,28 bA	-1,42 aB	-1,51 aB
	I144			
Pleno Sol	-1,13 cA	-1,41 bA	-1,95 aA	-1,87 aA
Azul	-1,19 bA	-1,47 aA	-1,63 aB	-1,54 aB
Difusor	-1,20 cA	-1,38 bA	-1,41 bC	-1,52 aB
	IPB13			
Pleno Sol	-1,15 cA	-1,40 bA	-1,96 aA	-1,93 aA
Azul	-1,11 cA	-1,30 bA	-1,37 bB	-1,47 aB
Difusor	-1,16 cA	-1,30 bA	-1,39 bB	-1,50 aB

Dentro de uma mesma característica avaliada para cada clone, médias seguidas da mesma letra minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott (5%).

APÊNDICE N – Potencial hídrico foliar (MPa) das mudas de Eucalipto cultivadas em diferentes microambientes, ao meio dia

	Outono	Inverno	Primavera	Verão
Microambientes	IPB02			
Pleno Sol	-1,14 cC	-2,22 bA	-2,45 aA	-2,53 aA
Azul	-1,27 cB	-1,67 bC	-2,16 aB	-2,20 aB
Difusor	-1,47 cA	-1,87 bB	-2,04 aB	-2,11 aB
	I144			
Pleno Sol	-1,33 cA	-1,98 bA	-2,57 aA	-2,55 aA
Azul	-1,29 cA	-2,07 bA	-2,22 aB	-2,20 aB
Difusor	-1,32 cA	-2,05 bA	-2,01 bB	-2,18 aB
	IPB13			
Pleno Sol	-1,20 cC	-1,82 bA	-2,56 aA	-2,52 aA
Azul	-1,32 cB	-1,65 bA	-2,18 aB	-2,18 aB
Difusor	-1,50 cA	-1,96 bA	-2,03 aB	-2,12 aB

Dentro de uma mesma característica avaliada para cada clone, médias seguidas da mesma letra minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott (5%).

APÊNDICE O – Índice de cor verde médio das mudas de Eucalipto aos 90 DAE cultivadas em diferentes microambientes

	Outono	Inverno	Primavera	Verão
Microambientes	IPB02			
Pleno Sol	46,2 bA	43,1 cA	49,2 aA	49,8 aA
Azul	41,0 aB	35,7 bB	41,9 aB	41,7 aB
Difusor	38,1 bB	37,2 bB	42,3 aB	42,3 aB
	I144			
Pleno Sol	47,9 bA	45,2 cA	50,4 aA	50,8 aA
Azul	40,0 bB	37,2 cB	43,0 aC	46,7 aB
Difusor	40,4 bB	37,2 cB	45,7 aB	44,5 aB
	IPB13			
Pleno Sol	47,9 bA	43,2 cA	50,0 aA	51,3 aA
Azul	38,1 bB	34,2 cB	42,1 aB	42,9 aB
Difusor	36,4 bB	34,2 cB	44,5 aB	44,2 aB

Dentro de uma mesma característica avaliada para cada clone, médias seguidas da mesma letra minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott (5%).

APÊNDICE P – Teor e acúmulo de macronutrientes encontrados na parte radicular das mudas do clone IPB02 em função dos microambiente de produção

Microambientes	Teor de macronutrientes (g kg ⁻¹) no outono					
	N	P	K	Ca	Mg	S
Pleno sol	11,04 A	1,46 A	11,40 A	3,60 A	6,97 A	1,39 A
Azul	7,91 B	1,07 B	11,23 A	3,17 A	9,77 A	1,21 A
Difusor	8,56 B	0,97 B	10,73 A	2,70 A	8,20 A	1,21 A
Microambientes	Acúmulo de macronutrientes (g planta ⁻¹) no outono					
	N	P	K	Ca	Mg	S
Pleno sol	13,46 A	1,78 A	13,90 A	4,40 A	8,60 A	1,70 A
Azul	10,35 A	1,40 A	14,71 A	4,18 A	13,29 A	1,63 A
Difusor	11,60 A	1,33 A	14,79 A	3,71 A	10,94 A	1,65 A
Microambientes	Teor de macronutrientes (g kg ⁻¹) na primavera					
	N	P	K	Ca	Mg	S
Pleno sol	8,70 A	0,91 A	9,77 A	6,53 A	8,87 A	1,17 A
Azul	8,37 A	0,86 A	9,75 A	6,10 A	11,45 A	1,03 B
Difusor	11,32 A	0,81 A	9,17 A	8,00 A	8,13 A	1,05 B
Microambientes	Acúmulo de macronutrientes (g planta ⁻¹) na primavera					
	N	P	K	Ca	Mg	S
Pleno sol	5,90 A	0,62 B	6,62 B	4,43 A	6,01 B	0,80 B
Azul	8,92 A	0,91 A	10,38 A	6,53 A	12,26 A	1,10 A
Difusor	12,18 A	0,89 AB	9,98 A	8,91 A	8,92 AB	1,14 A

Dentro de uma mesma característica avaliada, médias seguidas da mesma letra maiúscula nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (5%).

APÊNDICE Q – Teor e acúmulo de micronutrientes encontrados na parte radicular das mudas do clone IPB02 em função dos microambiente de produção

Microambientes	Teor de micronutrientes (mg kg ⁻¹) no outono				
	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Pleno sol	89,67 A	9,67 A	1470,00 A	25,67 A	51,67 A
Azul	90,98 A	15,33 A	1887,33 A	34,33 A	78,00 A
Difusor	94,97 A	14,00 A	1773,67 A	21,33 A	68,33 A
Microambientes	Acúmulo de micronutrientes (mg planta ⁻¹) no outono				
	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Pleno sol	108,88 A	11,71 A	1817,85 A	31,52 A	62,91 A
Azul	118,04 A	20,32 A	2535,40 A	45,73 A	103,52 A
Difusor	128,55 A	18,05 A	2390,35 A	28,84 A	96,55 A
Microambientes	Teor de micronutrientes (mg kg ⁻¹) na primavera				
	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Pleno sol	58,74 A	6,33 B	2031,67 A	34,67 AB	23,33 B
Azul	59,26 A	9,00 A	2331,00 A	40,00 A	28,50 A
Difusor	44,21 A	6,67 B	1760,33 A	27,67 B	21,67 B
Microambientes	Acúmulo de micronutrientes (g planta ⁻¹) na primavera				
	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Pleno sol	39,77 B	4,30 C	1378,23 B	23,53 B	15,82 C
Azul	63,32 A	9,64 A	2492,51 A	42,87 A	30,44 A
Difusor	48,32 AB	7,21 B	1926,20 AB	30,17 AB	23,62 B

Dentro de uma mesma característica avaliada, médias seguidas da mesma letra maiúscula nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (5%).

APÊNDICE R – Teor e acúmulo de macronutrientes encontrados na parte aérea das mudas do clone IPB02 em função dos microambiente de produção

Microambientes	Teor de macronutrientes (g kg ⁻¹) no outono					
	N	P	K	Ca	Mg	S
Pleno sol	22,21 A	2,83 A	19,17 A	4,73 A	3,20 A	1,19 A
Azul	17,27 A	2,58 A	18,17 A	5,17 A	2,93 A	1,27 A
Difusor	16,71 A	2,34 A	17,90 A	4,77 A	2,97 A	1,18 A
Microambientes	Acúmulo de macronutrientes (g planta ⁻¹) no outono					
	N	P	K	Ca	Mg	S
Pleno sol	75,23 A	9,55 A	64,87 A	16,05 A	10,82 A	4,03 A
Azul	63,49 A	9,45 A	66,36 A	18,81 A	10,72 A	4,62 A
Difusor	61,55 A	8,68 A	66,55 A	17,68 A	11,10 A	4,37 A
Microambientes	Teor de macronutrientes (g kg ⁻¹) na primavera					
	N	P	K	Ca	Mg	S
Pleno sol	17,34 A	1,94 A	16,13 A	6,07 A	4,50 A	1,21 A
Azul	13,16 B	1,99 A	16,23 A	5,70 A	2,40 A	1,18 A
Difusor	16,54 A	2,19 A	16,87 A	7,73 A	2,57 A	1,39 A
Microambientes	Acúmulo de macronutrientes (g planta ⁻¹) na primavera					
	N	P	K	Ca	Mg	S
Pleno sol	29,78 B	3,35 A	27,78 A	10,44 A	7,68 A	2,07 B
Azul	31,88 B	4,82 A	39,30 A	13,79 A	5,81 A	2,85 AB
Difusor	40,89 A	5,41 A	41,70 A	19,16 A	6,35 A	3,43 B

Dentro de uma mesma característica avaliada, médias seguidas da mesma letra maiúscula nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (5%).

APÊNDICE S – Teor e acúmulo de micronutrientes encontrados na parte aérea das mudas do clone IPB02 em função dos microambiente de produção

Microambientes	Teor de micronutrientes (mg kg ⁻¹) no outono				
	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Pleno sol	44,97 A	5,33 B	143,67 A	76,00 A	148,00 A
Azul	47,92 A	7,00 B	94,00 B	74,33 A	135,67 A
Difusor	37,05 A	10,00 A	90,00 B	58,33 A	120,33 A
Microambientes	Acúmulo de micronutrientes (mg planta ⁻¹) no outono				
	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Pleno sol	152,69 A	17,97 B	486,88 A	257,21 A	501,86 A
Azul	173,84 A	25,66 AB	343,48 A	272,45 A	493,84 A
Difusor	138,18 A	37,71 A	328,67 A	215,93 A	451,11 A
Microambientes	Teor de micronutrientes (mg kg ⁻¹) na primavera				
	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Pleno sol	42,73 A	2,00 A	709,67 A	77,67 A	23,00 A
Azul	33,33 B	1,00 A	42,00 B	83,00 A	20,33 A
Difusor	38,96 AB	1,00 A	47,67 B	84,00 A	21,67 A
Microambientes	Acúmulo de micronutrientes (mg planta ⁻¹) na primavera				
	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Pleno sol	73,38 B	3,40 A	1197,31 A	132,98 A	39,52 B
Azul	80,64 AB	2,42 A	101,72 B	201,12 A	49,29 AB
Difusor	96,26 A	2,47 A	117,82 B	207,60 A	53,55 A

Dentro de uma mesma característica avaliada, médias seguidas da mesma letra maiúscula nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (5%).

APÊNDICE T – Teor e acúmulo de macronutrientes encontrados na parte radicular das mudas do clone I144 em função dos microambiente de produção

Microambientes	Teor de macronutrientes (g kg ⁻¹) no outono					
	N	P	K	Ca	Mg	S
Pleno sol	10,36 A	1,21 A	11,33 A	5,57 A	14,87 A	1,37 A
Azul	7,70 B	1,03 A	10,90 A	3,33 A	15,10 A	1,31 AB
Difusor	7,65 B	0,94 A	11,57 A	3,43 A	11,80 A	1,12 B
Microambientes	Acúmulo de macronutrientes (g planta ⁻¹) no outono					
	N	P	K	Ca	Mg	S
Pleno sol	16,38 A	1,89 A	18,08 A	9,60 A	25,51 A	2,20 A
Azul	10,91 A	1,47 A	15,54 A	4,75 A	21,58 A	1,86 A
Difusor	13,24 A	1,61 A	19,76 A	6,04 A	22,47 A	1,98 A
Microambientes	Teor de macronutrientes (g kg ⁻¹) na primavera					
	N	P	K	Ca	Mg	S
Pleno sol	7,37 A	0,92 A	9,53 A	8,50 A	10,17 A	1,13 A
Azul	6,95 A	0,78 B	9,37 A	7,00 A	10,17 A	1,01 B
Difusor	9,15 A	0,77 B	9,07 A	4,77 A	8,13 A	1,09 AB
Microambientes	Acúmulo de macronutrientes (g planta ⁻¹) na primavera					
	N	P	K	Ca	Mg	S
Pleno sol	4,78 B	0,59 B	6,11 C	5,60 A	6,58 B	0,73 B
Azul	7,97 AB	0,90 A	10,75 A	8,07 A	11,71 A	1,16 A
Difusor	9,72 A	0,82 A	9,63 B	5,06 A	8,64 AB	1,16 A

Dentro de uma mesma característica avaliada, médias seguidas da mesma letra maiúscula nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (5%).

APÊNDICE U – Teor e acúmulo de micronutrientes encontrados na parte radicular das mudas do clone I144 em função dos microambiente de produção

Microambientes	Teor de micronutrientes (mg kg ⁻¹) no outono				
	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Pleno sol	56,72 B	14,00 A	2448,33 A	36,00 A	82,00 A
Azul	102,02 A	18,33 A	2655,00 A	39,67 A	95,00 A
Difusor	66,56 B	6,67 B	2211,00 A	30,33 A	96,67 A
Microambientes	Acúmulo de micronutrientes (mg planta ⁻¹) no outono				
	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Pleno sol	89,99 B	22,95 A	4096,76 A	60,63 A	138,76 A
Azul	145,25 A	26,28 A	3796,16 A	56,74 A	132,64 A
Difusor	113,06 AB	12,22 A	4030,41 A	55,75 A	169,94 A
Microambientes	Teor de micronutrientes (mg kg ⁻¹) na primavera				
	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Pleno sol	70,05 A	6,33 A	2217,00 A	34,67 A	26,00 A
Azul	58,31 AB	7,33 A	2162,67 A	33,67 A	24,67 A
Difusor	52,13 B	7,00 A	1748,33 A	26,67 A	23,00 A
Microambientes	Acúmulo de micronutrientes (mg planta ⁻¹) na primavera				
	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Pleno sol	45,23 B	4,10 B	1430,18 B	22,45 A	16,69 B
Azul	66,95 A	8,40 A	2488,47 A	38,86 A	28,34 A
Difusor	55,37 AB	7,43 A	1857,11 AB	28,33 A	24,43 A

Dentro de uma mesma característica avaliada, médias seguidas da mesma letra maiúscula nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (5%).

APÊNDICE V – Teor e acúmulo de macronutrientes encontrados na parte aérea das mudas do clone I144 em função dos microambiente de produção

Microambientes	Teor de macronutrientes (g kg ⁻¹) no outono					
	N	P	K	Ca	Mg	S
Pleno sol	19,76 A	2,72 A	19,03 A	5,23 A	3,33 A	1,78 A
Azul	14,14 B	2,19 B	16,50 A	6,73 A	3,70 A	1,27 B
Difusor	17,17 AB	2,15 B	16,90 A	6,37 A	3,43 A	1,19 B
Microambientes	Acúmulo de macronutrientes (g planta ⁻¹) no outono					
	N	P	K	Ca	Mg	S
Pleno sol	71,40 A	9,86 A	69,41	19,47 A	12,32 A	6,45 A
Azul	53,09 B	8,21 A	61,72	25,36 A	13,94 A	4,74 A
Difusor	78,45 A	9,83 A	77,06	29,56 A	15,64 A	5,48 A
Microambientes	Teor de macronutrientes (g kg ⁻¹) na primavera					
	N	P	K	Ca	Mg	S
Pleno sol	19,23 A	2,45 A	18,70 A	7,20 A	2,87 A	1,25 AB
Azul	14,75 A	2,34 A	15,40 B	7,13 A	3,03 A	1,36 A
Difusor	15,96 A	2,25 A	16,03 AB	10,97 A	3,17 A	1,16 B
Microambientes	Acúmulo de macronutrientes (g planta ⁻¹) na primavera					
	N	P	K	Ca	Mg	S
Pleno sol	31,10 B	3,95 B	30,30 B	11,53 B	4,59 C	2,01 B
Azul	36,99 AB	5,87 A	38,90 AB	18,00 B	7,65 B	3,42 A
Difusor	47,09 A	6,65 A	47,19 A	32,05 A	9,32 A	3,42 A

Dentro de uma mesma característica avaliada, médias seguidas da mesma letra maiúscula nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (5%).

APÊNDICE W – Teor e acúmulo de micronutrientes encontrados na parte aérea das mudas do clone I144 em função dos microambiente de produção

Microambientes	Teor de micronutrientes (mg kg ⁻¹) no outono				
	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Pleno sol	42,13 A	6,00 A	144,67 A	77,67 AB	130,67 A
Azul	31,86 A	7,33 A	94,00 B	83,00 A	124,00 A
Difusor	37,32 A	8,33 A	93,33 B	65,67 B	135,33 A
Microambientes	Acúmulo de micronutrientes (mg planta ⁻¹) no outono				
	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Pleno sol	153,14 AB	22,50 A	520,24 A	283,74 A	474,83 B
Azul	117,64 B	27,35 A	352,05 B	310,40 A	461,81 B
Difusor	170,30 A	36,15 A	427,06 B	298,89 A	617,47 A
Microambientes	Teor de micronutrientes (mg kg ⁻¹) na primavera				
	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Pleno sol	38,96 A	1,33 AB	65,67 A	102,00 A	24,00 A
Azul	37,49 A	2,00 A	58,00 AB	113,33 A	26,67 A
Difusor	30,05 A	1,00 B	44,00 B	95,33 A	25,00 A
Microambientes	Acúmulo de micronutrientes (mg planta ⁻¹) na primavera				
	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Pleno sol	62,83 A	2,11 B	105,64 A	164,44 B	38,58 B
Azul	93,82 A	5,05 A	146,18 A	284,91 A	67,14 A
Difusor	88,75 A	2,94 B	130,43 A	281,65 A	73,84 A

Dentro de uma mesma característica avaliada, médias seguidas da mesma letra maiúscula nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (5%).

APÊNDICE X – Teor e acúmulo de macronutrientes encontrados na parte radicular das mudas do clone IPB13 em função dos microambiente de produção

Microambientes	Teor de macronutrientes (g kg ⁻¹) no outono					
	N	P	K	Ca	Mg	S
Pleno sol	11,99 A	1,59 A	11,80 A	3,63 A	10,90 A	1,40 A
Azul	8,12 B	1,03 B	10,27 A	2,80 B	7,10 A	1,21 B
Difusor	8,24 B	1,09 B	11,57 A	3,43 A	12,27 A	1,27 AB
Microambientes	Acúmulo de macronutrientes (g planta ⁻¹) no outono					
	N	P	K	Ca	Mg	S
Pleno sol	13,83 A	1,84 A	13,62 B	4,20 AB	12,64 A	1,61 AB
Azul	8,43 B	1,06 B	10,66 B	2,88 B	7,34 A	1,25 B
Difusor	12,96 A	1,71 A	18,25 A	5,45 A	19,90 A	2,00 A
Microambientes	Teor de macronutrientes (g kg ⁻¹) na primavera					
	N	P	K	Ca	Mg	S
Pleno sol	10,80 A	1,37 A	11,43 A	6,97 A	8,90 A	1,17 A
Azul	7,28 A	0,81 A	9,13 A	6,43 A	9,23 A	1,01 A
Difusor	7,49 A	0,87 A	9,43 A	4,93 B	9,53 A	1,24 A
Microambientes	Acúmulo de macronutrientes (g planta ⁻¹) na primavera					
	N	P	K	Ca	Mg	S
Pleno sol	7,86 A	1,00 A	8,33 A	5,08 A	6,44 A	0,85 A
Azul	6,83 A	0,78 A	8,56 A	6,05 A	8,82 A	0,95 A
Difusor	6,79 A	0,79 A	8,59 A	4,47 A	8,60 A	1,13 A

Dentro de uma mesma característica avaliada, médias seguidas da mesma letra maiúscula nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (5%).

APÊNDICE Y – Teor e acúmulo de micronutrientes encontrados na parte radicular das mudas do clone IPB13 em função dos microambiente de produção

Microambientes	Teor de micronutrientes (mg kg ⁻¹) no outono				
	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Pleno sol	104,92 A	14,00 B	2091,33 A	28,00 A	53,33 B
Azul	98,14 A	18,33 A	1707,67 A	24,00 A	89,00 AB
Difusor	81,26 A	8,67 C	2389,67 A	32,67 A	125,67 A
Microambientes	Acúmulo de micronutrientes (mg planta ⁻¹) no outono				
	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Pleno sol	120,76 A	16,17 A	2420,59 AB	32,46 A	61,45 B
Azul	101,67 A	18,84 A	1750,53 B	24,61 A	91,52 B
Difusor	126,95 A	14,01 A	3852,56 A	52,95 A	203,03 A
Microambientes	Teor de micronutrientes (mg kg ⁻¹) na primavera				
	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Pleno sol	60,82 A	5,67 A	1640,00 A	71,00 A	28,00 A
Azul	47,38 A	7,33 A	2074,33 A	44,00 A	26,67 A
Difusor	43,17 A	9,67 A	2151,33 A	41,00 A	23,00 A
Microambientes	Acúmulo de micronutrientes (mg planta ⁻¹) na primavera				
	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Pleno sol	44,45 A	4,07 B	1192,37 A	51,53 A	20,47 A
Azul	44,64 A	6,95 AB	1969,12 A	41,67 A	25,11 A
Difusor	38,73 A	8,81 A	1938,30 A	37,05 A	20,87 A

Dentro de uma mesma característica avaliada, médias seguidas da mesma letra maiúscula nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (5%).

APÊNDICE Z – Teor e acúmulo de macronutrientes encontrados na parte aérea das mudas do clone IPB13 em função dos microambiente de produção

Microambientes	Teor de macronutrientes (g kg ⁻¹) no outono					
	N	P	K	Ca	Mg	S
Pleno sol	23,15 A	2,86 A	21,83 A	4,77 B	2,87 A	1,90 A
Azul	14,37 B	2,09 B	19,03 B	4,80 B	2,60 AB	1,15 B
Difusor	16,52 B	2,14 B	16,80 C	6,57 A	2,40 A	1,33 B
Microambientes	Acúmulo de macronutrientes (g planta ⁻¹) no outono					
	N	P	K	Ca	Mg	S
Pleno sol	76,35 A	9,43 A	71,94 A	15,73 B	9,46 A	6,27 A
Azul	49,35 B	7,19 B	65,44 A	16,44 B	8,91 A	3,96 B
Difusor	64,77 AB	8,38 AB	65,81 A	25,74 A	9,41 A	5,21 A
Microambientes	Teor de macronutrientes (g kg ⁻¹) na primavera					
	N	P	K	Ca	Mg	S
Pleno sol	17,27 A	2,60 A	18,67 A	11,97 A	2,87 A	1,19 A
Azul	14,47 A	2,24 A	16,63 B	6,00 B	2,53 A	1,37 A
Difusor	16,15 A	2,15 A	15,97 B	5,77 B	2,70 A	1,13 A
Microambientes	Acúmulo de macronutrientes (g planta ⁻¹) na primavera					
	N	P	K	Ca	Mg	S
Pleno sol	25,26 B	3,80 A	27,31 B	17,34 A	4,19 B	1,74 B
Azul	29,38 AB	4,53 A	33,73 AB	12,20 A	5,10 B	2,79 A
Difusor	39,91 A	5,34 A	39,81 A	14,41 A	6,73 A	2,79 A

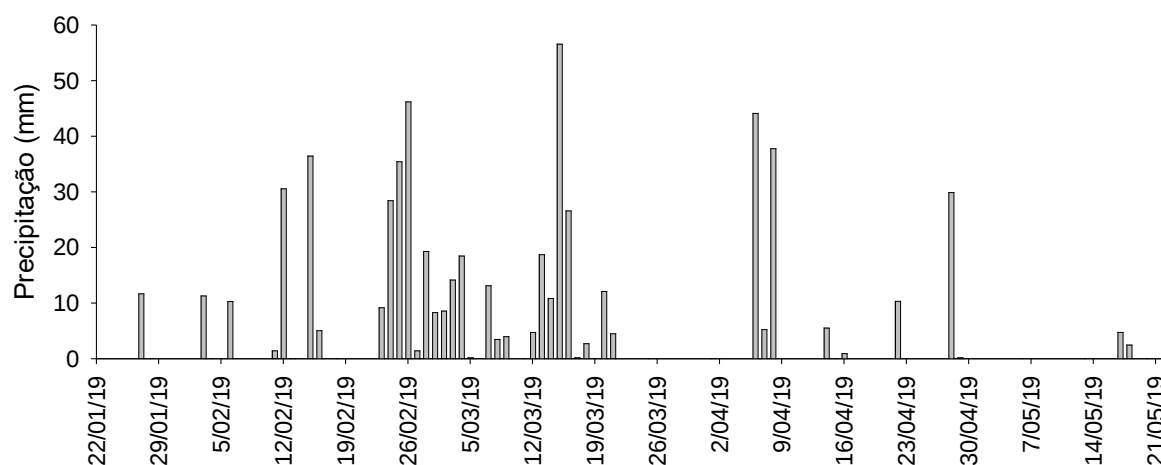
Dentro de uma mesma característica avaliada, médias seguidas da mesma letra maiúscula nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (5%).

APÊNDICE AA – Teor e acúmulo de micronutrientes encontrados na parte aérea das mudas do clone IPB13 em função dos microambiente de produção

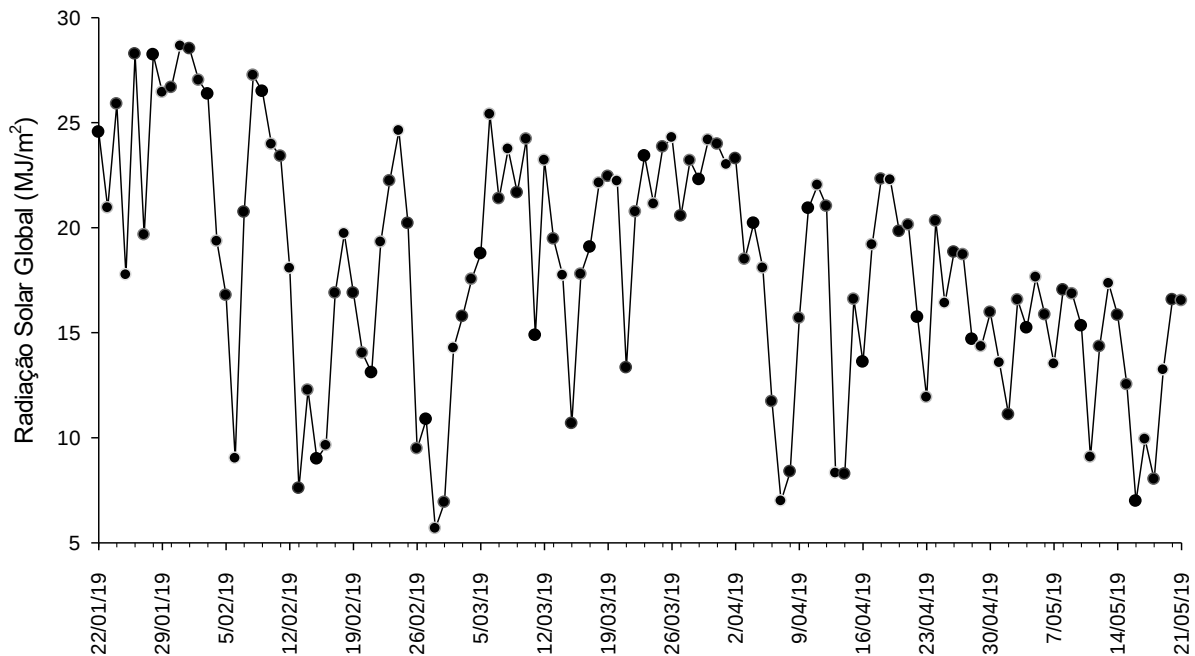
Microambientes	Teor de micronutrientes (mg kg ⁻¹) no outono				
	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Pleno sol	50,77 A	7,67 A	158,33 A	87,67 A	136,67 A
Azul	34,86 B	8,33 A	85,33 B	56,67 B	120,33 B
Difusor	36,07 B	2,00 B	93,67 B	61,67 B	120,00 B
Microambientes	Acúmulo de micronutrientes (mg planta ⁻¹) no outono				
	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Pleno sol	167,31 A	25,25 A	522,37 A	289,23 A	450,29 A
Azul	119,02 C	28,52 A	293,11 B	194,18 B	413,69 A
Difusor	141,31 B	7,78 B	366,29 B	242,36 AB	469,75 A
Microambientes	Teor de micronutrientes (mg kg ⁻¹) na primavera				
	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Pleno sol	51,42 A	1,33 A	57,00 A	129,00 A	24,00 A
Azul	43,01 A	1,33 A	46,00 AB	117,33 A	23,67 A
Difusor	37,49 A	1,00 A	36,67 B	105,33 A	22,00 A
Microambientes	Acúmulo de micronutrientes (mg planta ⁻¹) na primavera				
	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Pleno sol	75,64 A	1,96 A	83,50 A	189,24 A	35,17 B
Azul	86,70 A	2,73 A	93,39 A	238,67 A	48,27 AB
Difusor	91,79 A	2,50 A	90,70 A	259,03 A	54,48 A

Dentro de uma mesma característica avaliada, médias seguidas da mesma letra maiúscula nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (5%).

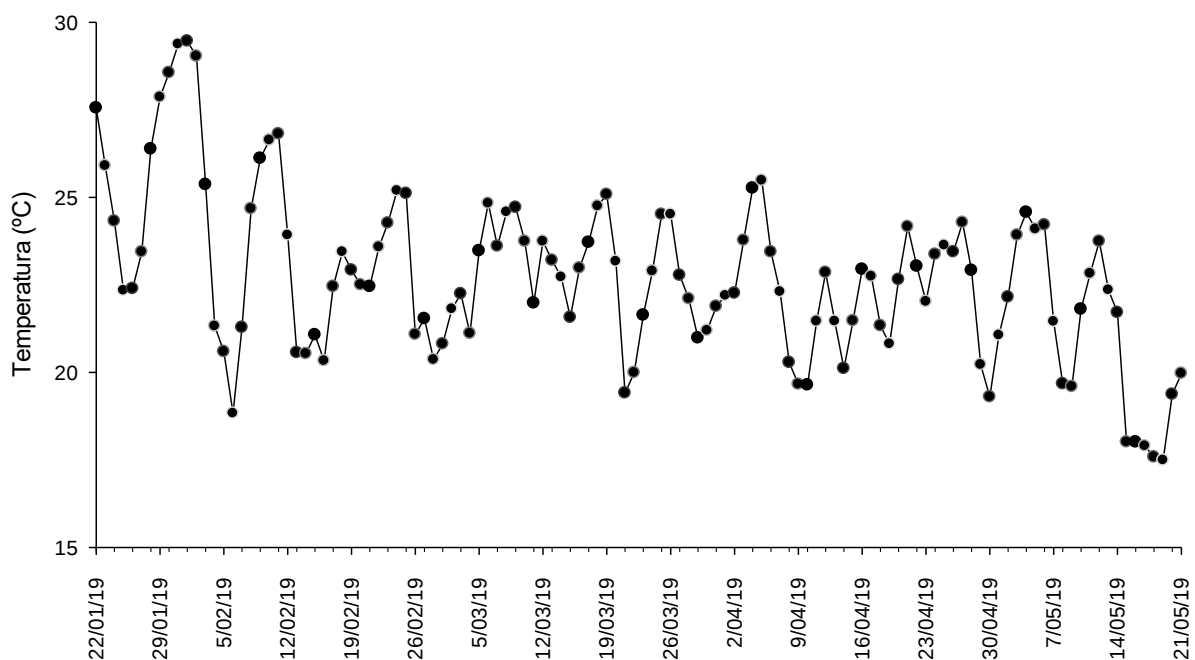
APÊNDICE AB – Variação ao longo do tempo da precipitação diária para o período de 22 de janeiro a 23 de maio de 2019



APÊNDICE AC – Variação ao longo do tempo da radiação solar global diária para o período de 22 de janeiro a 23 de maio de 2019



APÊNDICE AD – Variação ao longo do tempo da temperatura média diária para o período de 22 de janeiro a 23 de maio de 2019



APÊNDICE AE – Altura (cm) das plantas de Eucalipto aos 30, 60, 90, 120 e 150 dias após plantio em campo das mudas produzidas na primavera

Microambientes	30	60	90	120	150
IPB02					
Pleno Sol	28,4 b	48,5 b	81,5 a	119,0 a	165,7 a
Azul	40,0 a	62,8 a	92,9 a	137,9 a	180,3 a
Difusor	35,8 a	57 0 a	90,7 a	131,7 a	176,4 a
I144					
Pleno Sol	28,7 b	54,5 b	66,5 b	125,2 b	168,9 b
Azul	39,6 a	71,2 a	116,4 a	163,4 a	207,2 a
Difusor	41,5 a	69,4 a	116,5 a	154,9 a	199,6 a
IPB13					
Pleno Sol	25,3 b	41,4 a	80,7 a	116,5 a	153,4 a
Azul	42,5 a	64,6 a	87,1 a	127,8 a	162,8 a
Difusor	36,8 a	58,4 a	92,1 a	132,3 a	168,3 a

Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas, dentro de cada clone, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott (5%).

APÊNDICE AF – Altura (cm) das plantas de Eucalipto aos 30, 60, 90, 120 e 150 dias após plantio em campo das mudas produzidas no verão

Microambientes	30	60	90	120	150
IPB02					
Pleno Sol	49,3 a	57,9 a	78,5 a	93,1 a	158,2 a
Azul	56,8 a	69,6 a	81,0 a	96,4 a	170,4 a
Difusor	52,5 a	58,0 a	77,7 a	89,7 a	154,1 a
I144					
Pleno Sol	48,4 a	64,8 a	81,3 a	103,8 a	196,8 a
Azul	57,1 a	68,2 a	84,8 a	101,4 a	174,6 a
Difusor	51,9 a	65,8 a	84,9 a	104,0 a	201,1 a
IPB13					
Pleno Sol	50,6 a	59,1 a	78,2 a	97,3 a	174,7 a
Azul	58,1 a	69,7 a	82,6 a	95,5 a	162,9 a
Difusor	53,2 a	65,8 a	76,0 a	86,2 a	167,0 a

Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas, dentro de cada clone, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott (5%).

APÊNDICE AG – Diâmetro do colo (mm) das plantas de Eucalipto aos 30, 60, 90, 120 e 150 dias após plantio em campo das mudas produzidas na primavera

Microambientes	30	60	90	120	150
IPB02					
Pleno Sol	4,25 a	8,37 a	14,76 a	21,11 a	27,11 a
Azul	4,31 a	8,98 a	15,22 a	20,78 a	27,10 a
Difusor	4,44 a	9,30 a	14,28 a	20,20 a	26,38 a
I144					
Pleno Sol	4,01 b	8,09 b	12,89 b	17,33 b	23,51 b
Azul	4,69 a	10,85 a	17,81 a	24,36 a	30,58 a
Difusor	4,29 a	11,39 a	19,66 a	23,90 a	29,07 a
IPB13					
Pleno Sol	3,67 b	6,70 b	14,42 a	18,49 a	23,79 a
Azul	4,58 a	8,98 a	14,17 a	18,08 a	23,83 a
Difusor	4,32 a	9,16 a	15,78 a	20,97 a	24,05 a

Médias seguidas da mesma letra minúscula nas linhas dentro de cada clone, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott (5%).

APÊNDICE AH - Diâmetro do colo (mm) das plantas de Eucalipto aos 30, 60, 90, 120 e 150 dias após plantio em campo das mudas produzidas no verão.

Microambientes	30	60	90	120	150
IPB02					
Pleno Sol	7,06 a	10,36 a	15,01 a	19,66 a	31,01 a
Azul	7,67 a	10,87 a	15,79 a	20,72 a	34,15 a
Difusor	7,42 a	10,49 a	14,94 a	19,40 a	32,87 a
I144					
Pleno Sol	6,87 a	10,92 a	16,58 a	22,25 a	36,40 a
Azul	7,46 a	10,87 a	15,64 a	20,40 a	34,20 a
Difusor	7,45 a	11,15 a	16,90 a	22,65 a	36,56 a
IPB13					
Pleno Sol	6,95 a	10,84 a	15,89 a	20,94 a	35,05 a
Azul	7,16 a	10,26 a	14,92 a	19,56 a	31,96 a
Difusor	7,11 a	10,88 a	15,61 a	20,35 a	33,19 a

Médias seguidas da mesma letra minúscula nas linhas dentro de cada clone, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott (5%).