

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

**ACLIMATAÇÃO DE MUDAS MICROPROPAGADAS DE
BANANEIRA (*Musa* spp.) CV. GRANDE NAINÉ.**

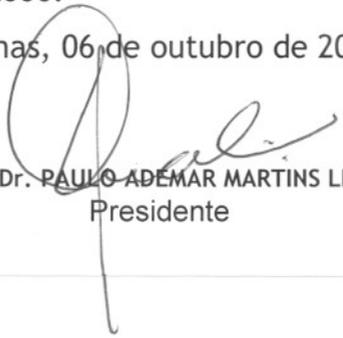
CIRO SCARANARI

CAMPINAS – SP
AGOSTO DE 2006

PARECER

Este exemplar corresponde à redação final da Tese de Doutorado defendida por **CIRO SCARANARI**, aprovada pela Comissão Julgadora em 24 de agosto de 2006.

Campinas, 06 de outubro de 2006.



Prof. Dr. PAULO ADEMAR MARTINS LEAL
Presidente

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

**ACLIMATAÇÃO DE MUDAS MICROPROPAGADAS DE
BANANEIRA (*Musa* spp.) CV. GRANDE NAINÉ.**

Tese submetida à banca examinadora
para obtenção do título de Doutor em
Engenharia Agrícola na área de
concentração em Construções Rurais e
Ambiência.

CIRO SCARANARI

Orientador: Prof. Dr. Paulo A. Martins Leal

CAMPINAS – SP
AGOSTO DE 2006

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA E ARQUITETURA - BAE - UNICAMP

Sca71a	Scaranari, Ciro Aclimação de mudas micropropagadas de bananeira (Musa spp.) cv. Grande Naine / Ciro Scaranari .-- Campinas, SP: [s.n.], 2006. Orientador: Paulo Ademar Martins Leal. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola. 1. Banana - Mudas. 2. Aclimação. 3. Casas de vegetação - Sombreamento. 4. Casas de vegetação – Clima. I. Leal, Paulo Ademar Martins. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Agrícola. III. Título.
--------	--

Titulo em Inglês: Acclimatization of micropropagated banana plants (Musa spp.) cv. Grande Naine.

Palavras-chave em Inglês: Banana plants, Acclimatization, Greenhouses shading, Greenhouses climate

Área de concentração: Construções Rurais e Ambiência

Titulação: Doutor em Engenharia Agrícola

Banca examinadora: Sylvio Luís Honório, Paulo Mazzafera, Hilton Silveira Pinto, João Alexio Scarpore Filho

Data da defesa: 24/08/2006

Aos meus pais, Hélio José (*in memoriam*) e Marieta, pelo exemplo de vida e pelas constantes palavras de estímulo,

À minha esposa, Maria Christina, companheira de todas os momentos, pelo seu amor, carinho, paciência, compreensão e incentivo,

Aos meus filhos, Carolina e Marcelo, meus maiores amigos,

A Deus, pela oportunidade da vida

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pelo auxílio à pesquisa (Processo 03/04216-6);

Ao meu orientador e amigo, Prof. Dr. Paulo Ademar Martins Leal pelo apoio e constantes palavras de estímulo, pela confiança em mim depositada, pelo espírito de equipe e pela forma simples, objetiva e determinada de atuação;

Aos membros da banca examinadora Prof. Dr. Paulo Ademar Martins Leal, Prof. Dr. Sylvio Luís Honório, Prof. Dr. Paulo Mazzafera, Prof. Dr. Hilton Silveira Pinto e Prof. Dr. João Alexio Scarpate Filho, pelas críticas, sugestões e elogios;

Ao estagiário e bolsista da Fapesp, Vinícius Felisberto dos Reis, pelos seus valores de vida e pela competência no apoio em todas as atividades experimentais. Um grande amigo;

Ao Prof. Dr. Paulo Mazzafera, do Departamento de Fisiologia Vegetal/IB/UNICAMP pelas valiosas sugestões e disponibilidade das instalações laboratoriais;

À Dr^a Leila Martins, do Departamento de Sementes, Mudanças e Matrizes/ CATI, pelas sugestões apresentadas e pela sua amizade;

À estagiária e bolsista da Fapesp, Bianca Rodrigues Bortoletto, pelo auxílio na consecução das análises bioquímicas;

À técnica de laboratório e funcionária do Instituto de Biologia da Unicamp, Dulcinéia Pereira de Souza, pela condução das análises bioquímicas;

Ao Prof. Dr. Antonio Salatino, do Instituto de Biociências da USP e sua estagiária Mariana Vassoler pelo apoio e consecução das análises preliminares para determinação do conteúdo de ceras epicuticulares;

À Prof^a. Dr^a. Sandra Maria Carmello Guerreiro, do Departamento de Botânica do Instituto de Biologia da UNICAMP pelas análises preliminares para exame, sob microscopia, da presença de ceras epicuticulares;

Ao Dr. Armando Conagin, pela grande disponibilidade e valiosa colaboração no planejamento e interpretações estatísticas. Muito obrigado;

Ao Dr. Ariovaldo Luchiari Filho, pesquisador da Embrapa Meio Ambiente, pelas sugestões apresentadas e pela cessão do medidor portátil de clorofila SPAD-502;

Ao Dr. Giampaolo Queiroz Pellegrino, consultor do CEPAGRI/UNICAMP pela valiosa

colaboração nas análises espectro-radiométricas;

Aos funcionários do Laboratório de Pós-Colheita, Juliana Tófano de Campos Leite, Francisco F. de Oliveira, Maria Rosália S. Favoretto e, principalmente, a Rosa Helena Aguiar pelo auxílio nas determinações laboratoriais;

Ao funcionário José Benedito dos Santos pelo auxílio nas instalações e no controle ambiental e pelo espírito de colaboração e amizade;

Aos funcionários do Labin, em especial ao João Evaristo Bergamo, pelo apoio prestado;

Ao funcionário José Ricardo de F. Lucarelli pelo apoio nos trabalhos de campo;

Ao colega Wellington Mary, pelo convívio, companheirismo e sugestões dadas;

Ao colega Cícero Leite e à empresa Polysack Indústrias Ltda. pela cessão das telas utilizadas no presente trabalho;

Aos funcionários do Escritório de Negócios de Campinas da Embrapa Transferência de Tecnologia pelo incondicional apoio e em especial aos colegas Edison Antonio Bolson, Rogério de Sá Borges e Ana Paula Artimonte Vaz, pelas sugestões e grande amizade;

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa, pela oportunidade de realização do doutorado e pelo suporte financeiro;

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização do presente trabalho.

Meus sinceros agradecimentos

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS	VIII
LISTA DE TABELAS.....	XII
LISTA DE EQUAÇÕES.....	XII
RESUMO	XIV
ABSTRACT	XVI
1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVAS	1
2. REVISÃO DA LITERATURA	3
2.1. PROPAGAÇÃO DE PLANTAS DE BANANEIRA	3
2.2. ACLIMATAÇÃO DE MUDAS PRODUZIDAS <i>IN VITRO</i>	4
2.3. ASPECTOS FISIOLÓGICOS E BIOQUÍMICOS EM PLANTAS MICROPROPAGADAS	6
2.4. TÉCNICAS E AMBIENTES FAVORÁVEIS À ACLIMATAÇÃO	8
3. OBJETIVOS.....	15
3.1. OBJETIVOS GERAIS	15
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	16
4.1. EXPERIMENTOS EM CASAS DE VEGETAÇÃO.....	16
4.1.1. <i>Localização</i>	16
4.1.2. <i>Material vegetal</i>	16
4.1.3. <i>Aspectos construtivos</i>	17
4.1.4. <i>Caracterização dos ambientes</i>	18
4.1.5. <i>Condicionamento dos ambientes</i>	23
4.1.6. <i>Monitoramento dos ambientes</i>	24
4.1.6.1. <i>Temperatura e umidade relativa do ar</i>	24
4.1.6.2. <i>Radiação</i>	35
4.1.7. <i>Períodos de aclimação</i>	42
4.1.8. <i>Manejo da irrigação e controle fitossanitário</i>	42
4.1.9. <i>Variáveis para avaliação</i>	43
4.2. EXPERIMENTOS DE DESENVOLVIMENTO EM CAMPO.....	48
4.2.1. <i>Manejo da irrigação e controle fitossanitário</i>	50
4.2.2. <i>Variáveis para avaliação</i>	50
4.3. ANÁLISE DOS RESULTADOS	51
5. RESULTADOS.....	55
6. DISCUSSÃO.....	71
7. CONCLUSÕES	84
8. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	85
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	86

APÉNDICE 95

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Lote de mudas destinadas à pesquisa.....	17
Figura 2 – Vista externa dos 5 ambientes (A) e interna de um deles (B) antes da instalação dos experimentos.....	18
Figura 3 – Croqui de cada ambiente.....	18
Figura 4 – Croqui de cada bloco.....	18
Figura 5 – Vista interna de cada um dos 5 ambientes no momento de instalação dos experimentos de verão.....	20
Figura 6 – Sombreamento proporcionado pelos materiais utilizados nos diferentes ambientes, obtido por espectro-radiometria na faixa RFA.....	21
Figura 7 – Transmitância obtida por espectro-radiometria em cada um dos ambientes	22
Figura 8 – Reflectância obtida por espectro-radiometria em cada um dos ambientes	23
Figura 9 – Absortância obtida por espectro-radiometria em cada um dos ambientes.....	23
Figura 10 – Detalhes na construção dos psicrômetros aspirados.	26
Figura 11 – Central de aquisição de dados de temperaturas de bulbo seco e de bulbo úmido.	27
Figura 12 – Médias de temperaturas de bulbo seco do ar em cada ambiente ao longo do dia durante o período 1 (3 semanas de aclimatação) no verão.....	28
Figura 13 – Médias de temperaturas de bulbo seco do ar em cada ambiente ao longo do dia durante o período 2 (6 semanas de aclimatação) no verão.....	28
Figura 14 – Médias de temperaturas de bulbo seco do ar em cada ambiente ao longo do dia durante o período 3 (9 semanas de aclimatação) no verão.....	29
Figura 15 – Médias de temperaturas de bulbo seco do ar em cada ambiente ao longo do dia durante o período 1 (3 semanas de aclimatação) no inverno.....	29
Figura 16 – Médias de temperaturas de bulbo seco do ar em cada ambiente ao longo do dia durante o período 2 (6 semanas de aclimatação) no inverno.....	30
Figura 17 – Médias de temperaturas de bulbo seco do ar em cada ambiente ao longo do dia durante o período 3 (9 semanas de aclimatação) no inverno.....	30
Figura 18 – Médias de umidade relativa do ar (UR) em cada ambiente ao longo do dia durante o período 1 (3 semanas de aclimatação) no verão.....	31

Figura 19 – Médias de umidade relativa do ar (UR) em cada ambiente ao longo do dia durante o período 2 (6 semanas de aclimação) no verão.....	31
Figura 20 – Médias de umidade relativa do ar (UR) em cada ambiente ao longo do dia durante o período 3 (9 semanas de aclimação) no verão.....	32
Figura 21 – Médias de umidade relativa do ar (UR) em cada ambiente ao longo do dia durante o período 1 (3 semanas de aclimação) no inverno.....	32
Figura 22 – Médias de umidade relativa do ar (UR) em cada ambiente ao longo do dia durante o período 2 (6 semanas de aclimação) no inverno.....	33
Figura 23 – Médias de umidade relativa do ar (UR) em cada ambiente ao longo do dia durante o período 3 (9 semanas de aclimação) no inverno.....	33
Figura 24 – Tomada de dados de radiação interna global e RFA.	36
Figura 25 – Data-loggers LI-COR 1400 conectados a sensores externos e internos.	36
Figura 26 – Intensidade média da radiação RFA e Global, medidas por meio de sensores fotovoltaicos no meio externo às casas de vegetação em condições de inexistência de nuvens e de céu nublado durante os experimentos de verão e inverno.	37
Figura 27 – Redução média da radiação RFA e Global, medidas por meio de sensores fotovoltaicos em cada ambiente comparada ao meio externo em condições de inexistência de nuvens e de céu nublado durante os experimentos de verão em casas de vegetação.....	38
Figura 28 – Redução média da radiação RFA e Global, medidas por meio de sensores fotovoltaicos em cada ambiente comparada ao meio externo em condições de inexistência de nuvens e de céu nublado durante os experimentos de inverno em casas de vegetação.....	39
Figura 29 – Redução média da radiação ultra-violeta, sob comprimentos de onda de 312nm e 365nm, em cada ambiente comparada ao meio externo em condições de inexistência de nuvens durante os experimentos de verão em casas de vegetação.....	40
Figura 30 – Médias de redução da radiação RFA e Global das 3 tomadas (9, 12 e 15 horas) e das 2 condições de insolação (céu claro e nublado) durante os experimentos de verão e de inverno em casas de vegetação.....	41
Figura 31 – Mudanças do período 1 do verão, recém plantadas para avaliação em campo.	49
Figura 32 – Altura de inserção (AI) da última folha mais recentemente aberta de plantas obtidas sob diferentes ambientes e períodos de aclimação em condições de verão (A) e de	

inverno (B) e respectivos desenvolvimentos em condições de campo (C e D).....	56
Figura 33 – Altura total (AT) de plantas obtidas sob diferentes ambientes e períodos de aclimatação em condições de verão (A) e de inverno (B) e respectivos desenvolvimentos em condições de campo (C e D).....	57
Figura 34 – Diâmetro do pseudocaule (DP) de plantas sob diferentes ambientes e períodos de aclimatação em condições de verão (A) e de inverno (B) e respectivos desenvolvimentos em condições de campo (C e D).....	58
Figura 35 – Número de folhas (NF) completamente expandidas de plantas sob diferentes ambientes e períodos de aclimatação em condições de verão (A) e de inverno (B) e respectivos desenvolvimentos em condições de campo (C e D).....	59
Figura 36 – Área foliar (AF) de plantas obtidas sob diferentes ambientes e períodos de aclimatação em condições de verão (A) e de inverno (B) e respectivos desenvolvimentos em condições de campo (C e D).....	60
Figura 37 – Comprimento de raízes (CR) de plantas sob diferentes ambientes e períodos de aclimatação em condições de verão (a) e de inverno (b).....	61
Figura 38 – Massa fresca da parte aérea (MFPA) de plantas obtidas sob diferentes ambientes e períodos de aclimatação em condições de verão (A) e de inverno (B) e respectivos desenvolvimentos em condições de campo (C e D).....	62
Figura 39 – Massa fresca de rizomas (MFRI) de plantas sob diferentes ambientes e períodos de aclimatação em condições de verão (A) e de inverno (B).....	63
Figura 40 – Massa fresca de raízes (MFRA) de plantas sob diferentes ambientes e períodos de aclimatação em condições de verão (A) e de inverno (B).....	63
Figura 41 – Massa seca da parte aérea (MSPA) de plantas obtidas sob diferentes ambientes e períodos de aclimatação em condições de verão (A) e de inverno (B) e respectivos desenvolvimentos em condições de campo (C e D).....	64
Figura 42 – Massa seca de rizomas (MSRI) de plantas sob diferentes ambientes e períodos de aclimatação em condições de verão (A) e de inverno (B).....	65
Figura 43 – Massa seca de raízes (MSRA) de plantas sob diferentes ambientes e períodos de aclimatação em condições de verão (A) e de inverno (B).....	65
Figura 44 – Quantificação de clorofila total (CLT) em folhas de plantas obtidas sob diferentes	

ambientes e períodos de aclimação em condições de verão (A) e de inverno (B) e respectivos desenvolvimentos em condições de campo (C e D).	66
Figura 45 – Leitura SPAD em folhas de plantas obtidas sob diferentes ambientes e períodos de aclimação em condições de verão (A) e de inverno (B) e respectivos desenvolvimentos em condições de campo (C e D).	67
Figura 46 – Quantificação de carotenóides (CXC) e outros pigmentos em folhas de plantas obtidas sob diferentes ambientes e períodos de aclimação em condições de verão (A) e de inverno (B) e respectivos desenvolvimentos em condições de campo (C e D).	68
Figura 47 – Quantificação de açúcares solúveis totais (AST) em folhas de plantas obtidas sob diferentes ambientes e períodos de aclimação em condições de verão (A) e de inverno (B) e respectivos desenvolvimentos em condições de campo (C e D).	69
Figura 48 – Mensuração da fluorescência da clorofila, representada pelo fator de rendimento quântico “YIELD” (Y) em plantas obtidas sob diferentes ambientes, intensidades de radiação e períodos de aclimação em condições de verão (A) e de inverno (B) e respectivos desenvolvimentos em condições de campo (C e D).	70
Figura 49 – Correlações da regressão linear entre o conteúdo de clorofila total e a leitura SPAD obtidas a partir de folhas de plantas de todos os ambientes obtidas sob diferentes períodos de aclimação em condições de verão e de inverno.	82

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Principais especificações das malhas utilizadas.	21
Tabela 2 – Médias diárias de temperatura de bulbo seco e de umidade relativa do ar no interior dos ambientes no período de 15/12/2004 a 17/02/2005 (verão) e de 22/06/2005 a 24/08/2005 (inverno) e respectivas pressões parcial (pv) e de saturação (ps) de vapor de água no ar.	33
Tabela 3 – Dados para o cálculo da irrigação por ambiente.....	42
Tabela 4 – Resultados de análise de solo dos experimentos de campo.....	48
Tabela 5 – Quadro da análise conjunta da variância dos experimentos em casas de vegetação.	52
Tabela 6 – Quadro da análise conjunta da variância dos experimentos em campo.	52
Tabela 7 – Classificação estatística: exemplo hipotético das pontuações parciais (soma das pontuações obtidas por período de aclimatação) e total (soma das pontuações parciais) atribuídas aos tratamentos.	53
Tabela 8 – Coeficientes de correlação da regressão linear entre parâmetros físicos de crescimento no verão e no inverno.....	72
Tabela 9 – Coeficientes de correlação da regressão linear entre parâmetros bioquímicos no verão e no inverno	72
Tabela 10 – Classificação estatística entre ambientes no verão, dentro de cada período de aclimatação.	74
Tabela 11 – Classificação estatística entre ambientes no inverno, dentro de cada período de aclimatação.	75
Tabela 12– Classificação estatística entre períodos no verão, dentro de cada ambiente.	76
Tabela 13– Classificação estatística entre períodos no inverno, dentro de cada ambiente.	77
Tabela 14 – Síntese da classificação estatística no verão e no inverno entre períodos (EP) e entre ambientes (EA).	78
Tabela 15 – Comparação entre a pontuação estatística dos resultados obtidos por meio de leituras SPAD e o somatório da pontuação dos demais parâmetros em casas de vegetação. .	81

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 – Equação modificada de Lichtenthaler para a determinação do conteúdo de clorofila <i>a</i>	45
Equação 2 – Equação modificada de Lichtenthaler para a determinação do conteúdo de clorofila <i>b</i>	45
Equação 3 – Equação modificada de Lichtenthaler para a determinação do conteúdo de carotenóides.....	45
Equação 4 – Mensuração da fluorescência da clorofila sob luz não-saturada ou parâmetro Genty.....	46

RESUMO

Imediatamente à sua obtenção em laboratório, mudas micropropagadas *in vitro* necessitam passar por um período de aclimação, pois não realizam eficientemente a absorção de luz, água e nutrientes. A aclimação deve ser feita em casas de vegetação, onde as condições de umidade relativa do ar e luminosidade são favoráveis a um endurecimento gradual das plântulas, período este que, para bananeira, se divide em dois estágios: o primeiro, denominado pré-aclimação ou berçário, no qual as plântulas permanecem sob reduzida intensidade luminosa e elevada umidade relativa do ar até atingirem altura mínima de 10 cm e o segundo, a aclimação propriamente dita, sob maior intensidade de luminosidade até que atinjam padrões comerciais. O presente trabalho estudou o desenvolvimento de mudas durante o segundo estágio da aclimação sob diferentes condições de luminosidade (plena, 70, 50 e 30% de superfície de cobertura com malha vermelha e 50% com malha preta, ambas sob filme plástico transparente de 100 µm) associado a períodos de aclimação (3, 6 e 9 semanas), em ambientes sob condições favoráveis de temperatura (ao redor de 28°C, com mínimas a 18°C e máximas a 34°C), umidade relativa (acima de 75%), nutrição e irrigação controladas, tendo como variáveis físicas da planta, a altura e o diâmetro do pseudocaule, a área foliar, o número de folhas, o comprimento das raízes e a massa da matéria fresca e seca, e como bioquímicas, a quantificação de pigmentos, de açúcares e do rendimento quântico da fotossíntese obtido por meio da fluorescência da clorofila. Após cada período, as plantas foram submetidas a ensaios de desenvolvimento em condições de campo por 7 semanas, sendo avaliadas para as mesmas variáveis. Quanto aos parâmetros ambientais, os resultados indicam controle satisfatório de temperatura e umidade relativa do ar nos ambientes oferecendo as condições requeridas pela planta embora tenham sido observadas diferenças significativas entre eles. As malhas vermelhas apresentam transmitâncias diferenciadas ao longo do espectro da radiação fotossinteticamente ativa e os resultados mostram maiores reduções na faixa RFA para estas, independente do horário, insolação e estação do ano. Na comparação entre as médias, cada tratamento recebeu pontuações obedecendo à ordenação hierárquica de desempenho verificada em cada avaliação (casas de vegetação e campo), segundo critérios de classificação estatística, onde considera-se o número de tratamentos estatisticamente inferiores e superiores. Na

ordenação estatística, o uso de malha preta com 50% de sombreamento associado ao período de 9 semanas foi o que propiciou melhores condições, tanto no verão quanto no inverno. Visando a redução para 6 semanas, o uso alternativo de tela de malha vermelha com 70% de sombreamento produz efeitos equivalentes ao da malha preta com 50% em 9 semanas, apenas para condições de verão. Medidas paralelas utilizando o medidor portátil de clorofila SPAD-502 foram efetuadas simultaneamente às determinações analíticas deste parâmetro, verificando-se correlações positivas significativas da regressão entre o conteúdo de clorofila total e a leitura do equipamento. De acordo com o modelo da classificação estatística, verificou-se que as maiores pontuações envolvendo todos os parâmetros estudados coincidiram com as maiores pontuações obtidas pela leitura SPAD, recaindo na maioria das situações no ambiente com malha preta, já descrito como o de melhor desempenho entre todos. Assim, o uso deste equipamento pode vir a se constituir em importante ferramenta para avaliação auxiliar e expedita de plantas de bananeira sob aclimatação, requerendo, para tanto, mais estudos que visem o estabelecimento de modelos que melhor expliquem esta relação.

PALAVRAS-CHAVE: Banana – mudas, aclimatação, casas de vegetação – sombreamento, casas de vegetação – clima.

ABSTRACT

The banana seedling obtained by micropropagation needs to go through a period of acclimatization, because it does not operate light, water and nutrient absorption in an efficient way. The acclimatization must be done at a greenhouse, where temperature, light and air humidity are adequate to a gradual hardening of plantlets. The first period lasts until the plantlet reaches 10 cm height and is named pre-acclimatization or nursery, being characterized by low light intensity and high relative air humidity. The acclimatization phase ends when plants reach commercial standards under a higher light intensity. In this study, banana plantlets development was evaluated during acclimatization under different light conditions (full, 70%, 50% and 30% of a covered surface with a red mesh and 50% with a black mesh, both under a transparent plastic film of 100 μm), average temperature of 28°C (minimum 18°C and maximum 34°C), above 75% relative air humidity and controlled nutrition and irrigation. Physical parameters as height, pseudostems's diameter, number and leaves area, root's length and fresh and dry biomass, and also physiological data as pigment, sugars and quantum efficiency obtained by chlorophyll's fluorescence were taken after 3, 6 and 9 weeks and after 7 weeks of transplantation to field conditions. Treatments were hierarchically graded according to their statistic's classification. Temperature and relative air humidity were adequate for plant's development, although significant differences were observed between the different environment conditions. The presence of red mesh resulted in different transmittances along the photosynthetically active radiation specter, showing a greater reduction on the PAR zone, independently of time, insulation and year season. Combined results indicate superior results of the black 50% mesh for a acclimatization period of nine weeks, either in the summer as in the winter season. Pursuing a time reduction to a six week period, the use of a red 70% mesh showed similar results as the black 50% mesh for nine weeks, in summer conditions. Chlorophyll contents were also measured with a SPAD-502 and these results, when ordered by values, gave a similar ranking as all other parameters taken together. According to the statistical classification model, it was verified that SPAD can be used as an easy and fast tool to evaluate banana plants under acclimatization.

KEYWORDS: Banana plants, acclimatization, greenhouses shading, greenhouses climate.

1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVAS

No Brasil, 2º produtor mundial de bananas, a bananicultura é explorada em todas as regiões do país, ocupando em 2005 uma área de 494.462 ha e com uma produção de 6.702.760 t (FAO, 2006). A cultura tem se desenvolvido com base em novas tecnologias, importantes para a obtenção de resultados positivos no empreendimento (ALVES *et al.*, 1997a).

A cultivar Grande Naine do subgrupo Cavendish (AAA) é a mais cultivada nos plantios comerciais da América Latina e a mais apreciada nos mercados consumidores do hemisfério norte, sendo também a segunda mais comercializada no Brasil e a mais cultivada no Estado de São Paulo, principal mercado consumidor do país (MASCARENHAS, 1999).

A utilização de mudas obtidas por micropropagação *in-vitro* oferece inúmeras vantagens, dentre elas a redução do espaço e do tempo necessários a sua produção e a oferta de materiais livres de bactérias, fungos e nematóides. No entanto, imediatamente após a sua obtenção em laboratório, estas necessitam passar por um período de aclimação, pois, na fase heterotrófica em que se encontram, não operam eficientemente a absorção de luz, água e nutrientes. A aclimação deve ser feita então em casas de vegetação ou telado, onde as condições de umidade relativa do ar e luminosidade são favoráveis a um gradual endurecimento das tenras plântulas (SOUZA *et al.*, 1997).

Para George (1993) a aclimação é um processo regulado pela natureza, enquanto que a aclimatização é aquele controlado pelo homem. A aclimação ou aclimatização compreende um conjunto de técnicas e procedimentos que têm por objetivo adaptar as mudas às condições do ambiente do viveiro, telado ou casa de vegetação, reduzindo o estresse devido à transferência ou repicagem das mudas oriundas de um ambiente heterotrófico. Normalmente, de acordo com as práticas realizadas pelos laboratórios de micropropagação, este período é subdividido em duas fases, sendo a primeira também denominada de pré-aclimação ou berçário, na qual as plântulas oriundas da fase *in vitro* são transplantadas para ambientes com temperatura (20 a 28°C) e umidade relativa (80 a 90%) controladas e lá permanecem sob baixa intensidade luminosa, geralmente sob tela com 70% de sombreamento, por um período médio de 3 a 6 semanas até atingirem altura entre 10 e 12 cm. O segundo estágio, ou aclimação propriamente dita, inicia-se com a repicagem das mudas para bandejas, vasos ou sacolas, sob

sombreamento ao redor de 50% e com menor controle da umidade relativa do ar, até atingirem altura entre 25 e 30 cm, momento este em que são disponibilizadas ao mercado, sendo por este consideradas aclimatadas (SILVA *et al.*, 1999).

Dentre as técnicas de aclimação estão aquelas de controle do ambiente interno da casa de vegetação envolvendo parâmetros tais como temperatura, umidade relativa, radiação fotossinteticamente ativa – RFA, que compreende a faixa espectral da radiação solar de comprimento de onda de 400 a 700 nm (MONTEITH, 1972), nível de CO₂, irrigação e nutrição das plantas.

Os principais sistemas a serem controlados contemplam ventilação (resfriamento), aquecimento, sombreamento, circulação do ar, injeção de CO₂, umidificação ou desumidificação do ar e fornecimento de água e fertilizantes.

Assim, o sucesso na aclimação, etapa final da produção de mudas, irá depender da adoção correta destas técnicas. Caso contrário, as conseqüências poderão ser desde atrasos no desenvolvimento da planta até sua eventual morte, após o transplântio para o campo.

O presente trabalho analisou, uma vez fixadas as condições do ar ambiente (umidade relativa, temperatura e ventilação) e de fornecimento de água e nutrientes, os impactos da variação da intensidade luminosa e do período de tempo a que foram expostas mudas micropropagadas de bananeira cultivar Grande Naine ao processo de aclimação.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. Propagação de plantas de bananeira

A bananeira normalmente é propagada por via vegetativa, por meio de partes da planta, as quais são providas de uma ou mais gemas vegetativas e cujo desenvolvimento forma uma nova planta (SOUSA *et al.*, 2000). Grande parte dos bananicultores utiliza-se destas partes oriundas de plantios já estabelecidos para formação de suas próprias mudas. Este sistema convencional de propagação vem, segundo o autor, se constituindo no principal veículo disseminador de pragas e doenças limitantes à exploração, entre elas o Mal-do-Panamá (*Fusarium oxysporum* f. sp. *Cubense*), o Moleque-da-Bananeira (*Cosmopolites sordidus*) e nematóides, o que vem comprometendo a produção de bananas no Brasil.

Uma outra forma de propagação é a utilização de mudas provenientes do cultivo *in vitro*, também denominado micropropagação, que oferece possibilidades para aumentar de maneira considerável o número de plantas dentro de um curto espaço de tempo (SOUZA *et al.*, 1997), além de possibilitar a oferta de mudas sadias, livres de bactérias, fungos e nematóides.

O processo da micropropagação consiste no cultivo de segmentos muito pequenos de plantas, os chamados explantes, em meio artificial e sob condições de luminosidade, temperatura e fotoperíodo totalmente controladas em laboratório (SOUZA, CORDEIRO e TRINDADE, 2000), condições estas que variam de 1.000 a 3.000 Lux quanto à intensidade luminosa, temperatura de 25 a 30°C, fotoperíodo de 16 horas e umidade relativa do ar entre 50 e 80% (SOUZA *et al.*, 1997).

A propagação *in vitro* surgiu como uma alternativa segura para a expansão da bananicultura, em função de possibilitar a produção de mudas sadias e de qualidade superior (SOUSA *et al.*, 2000). No entanto, citam os autores e Silva *et al.* (1999) que as mudas obtidas por este processo, com altura de 15 cm, devem passar por um processo de aclimação antes de serem levadas para o campo, pois estão predispostas a um elevado índice de perdas por causa das condições climáticas às vezes adversas, ataques de pragas, competição com plantas invasoras e até mesmo aterramento das mudas sob ocorrência de chuvas fortes. Desta forma, é

de importância fundamental que essas plantas passem por uma fase de enviveiramento em recipientes contendo substratos que propiciem um rápido crescimento inicial da muda, antes de se transplantá-las para o local definitivo. Silva, Souto e Menegucci (1999) citam que, sendo as plantas produzidas por micropropagação recém-trazidas do laboratório mais sensíveis às condições ambientais adversas, tais como radiação solar direta, estresse hídrico e baixa umidade relativa do ar, é recomendável que se realize sua aclimação em ambiente sombreado por cobertura plástica, com nebulizadores e sistema de irrigação.

2.2. Aclimação de mudas produzidas *in vitro*

As temperaturas ideais para o desenvolvimento das plantas de bananeira são citadas por Alves *et. al.*, (1997b), sendo a faixa ótima ao redor de 28°C, com mínimas não inferiores a 18°C e máximas não superiores a 34°C, faixa esta que proporciona o maior crescimento da planta. Abaixo de 15°C a atividade é paralisada e acima dos 35°C o desenvolvimento é inibido, principalmente devido à desidratação dos tecidos, especialmente as folhas. Os autores citam ainda que a planta requer também luminosidade intensa, se bem que o fotoperíodo pareça não influir no seu crescimento.

Segundo Orjeda (1998) mudas micropropagadas de bananeira com altura de 5 a 10 cm, aptas para plantio em vasos devem ser submetidas a ambientes sombreados sob temperaturas de 25 a 32°C e com umidade relativa elevada.

A atividade fotossintética acelera rapidamente quando a luminosidade se encontra na faixa de 2.000 a 10.000 Lux, sendo mais lenta na faixa entre 10.000 e 30.000 Lux, em medições feitas na superfície inferior das folhas, onde os estômatos são mais abundantes (BORGES *et al.*, 2.000).

Imediatamente após a obtenção das plântulas em laboratório, estas necessitam passar por uma fase anterior à aclimação propriamente dita, que é a fase de pré-aclimação, fase esta descrita por Silva *et al.* (1994) como sendo um período de tempo variável em que as plântulas deixam a fase heterotrófica. O estresse ocorrido nestas plântulas se deve ao fato dos estômatos não operarem eficientemente e também à debilitada condução de solução dos tecidos vasculares das raízes e parte aérea.

Citam ainda os autores que o fracionamento do impacto dos fatores ambientais, como

intensidade da luz, concentração de CO₂ e O₂, umidade do ar, comprimento do dia e temperatura noturna, bem como a utilização de mecanismos físicos e/ou químicos, sempre trazem respostas para melhorar as condições estressantes a que se expõem estas plântulas. Neste segundo artifício, a utilização de casa de vegetação com sistema automático de umidificação, ventilação e de controle da temperatura é prática comum para melhorar a eficiência na aclimação. Da mesma forma, o enriquecimento de CO₂ na microatmosfera e a suplementação luminosa auxiliam na melhora do ambiente e propiciam o autotrofismo das plantas.

O segundo estágio ou aclimação propriamente dita deve então ser feito em casa de vegetação e/ ou telado, onde as condições de umidade relativa do ar são favoráveis a um gradual endurecimento das plântulas por um período de 45 a 60 dias (SOUZA *et al.* 1997). Nesta etapa, é importante a definição do substrato onde as plantas serão aclimatadas, o qual deverá fornecer os nutrientes requeridos, ter boa capacidade de retenção de água e ser suficientemente poroso para permitir trocas gasosas (SOUZA *et al.*, 2000).

De acordo com Hoffmann (2002), a aclimação é indispensável para uma planta propagada por meio de cultura de tecidos e é definida como a fase ou estágio da micropropagação em que ocorre a transferência das mudas produzidas *in vitro* para o ambiente natural ou um ambiente de transição, como uma casa de vegetação ou um telado. Ainda segundo o autor, diversos fatores estão envolvidos, tais como o genótipo, estresse hídrico sofrido pela muda em função da diminuição da umidade relativa do ar, alteração do metabolismo heterotrófico (fornecido pelo meio de cultura) para autotrófico (dependente de obtenção de energia através da fotossíntese) e estresse pela luz, devido à luminosidade reduzida encontrada nas salas de crescimento em relação ao ambiente externo.

Diversos autores utilizaram-se de variáveis de crescimento na avaliação dos fatores envolvidos na aclimação e desenvolvimento de mudas de bananeira produzidas *in vitro*, entre eles: Santos e Gheyi (1993): altura da planta, diâmetro do pseudocaule, área foliar e massa seca da parte aérea e de raízes; Folliot (1990): área foliar correlacionada à massa fresca da parte aérea; Pereira *et al.*, (2005): altura da planta, diâmetro do pseudocaule, número de folhas e porcentagem de pegamento; Murali e Duncan (1995): comprimento de raízes e massa seca de raízes e de rizomas; Sandoval, Pérez e Côte (1997): altura da planta, número, largura

e comprimento de folhas; Couceiro *et al.*, (2001): massa fresca e seca da parte aérea e de raízes e Sousa *et al.*, (2000): altura da planta e massa fresca total.

2.3. Aspectos fisiológicos e bioquímicos em plantas micropropagadas

Plantas obtidas através de micropropagação, portanto sob condições *in vitro*, podem apresentar alterações anatômicas e fisiológicas resultantes do ambiente artificial no qual são mantidas. Variações na formação e funcionamento dos estômatos (LEE, WETZSTEIN e SOMMER, 1985), na atividade fotossintética e enzimática (GROUT, 1988; CAPELLADES, LEMEUR e DEBERGH, 1991; DESJARDINS, HDIDER e DE RIEK, 1995), na partição de assimilados e nas relações fonte-dreno (VAN HUYLENBROECK, PIQUERAS e DEBERGH, 1998) são freqüentemente observadas na comparação de plantas obtidas sob condições *in vitro* e *ex vitro*.

Na fase *in vitro*, a umidade relativa do ar no interior dos frascos atinge valores superiores a 90%, interferindo na deposição de ceras, na corrente transpiratória e conseqüentemente na absorção de nutrientes e acúmulo de água. Além disso, a troca de ar baixa ou ausente entre os sistemas interno e externo resulta no acúmulo de gases no espaço aéreo dos frascos, dentre estes o etileno e CO₂, responsáveis direta ou indiretamente por diversas respostas fisiológicas nas plantas. A adição de açúcares e hormônios aos meios de cultura interfere na capacidade fotossintética, seja através da formação e funcionamento de suas estruturas, ou da síntese e atividade de suas enzimas. O cultivo *in vitro* prolongado também resulta no acúmulo de substâncias tóxicas no meio de cultura, especialmente de compostos fenólicos que interferem no desenvolvimento das plantas. A iluminação artificial disponível nas salas de crescimento, oriunda em sua grande maioria de lâmpadas fluorescentes, não apresenta os comprimentos de onda e tampouco as variações diurnas de intensidade observadas no ambiente natural, afetando os processos fisiológicos induzidos ou controlados por luz (DONNELLY e VIDAVER, 1984; REUTHER, 1988; PREECE e SUTTER, 1991; GEORGE, 1993; NAVARRO *et al.*, 1994).

Plantas cultivadas *in vitro* podem apresentar alterações na pigmentação das folhas, no comportamento estomático ou na composição de ceras, as quais representam um sério obstáculo à aclimação (ROMANO, NORONHA e MARTINS-LOUÇÃO, 1995; VAN

HUYLENBROECK, PIQUERAS e DEBERGH, 1998).

Após a transferência das plântulas da condição *in vitro* para casas de vegetação ou campo, são observadas alterações substanciais na morfologia e anatomia das folhas, sobretudo nas características da epiderme e espessura, diferenciação do mesofilo e no número e estrutura dos cloroplastos. Menor desenvolvimento da cutícula em *Liquidambar styraciflua* e da espessura da cutícula e conteúdo de cera entre folhas jovens e adultas em *Hedera helix* (POSPISILOVÁ *et al.*, 1999).

Por outro lado, folhas de *Brassica oleracea* apresentaram semelhanças na estrutura e na quantidade de ceras epicuticulares entre a condição *in vitro* e 2 semanas após o transplântio (GROUT E ASTON, 1977). Também permaneceu inalterado o conteúdo de ceras em *Liquidambar styraciflua*, enquanto que em *Malus domestica* este decresceu após a aclimação (SUTTER, 1988).

As anormalidades na morfologia, anatomia e fisiologia das plântulas cultivadas *in vitro* podem ser reparadas após sua transferência para a condição *ex vitro*. Entretanto, muitas espécies de plantas necessitam de mudança gradual no ambiente a fim de se evitar perdas por dessecação e fotoinibição. As maiores alterações incluem o desenvolvimento da cutícula, de ceras epicuticulares e regulação da transpiração até a estabilização do status hídrico. Em função das condições *in vitro* a que estavam submetidas, a transferência das plântulas pode vir acompanhada por decréscimos transitórios de parâmetros fotossintéticos. Além disso, acréscimos no conteúdo de clorofila são usualmente observados dependendo das condições ambientais durante a aclimação (POSPISILOVÁ *et al.*, 1999).

Durante a aclimação, alterações anatômicas e morfológicas ocorrem gradualmente com o desenvolvimento de cada nova folha em plantas de bananeira cv. Grande Naine, estando os acréscimos na espessura da cutícula e maior extrusão de cera epicuticular, observadas por meio de microscopia, relacionadas à redução da umidade relativa do ar na casa de vegetação (SANDOVAL, MULLER e WEBERLING, 1994). Citam ainda os autores que, durante a aclimação das plantas, sob aumento gradual de luminosidade, as folhas tomam com coloração mais verde-escuro devido à diferenciação do mesofilo e ao acréscimo no conteúdo de pigmentos.

Ainda em plantas de bananeira, verificam-se alterações na síntese e degradação de

pigmentos (DONNELLY e VIDAVER, 1984; ZAFFARI, PERES e KERBAUY, 1998) e no acréscimo de clorofila com a redução de radiação solar (ISRAELI, PLAUT e SCHWARTZ, 1995). Algumas dificuldades na aclimação de plantas produzidas *in vitro* e inclusive maiores taxas de mortalidade durante este processo podem estar associadas a essas alterações (GEORGE, 1993).

Diversos autores utilizaram-se de variáveis bioquímicas na avaliação dos diferentes fatores envolvidos na aclimação e desenvolvimento de plantas produzidas *in vitro*, entre eles: Pospisilová *et al.* (1999): clorofilas a e b e medidas da fluorescência da clorofila; Zaffari, Peres e Kerbauy (1998): clorofilas, xantofilas e carotenóides; Van Huylbroeck, Piqueras e Debergh (1998) e Tichá *et al.* (1998): medidas da fluorescência da clorofila.

Na busca de métodos não destrutivos das amostras para determinação do conteúdo de pigmentos, estudos em diversas culturas têm sido conduzidos para a avaliação do estado nutricional e/ou quantificação do conteúdo de pigmentos fotossintéticos com a aplicação do medidor indireto de clorofila Minolta SPAD-502 - Soil Plant Analysis Development (MINOLTA, 1989) que fornece leituras que se correlacionam com o teor de clorofila presente na folha. Os valores são calculados pela leitura diferencial da quantidade de luz transmitida pela folha em duas regiões de comprimento de onda: a 650 nm, onde ocorre absorção de luz pela molécula de clorofila e a 940 nm, onde não ocorre absorção. Com estes dois valores, o equipamento calcula um número ou índice SPAD que, normalmente, é altamente correlacionado com os teores de clorofila. Neste sentido, foram observadas correlações positivas em folhas de mamoneiro (NETTO *et al.*, 2002), de milho (ARGENTA *et al.*, 2001) e de tomateiro (GUIMARAES *et al.*, 1999) entre outras espécies. Contudo, não se tem informações a respeito de sua utilização em folhas de bananeira.

2.4. Técnicas e ambientes favoráveis à aclimação

Casas de vegetação e estufas, embora parecidas no que diz respeito à forma e estrutura, têm diferentes graus de controle do ambiente interno. Pode-se dizer que casas de vegetação são um meio ambiental controlado envolvendo parâmetros tais como: temperatura, umidade relativa, RFA (radiação fotossinteticamente ativa), nível de CO₂, irrigação e nutrição das plantas, enquanto que as estufas, termo tipicamente brasileiro para designar estruturas

similares às casas de vegetação, apresentam pouco ou quase nenhum controle sobre os parâmetros climáticos. Os sistemas a serem controlados podem ser: ventilação (resfriamento), aquecimento, sombreamento, circulação do ar, injeção de CO₂, umidificação / desumidificação, iluminação artificial e fornecimento de água e fertilizantes (LEAL, 2003a).

O monitoramento e controle do ambiente interno em casas de vegetação para a produção vegetal são práticas muito difundidas em todo o mundo e possibilitam auxiliar no manejo adequado da produção, visando atingir às faixas ótimas de cultivo, não somente para temperatura como também para outros parâmetros, tais como umidade relativa, radiação solar (total, RFA e UV), nível de CO₂, sombreamento artificial e nutrição de plantas (COSTA, 2001).

Durante o cultivo *in vitro*, as plântulas crescem sob condições muito especiais dentro dos frascos, com umidade relativa do ar elevada e radiação reduzida quando comparado ao cultivo tradicional. Além disso, pelo fato de estarem em frascos fechados visando proteção microbiológica, não há turbulências provocadas pelo fluxo de ar, nem tampouco facilidades na entrada de CO₂ e saída de gases produzidos pela planta. O meio de cultura é freqüentemente suplementado por sacarídeos como fonte de carbono e outras fontes de energia, que provocam considerável decréscimo do potencial hídrico do meio. Além disso, há o fornecimento de grandes quantidades de reguladores de crescimento. Estas condições resultam na formação de plântulas com anormalidades morfológicas, anatômicas e fisiológicas. Assim, depois de transferidas para a condição *ex vitro*, onde a radiação é muito maior e a umidade relativa do ar muito menor, as plântulas têm de corrigir estas anormalidades. Mesmo sob potencial hídrico do substrato maior que o do meio onde estavam, as plântulas podem rapidamente murchar se a perda de água pelas folhas não for impedida. Além disso, o fornecimento suplementar de água pode não ser efetivo devido à baixa condutividade hidráulica das conexões dos vasos das raízes e caule. Muitas plântulas morrem durante este período (POSPISILOVÁ *et al.* 1999). Por esta razão, após o transplante para as condições *ex vitro*, as plântulas necessitam usualmente de algumas semanas de aclimação sob decréscimo gradual na umidade relativa do ar.

Ambientes para aclimação têm sido desenvolvidos sob condições de temperatura, umidade relativa, radiação, concentração de CO₂ e ventilação controladas por sistemas

computadorizados (HANAN, 1997). Ambientes com 50 a 60 % de sombreamento por 3 a 6 semanas e com sistema de atomização fina com água pura durante a primeira semana são necessários à primeira fase, reduzindo-se para 30 a 50% na segunda fase (endurecimento) durante a aclimação de mudas micropropagadas de bananeira cv. Grande Naine (MARIE, 1995).

Dentre os fatores que podem concorrer para o sucesso na aclimação de mudas micropropagadas, Hoffmann (2002) cita a perda excessiva de água como um dos principais, devido a pequenas quantidades de cera epicuticular e ao lento mecanismo de abertura e fechamento dos estômatos, sendo a redução gradativa da umidade relativa do ar, fator favorável na aclimação. Cita, para tanto, o uso de ambientes com umidade relativa do ar elevada (acima de 90%), através da utilização de nebulização intermitente ou de coberturas plásticas ou de vidro, com posterior redução gradativa deste índice, sombreamento, manutenção da sanidade do ambiente e das mudas e uso de sistemas automatizados de aclimação.

O resfriamento em casa de vegetação pode ser promovido por diferentes tipos de processos, tais como ventilação natural, ventilação forçada, resfriamento evaporativo do ar e refrigeração mecânica (CHURCH, WATERS e LAZIN, 1981). Os autores ainda destacam que o uso de resfriamento evaporativo do ar é o método de resfriamento mais extensivamente usado. Um destes sistemas é composto por um meio poroso e um ventilador. A água é aplicada inteiramente no material do meio poroso e o ar é puxado por ventilador localizado no lado oposto da casa de vegetação.

Outro sistema muito utilizado de resfriamento evaporativo é o de nebulização, com vantagens na uniformidade de resfriamento, eliminando a necessidade de ventilação forçada (ABREU, 1999). Por outro lado, apresenta desvantagens de custo de instalação e uso de água de boa qualidade (MARTINS e GONZALEZ, 1995) e cuidados quanto ao diâmetro máximo das gotas, que não deve exceder a 10 μm a fim de se evitar o molhamento das plantas (MONTERO e ANTÓN, 1994). A eficiência do sistema de nebulização diminui se os valores da umidade relativa do interior do ambiente protegido for elevado (SEEMAN, 1979).

O resfriamento evaporativo é um processo que reduz a temperatura de ar pela evaporação da água em contato com um fluxo de ar. Durante as horas mais quentes do dia

quando a temperatura de bulbo seco normalmente é maior, a diferença desta em relação à de bulbo úmido é aumentada. Assim o maior potencial para resfriamento é obtido durante as horas mais quentes do dia, o que normalmente é mais desejado (BUCKLIN *et al.*, 1993). Este sistema de resfriamento evaporativo ou resfriamento adiabático não gera ganho ou perda de calor, pois a energia requerida para evaporar a água é suprida pelo ar, com conseqüentes umedecimento e redução da temperatura do ar (ABREU *et al.*, 1999). O fator limitante para este sistema é a temperatura de bulbo úmido do ar externo.

A eficiência do sistema de resfriamento evaporativo depende da depressão psicrométrica, isto é, a diferença entre as temperaturas de bulbo seco e de bulbo úmido. Em regiões com depressão psicrométrica de 7 a 9°C, foram observadas quedas de temperatura de 4 a 7°C e para depressões maiores (14 a 17°C), as quedas variaram de 8 a 11°C (WITAKER, 1979).

Montero *et al.* (1990), estudando o efeito do sistema de resfriamento evaporativo por nebulização em ambiente protegido com filme multi EVA (etilenovinilacetato) e tela de sombreamento aluminizada com 45% de transmitância da radiação solar incidente, verificaram redução de 3°C na média quando comparado ao controle sem o sistema, sendo a redução máxima de temperatura de 5°C em dias de sol acompanhada de aumento da umidade relativa do ar, mantendo-se em 85%.

Montero *et al.* (1985) destacam que umidades relativas do ar muito elevadas, acima de 90%, diminuem a taxa de transpiração das folhas e umidades muito reduzidas, inferiores a 50%, podem resultar em níveis de transpiração altos, causando estresse hídrico nas plantas. Os autores relatam que um sistema de resfriamento evaporativo pode ser capaz de conservar a umidade relativa da casa de vegetação entre 80 – 85 %.

A utilização de mecanismos automáticos para efetuar as operações de manejo (abertura ou fechamento de cortinas laterais e da tela de sombreamento, temporizadores que comandam o fornecimento da solução nutritiva, injeção de CO₂, entre outros), através da interação com sistema de aquisição de dados é de fundamental importância para o desenvolvimento de experimentos e conseqüente sucesso na produção. As inúmeras vantagens que uma casa de vegetação automatizada pode proporcionar são melhores controles, redução de mão de obra, otimização do consumo de energia (LANGHANS, 1978).

O polietileno de baixa densidade (PEBD), material de cobertura plástica mais comumente empregado em ambientes sob cultivo protegido, apresenta transparência à radiação solar que varia segundo Martin e Robledo (1981), entre 70 a 95%. Farias *et al.* (1993) encontraram valores de redução na transmissividade no intervalo de 11 às 13 horas de 17%, em média, ao longo do dia.

Essencialmente, todos os processos fisiológicos dependem de quantidade e qualidade de luz. A intensidade de radiação solar varia com a latitude, estação do ano, horário do dia, presença ou não de nuvens e transmitância da cobertura da estufa (FARIA JUNIOR e LIMA, 2000).

A faixa de espectro mais importante para os processos fotobiológicos situa-se do ultravioleta (200-400 nm), espectro visível (400-700 nm, região esta do espectro Radiação Fotossinteticamente Ativa - RFA) e infravermelho (740-1600 nm). De acordo com citações em Taiz e Zeiger (2004), as faixas das regiões do espectro e respectivos efeitos sobre as plantas podem ser assim agrupadas:

1ª faixa: > 1.000 nm (infravermelho). Não causam danos às plantas e são por elas absorvidas. São aproveitadas sob a forma de calor sem que haja interferência com os processos biológicos;

2ª faixa: entre 1.000 e 720 nm. É a região do espectro que exerce efeito no crescimento das plantas. O trecho mais próximo ao limite superior é importante para o fotoperiodismo, germinação das sementes, e coloração do fruto. A luz vermelha, no limite inferior da faixa, pode promover o alongamento de internódios e controle de floração;

3ª faixa: entre 720 e 610 nm. É a região absorvida pela clorofila e carotenóides. Gera forte atividade fotossintética, apresentando em vários casos também atividade fotoperiódica;

4ª faixa: entre 610 e 510 nm. É uma região espectral de baixo efeito fotossintético e de fraca ação sobre a formação da planta. Corresponde à região verde do espectro;

5ª faixa: entre 510 e 400 nm. Esta é essencialmente a região mais fortemente absorvida pelos pigmentos amarelos e pela clorofila. Corresponde ao azul violeta do espectro e é também região de grande atividade fotossintética, exercendo ainda vigorosa ação na formação da planta;

6ª faixa: entre 400 e 320 nm (ultravioleta). Ocorre inibição de alongação celular, exercendo efeitos na formação das plantas (tornam-se mais baixas e as folhas mais grossas). A radiação

ultravioleta A (UV-A), característica desta faixa atua como fotooxidante (LARCHER 2000);
7ª faixa: entre 320 e 280 nm. É prejudicial a maioria das plantas. A radiação UV-B (280-314 nm) além do efeito fotooxidante, causa lesões nas biomembranas (LARCHER 2000);
8ª faixa: < 280 nm. Morte rápida das plantas.

Nas plantas superiores, as clorofilas *a* e *b* absorvem a RFA, sendo que a primeira apresenta picos de absorção ao redor de 420 nm e de 660 nm enquanto que para a clorofila *b* estes picos de absorção situam-se ao redor de 435 nm e de 643 nm. Os carotenóides, pigmentos mais envolvidos com outras reações fotoquímicas, têm picos de absorção ao redor de 425, 450 e 480 nm. (TAIZ e ZEIGER, 2004).

O emprego de telas de sombreamento vem sendo indicado como uma das soluções de baixo custo, que além de interceptarem a radiação solar incidente, contribuem para redução da temperatura interna de abrigos para o cultivo protegido, porém é necessário que se estabeleça níveis adequados de sombreamento, não prejudiciais ao desenvolvimento e à produção vegetal (FARIA JUNIOR e LIMA, 2000).

O uso de telas coloridas visa à combinação da proteção física da produção e filtro de luz, o que irá promover as respostas fisiológicas desejadas, tais como produtividade, qualidade e velocidade de maturação (SHAHAK *et al.*, 2004). Os autores desenvolveram com a indústria de plástico, uma série de telas plásticas de sombreamento cada uma modificando especificamente o espectro da radiação filtrada nas regiões de UV, visível ou vermelho-distante e/ou aumentando a dispersão de radiação difusa, e/ou afetando os componentes térmicos da região do infravermelho.

Citam ainda que estudos em diversas culturas sob várias telas coloridas com mesmo índice de sombreamento de telas pretas (50 a 80%, dependendo da cultura e da época) produziram respostas boas. Em *Pittosporum variegatum*, comparadas com a tela preta, as telas vermelha e amarela estimularam marcadamente o crescimento vegetativo, enquanto que a azul causou nanismo. A cinza aumentou a ramificação, produzindo plantas compactas com pequenos ramos, folhas pequenas e diminuição de variegação. Em flores de corte, afetaram diferencialmente a época de florescimento e a qualidade (OREN-SHAMIR *et al.*, 2001).

Shahak *et al.* (2004) conduziram experimentos em pomares comerciais de macieira e pessegueiro usando telas coloridas (vermelha, amarela, azul, cinza e pérola) para reduzir

luminosidade (30% de sombreamento). Resultados do primeiro ano mostram efeitos positivos no florescimento, padrão, tamanho, coloração e qualidade dos frutos, além de redução no estresse hídrico e nos danos e queimaduras em frutos. Os autores afirmam ser ainda muito cedo para delinear os mecanismos que envolvem as respostas, que podem estar relacionadas à qualidade da luz, à modificação do microclima gerado ou ambas, abrindo novas perspectivas para implementar o desenvolvimento de pomares sob proteção.

Outro fator ambiental de suma importância para o desenvolvimento de mudas é o substrato. Silva *et al.* (1999) citam que os substratos comumente utilizados em mudas micropropagadas de bananeira incluem vermiculita, areia, turfa, casca curtida de eucalipto ou *Pinus*, palha ou casca de arroz carbonizada e pó ou moinha de carvão. As proporções de cada um dos componentes podem variar bastante conforme a espécie envolvida. Frequentemente também são utilizados o esterco curtido de curral ou de galinha e terriço como partes do substrato. Deve ser o mais filtrante possível e com presença de turfa, que favorece a emissão de raízes (MARIE, 1995).

Empresas do ramo fabricam substratos à base de casca de *Pinus*, casca de arroz carbonizada, turfa e vermiculita e normalmente recebem uma complementação mineral com calcário, nitrogênio, fósforo e micronutrientes (SOUZA, CORDEIRO e TRINDADE, 2000).

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivos gerais

O presente trabalho tem por objetivo analisar o desenvolvimento de mudas micropropagadas de bananeira cv. Grande Naine durante a aclimação, sob diferentes condições de luminosidade em ambientes com temperatura, umidade relativa e nutrição controladas.

3.2. Objetivos específicos

3.2.1. Desenvolver estruturas de proteção que propiciem condições ambientais adequadas aos requerimentos das plântulas em fase de aclimação.

3.2.2. Associar o fator “tempo de aclimação” às diferentes condições de luminosidade.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. Experimentos em casas de vegetação

4.1.1. Localização

Os experimentos foram instalados em dezembro de 2004 e concluídos em fevereiro de 2005 (experimentos de verão) e repetidos no período de junho a agosto de 2005 (experimentos de inverno) na área do campo experimental da FEAGRI / UNICAMP (22°49'06'' de latitude Sul, 47°03'41'' de longitude Oeste e altitude de 684,54 m acima do nível do mar). O clima da região é do tipo CWA, caracterizado pelo como tropical de altitude, com chuvas no verão e seca no inverno, com temperatura média anual de 21,0°C (média no mês mais frio de 18°C e no mês mais quente de 24°C) e precipitação média anual de 1372 mm.

4.1.2. Material vegetal

O material vegetal utilizado foi produzido pelo Laboratório Multiplanta – Tecnologia Vegetal Ltda, sendo constituído por mudas da cv. Grande Naine, micropropagadas sob 14 horas diárias de luz fluorescente (Sylvania LDP) a $30\mu\text{mol.m}^{-2}\text{s}^{-1}$, à temperatura de $23\pm 2^\circ\text{C}$ e pré-aclimatadas *ex vitro* em bandejas de 128 células por período de 4 a 6 semanas sob condições ambientes com 70% de sombreamento, obtido por meio de tela preta, de 20 a 25°C de temperatura e de umidade relativa do ar superior a 80%, apresentando altura entre 10 e 12 cm, condição esta inicial do material a ser estudado (figura 1). Para tanto, as mudas foram transplantadas, ainda nas dependências da Multiplanta, para bandejas de 26cm x 40cm com 24 células de dimensões de 6cm x 6cm x 4,5cm cada, contendo substrato comercial “Potato”, composto de casca de pinus triturada, esterco de galinha, gesso, vermiculita expandida, macronutrientes (NPK, Super Simples e MAP) e micronutrientes, e imediatamente transportadas para as dependências da FEAGRI / UNICAMP para início dos trabalhos.



Figura 1 – Lote de mudas (ainda nas dependências do laboratório) destinadas à pesquisa.

4.1.3. Aspectos construtivos

Os ambientes experimentais foram compostos de 5 casas de vegetação, do tipo mini-túnel, fornecidas pela empresa Plassol Indústria e Comércio Ltda, instaladas na orientação Leste-Oeste, com espaçamento de 2,0 m entre elas e cada uma com 2,0 m de largura (na altura das bancadas), 10,5 m de comprimento e 2,0 m de altura total, sendo cobertas internamente em 4 delas com diferentes telas de sombreamento e externamente com filme PEBD de 0,1 mm de espessura, aditivado contra raios ultravioleta (UV) e, na 5ª, apenas com este filme.

Internamente, cada casa de vegetação contou com bancada composta de placas de poliestireno estendido de 1,1 m de largura por 2,0 m de comprimento por 20 mm de espessura apoiadas sobre longarinas plásticas ligadas aos arcos a 80 cm do solo e fixadas entre fios de arame galvanizado de bitola 14 (2,1 mm), mantidos sob tensão por meio de esticadores manuais localizados em uma de suas extremidades. Estas placas receberam pintura com tinta PVA (polivinil acetato) de cor verde de tonalidade semelhante à coloração predominante das mudas a fim de minimizar a influência da refletância do ambiente.

Figura 2 – Vista externa dos 5 ambientes (A) e interna de um deles (B) antes da instalação dos experimentos.

Tais bancadas apresentaram dimensões de 6,24 m de comprimento, 2,0 m de largura e 2 cm de espessura, sendo dispostas sobre cada uma delas 24 bandejas (3 para cada bloco) com 24 mudas cada, localizadas ao centro da estrutura e com limites a 2,13 m de suas extremidades Leste e Oeste, distância suficiente para se evitar a incidência direta da luz solar (conforme cálculos de beiral em Leal, 2003b), perfazendo 576 mudas, sendo 192 úteis, conforme esquema contido nas Figuras 3 e 4.

Figura 3 – Croqui de cada ambiente

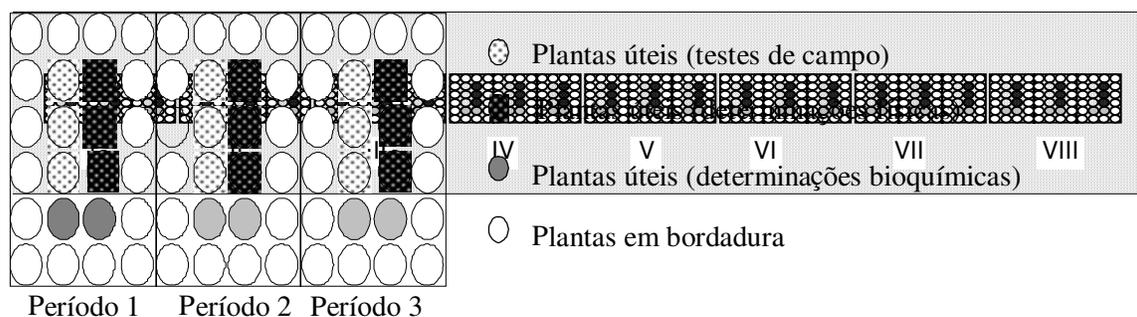


Figura 4 – Croqui de cada bloco

4.1.4. Caracterização dos ambientes

Assim, cada ambiente se constituiu em experimento distinto sob o delineamento em blocos ao acaso, com 3 tratamentos e 8 repetições, envolvendo, portanto, 24 parcelas

experimentais, dispostas em linha seguindo a orientação Leste-Oeste. O diferencial entre os ambientes residuiu no tipo de cobertura que conferiu condições distintas de luminosidade, com transmitâncias na faixa RFA (400 a 700nm) medidas por meio da utilização de espectro radiômetro LI-COR, modelo LI-1800, conforme metodologias mais adiante descritas. Valores pontuais de transmitância ao longo do espectro podem ser visualizados na figura 6. A ordenação na instalação de cada um obedeceu a critérios aleatórios, cuja ordem aleatória foi obtida por sorteio, como segue:

A1 - Ambiente 1: cobertura por meio da utilização de malha ChromatiNet[®] vermelha 70, com média de sombreamento na faixa RFA (400 a 700nm) de 69,92%;

A2 - Ambiente 2: cobertura por meio da utilização de tela plástica preta, com média de sombreamento na faixa RFA (400 a 700nm) de 57,77%;

A3 - Ambiente 3: cobertura por meio da utilização de malha ChromatiNet[®] vermelha 50, com média de sombreamento na faixa RFA (400 a 700nm) de 50,73%;

A4 - Ambiente 4: Sem qualquer tipo de malha, contando apenas com a cobertura de filme PEBD de 100 μ m, este com média de sombreamento na faixa RFA (400 a 700nm) de 12,74%;

A5 - Ambiente 5: cobertura por meio da utilização de malha ChromatiNet[®] vermelha 30, com média de sombreamento na faixa RFA (400 a 700nm) de 29,73%.

A figura 5 reporta cada ambiente no momento da instalação dos experimentos de verão.

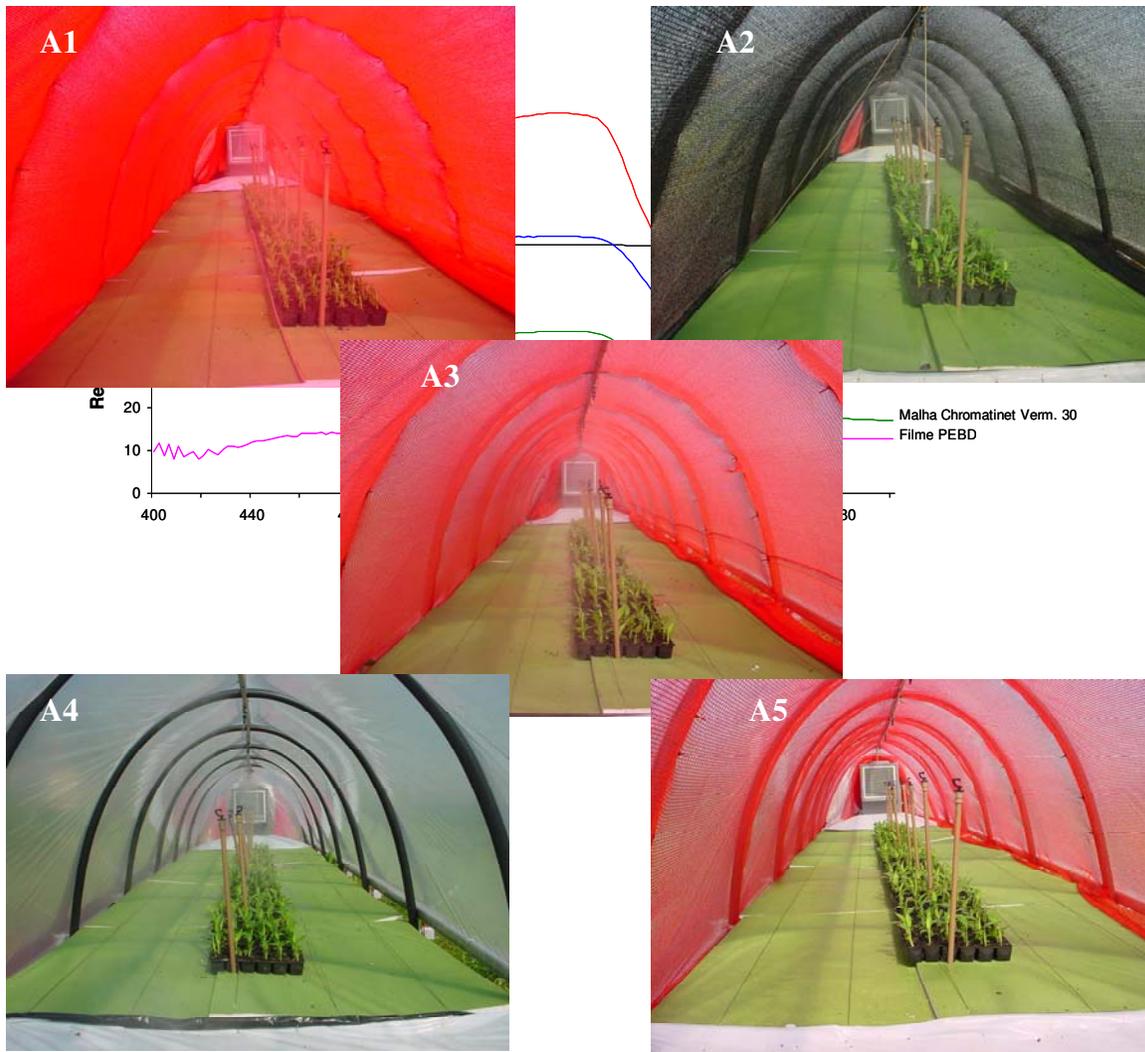


Figura 5 – Vista interna de cada um dos 5 ambientes no momento de instalação dos experimentos de verão (A1, A3 e A5 sob malhas Chromatinet[®] vermelha 70, 50 e 30 respectivamente; A2 sob malha preta 50 e A4, sem proteção à radiação).

Figura 6 - Sombreamento proporcionado pelos materiais utilizados nos diferentes ambientes, obtido por espectro-radiometria na faixa RFA.

Todas as malhas utilizadas foram produzidas pela empresa Polysack Indústrias Ltda, Suas características encontram-se na tabela 1 abaixo. O filme PEBD de 0,10 mm de espessura, aditivado contra raios ultravioleta (UV) foi produzido pela empresa Nortene Plásticos Ltda.

Tabela 1 – Principais especificações das malhas utilizadas.

Especificações	ChromatiNet [®] vermelha 30	ChromatiNet [®] vermelha 50	ChromatiNet [®] vermelha 70	Preta 50
Superfície de cobertura (%)	28-32	51-55	71-75	50-55
Peso (g/m ²)	55-58	81-85	112-117	80-85
Dimensões do orifício (mm)	6 x 8	2 x 3	1,5 x 1,5	3 x 6
Resistência à ruptura (kg/cm ²)	4,2 – 4,4	6,5 – 7,5	10,0 – 10,6	7,3 – 8,3

Fonte: POLYSACK (2004).

Visando melhor caracterização das coberturas utilizadas, foram conduzidas análises espectro-radiométricas durante os meses de abril/2005 e maio/2005 a partir de amostras das diversas telas e filmes plásticos utilizados que compõem cada um dos diferentes conjuntos de sombreamento para caracterização da transmitância, reflectância e absorvância de cada um dos ambientes.

Para tanto, findos os experimentos de verão, foram coletadas 5 amostras de cada tela e filme utilizados, sendo constituídas de discos com 5 cm de diâmetro tomados ao acaso ao longo de cada ambiente, os quais, depois de identificados, foram encaminhados para o CEPAGRI (Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura) da UNICAMP para a consecução das análises, utilizando-se espectro radiômetro LI-COR mod. LI-1800 com o acessório LI-1800 12S (“External Integrating Sphere”). Assim, as análises foram executadas tomando 5 repetições das amostras pareadas (tela e filme), exceto para o ambiente 4, constituído apenas do filme.

As figuras 7 a 9 apresentam as características de transmitância, reflectância e absorptância de cada um dos ambientes:

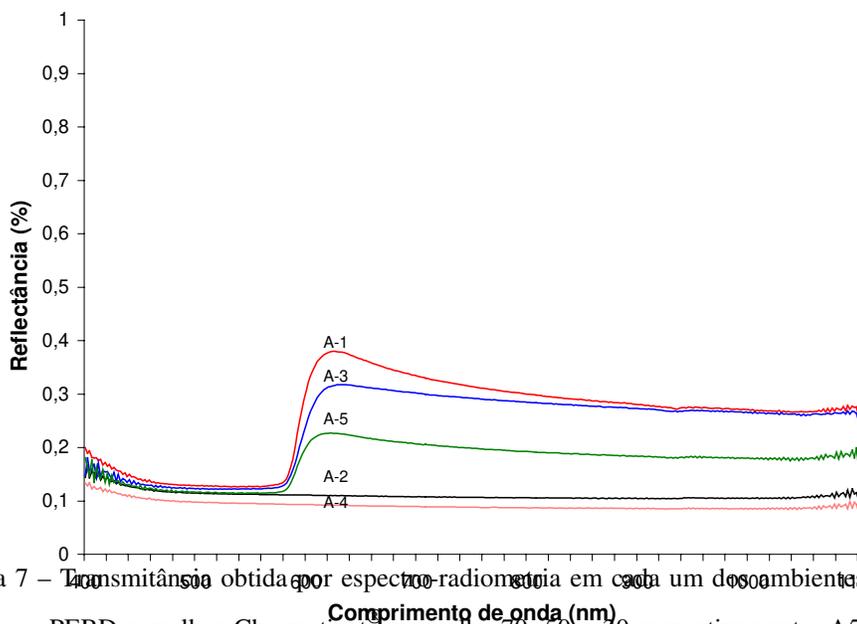


Figura 7 – Transmitância obtida por espectro radiométria em cada um dos ambientes (A-1, A-3 e A-5 sob filme PEBD e malhas Chromatinet® vermelha 70, 50 e 30 respectivamente; A-5 sob filme PEBD e malha preta 50 e A-4, somente sob filme PEBD)

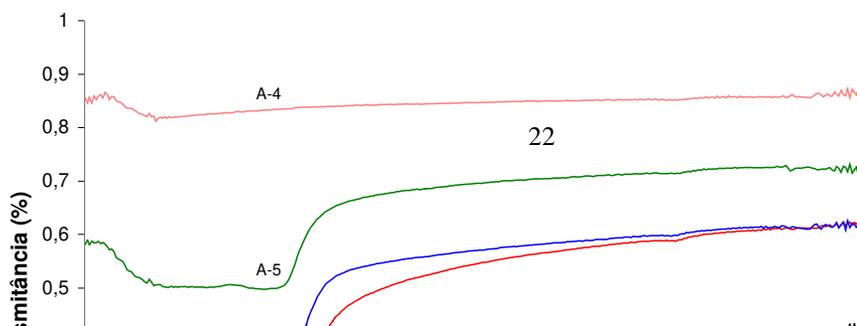


Figura 8 - Reflectância obtida por espectro-radiometria em cada um dos ambientes (A1, A3 e A5 sob filme PEBD e malhas Chromatinet[®] vermelha 70, 50 e 30 respectivamente; A5 sob filme PEBD e malha preta 50 e A4, somente sob filme PEBD).

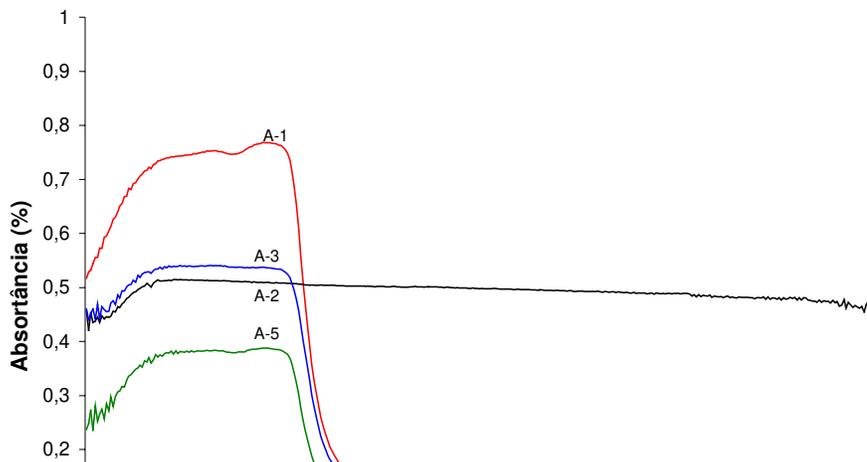


Figura 9 - Absortância obtida por espectro-radiometria em cada um dos ambientes (A1, A3 e A5 sob filme PEBD e malhas Chromatinet[®] vermelha 70, 50 e 30 respectivamente; A5 sob filme PEBD e malha preta 50 e A4, somente sob filme PEBD).

4.1.5. Condicionamento dos ambientes

Para o atendimento das condições ideais para o desenvolvimento das mudas: temperaturas ao redor de 28°C, com mínimas não inferiores a 18°C e máximas não superiores

a 34°C (ALVES *et al.*, 1997b), faixa ótima de temperatura entre 25 e 32°C também descrita por ORJEDA (1998) e umidade relativa do ar em torno de 75% na fase final da aclimação (HOFFMANN, 2002), fase esta objeto do presente estudo, cada ambiente contou com sistemas de nebulização, de resfriamento e de monitoramento abaixo descritos.

Quanto ao fornecimento de água e nutrientes, foi instalado sistema de irrigação, composto de conjunto moto-bomba (KSB, mod. P1000, de 1 CV) ligado por tubulação de PVC (25mm de diâmetro) a 5 conjuntos (um para cada ambiente) de 8 microaspersores cada (modelo Mist de vazão de 40 L/ h sob pressão de 2,5 kgf/cm²).

Visando a manutenção da umidade relativa do ar nos níveis desejados, foi instalado sistema de nebulização ligado ao mesmo conjunto moto-bomba por tubulação de PVC de 25mm de diâmetro, composto de 5 linhas (uma para cada ambiente) de 5 nebulizadores cada (modelo Fogger de vazão de 7 L/ h sob pressão de 4,0 kgf/cm²), sistema este acionado por umidostato previamente regulado para acionamento sempre que a umidade relativa do ar interno aos ambientes fosse inferior a 75% e temporizador regulado para acionamento intermitente durante o dia (das 8:00 h às 18:00 h), tanto no verão quanto no inverno, por 6s a cada 40s, regime este determinado através de testes prévios.

Para a manutenção da temperatura interna do ar dentro da faixa recomendada, foi instalado sistema de resfriamento que contou com cinco resfriadores evaporativos, marca Ecobrisa, modelo EB 50 (um para cada ambiente), dispostos na extremidade leste de cada um.

4.1.6. Monitoramento dos ambientes

4.1.6.1. Temperatura e umidade relativa do ar

Os dados de temperatura de bulbo seco e de bulbo úmido do ar foram obtidos por meio de psicrômetros aspirados instalados na porção inicial, intermediária e final de cada ambiente.

Foram então construídas, especificamente para este fim, 15 unidades para os 5 ambientes além de mais uma para avaliação do ar externo.

Cada psicrômetro foi construído com tecnologia e materiais relativamente simples, (figura 10) utilizando-se de tubo de PVC de 100mm com 40 cm de comprimento, sendo

internamente fixado a ele outro tubo de menor diâmetro (50 mm), de apenas 20 cm de comprimento, fechado na extremidade inferior para função de reservatório de água. Neste tubo menor foi fixada mecha de algodão de 0,5 cm de diâmetro por 20 cm de comprimento, sendo uma das extremidades imersa em água destilada presente no reservatório e outra fora dele, com o objetivo de, por capilaridade, manter-se constantemente umedecida. Dentro do tubo maior foram fixados 2 termopares, circuito termoeletrico composto de 2 fios de metais diferentes estendendo-se da junção de medida até a de referência (ISMAIL, 1998) do Tipo T (cobre (+) e constantan (-), liga constituída de 58% de cobre e 42% de níquel) sendo 1 termopar fixado na extremidade externa da mecha e outro suspenso no centro do tubo, para tomadas de temperatura de bulbo seco. Na extremidade superior do tubo maior foi fixado micro-ventilador, modelo 4x4 DC 12V, com o objetivo do fornecimento de fluxo constante de ar para proporcionar evaporação da água presente na mecha, possibilitando assim tomadas corretas de temperatura de bulbo úmido. Por fim o conjunto foi revestido externamente por filme refletivo para eliminar a influência de aquecimento pela radiação solar incidente.

Estes termopares foram então conectados a rede de cabos de compensação para conexão da junção de medida de referência à central de aquisição de dados, construída também especificamente para este fim em ponto equidistante aos 5 ambientes, onde foram instalados sistema de garantia de fornecimento de energia (“no-break”), fonte de energia para todos os micro-ventiladores, sistema de aquisição de dados composto de Data-Logger INSTA-TREND ligado a computador programado para leituras diárias com partição de 60 s. Externamente a esta central foi instalado mais um psicrômetro aspirado para medições das condições do ar ambiente (Figura 11).



Figura 10 – Detalhes na construção dos psicrômetros aspirados e sua disposição nos ambientes.

Figura 11 – Central de aquisição de dados de temperaturas de bulbo seco e de bulbo úmido.

Para o cálculo da umidade relativa do ar foram consideradas as temperaturas de bulbo seco e bulbo úmido, que aplicadas ao software GRAPSI 6.0 (MELO, LOPES e CORREA, 2004), programa dedicado ao cálculo das propriedades psicrométricas do ar mediante o conhecimento de duas variáveis, revelaram dados da umidade relativa do ar.

As médias de temperatura de bulbo seco do ar no interior dos ambientes de cada período considerado encontram-se nas figuras 12 a 17 e as de umidade relativa, nas figuras 18 a 23.

As médias diárias de temperatura e de umidade relativa do ar de todo o período estudado, que coincide com o período 3 do verão e do inverno, foram submetidos a ANOVA utilizando-se o pacote estatístico SAS – versão 8.0 (SAS, 2002) e as médias diárias entre cada ambiente comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (tabela 2).

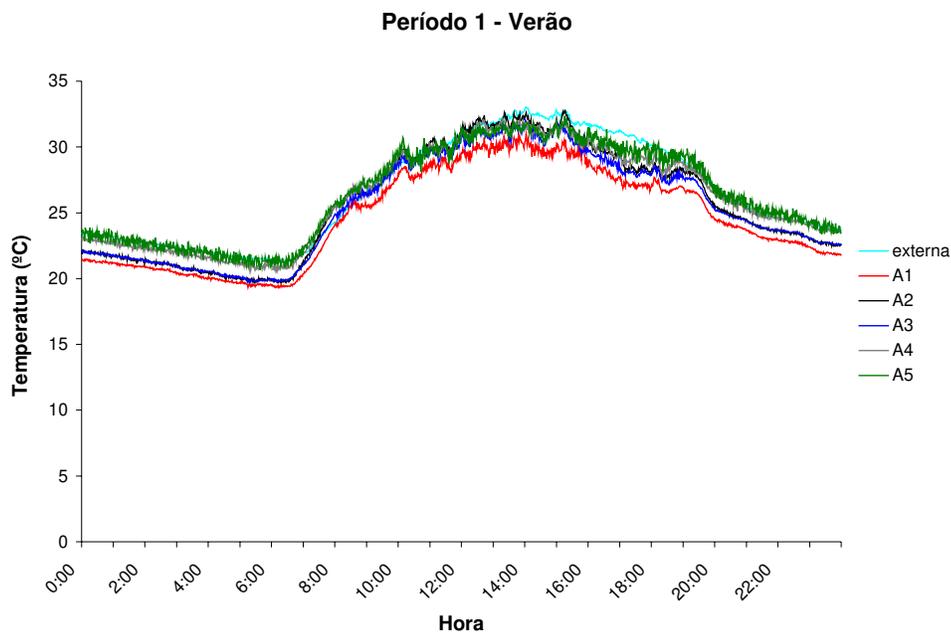


Figura 12 – Médias de temperaturas de bulbo seco do ar em cada ambiente ao longo do dia durante o período 1 (3 semanas de aclimação) no verão.

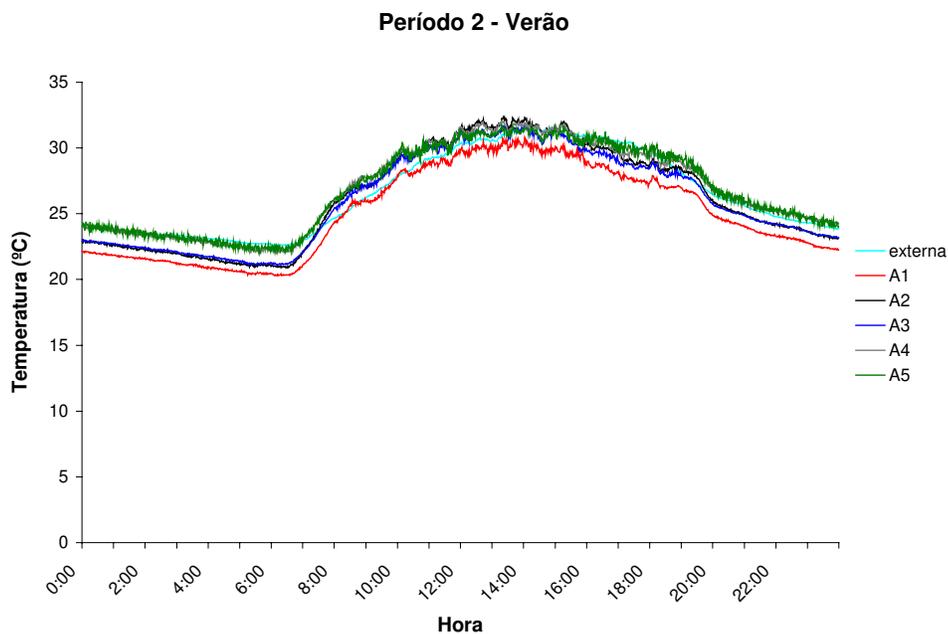


Figura 13 – Médias de temperaturas de bulbo seco do ar em cada ambiente ao longo do dia durante o período 2 (6 semanas de aclimação) no verão.

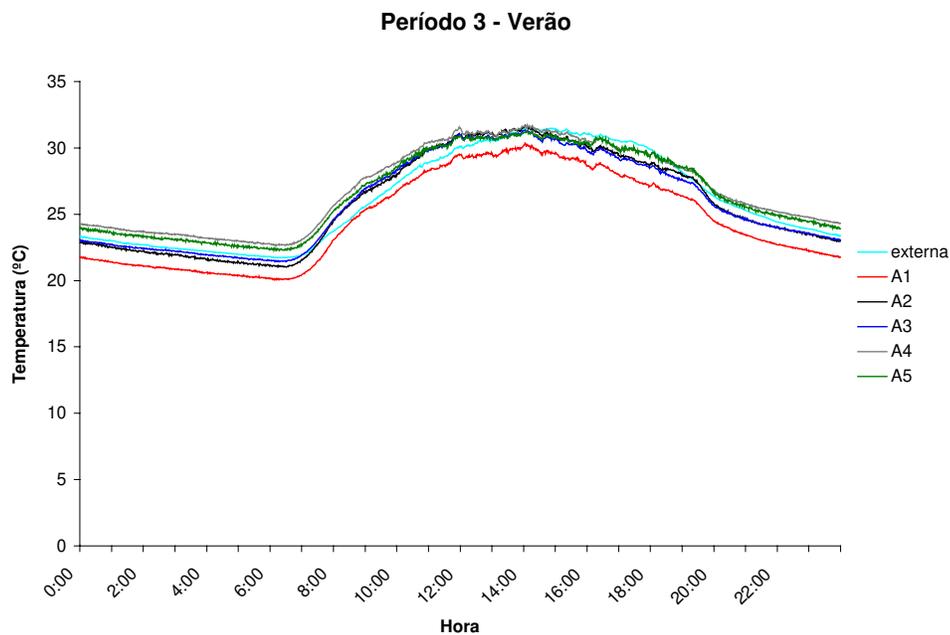


Figura 14 – Médias de temperaturas de bulbo seco do ar em cada ambiente ao longo do dia durante o período 3 (9 semanas de aclimação) no verão.

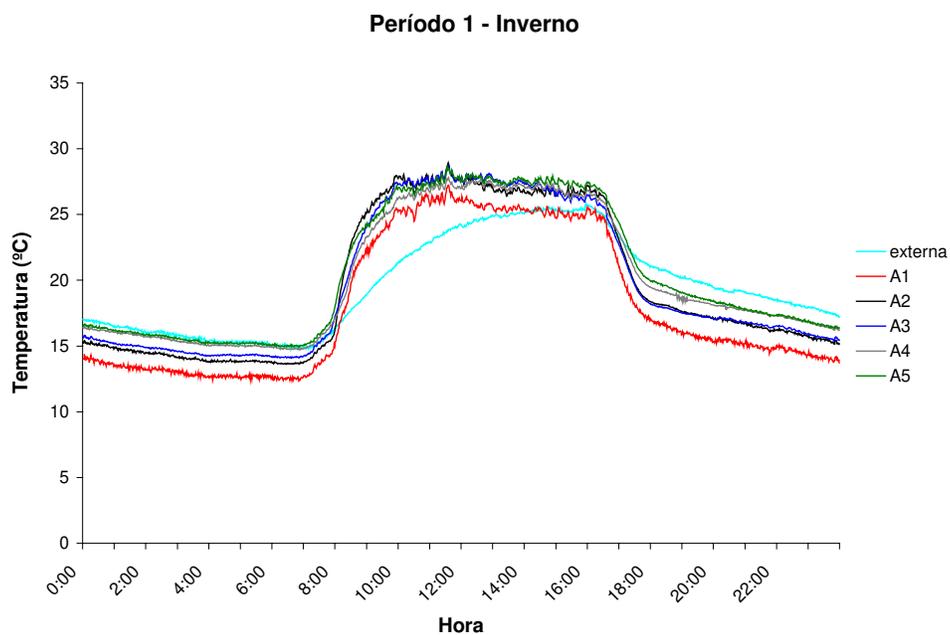


Figura 15 – Médias de temperaturas de bulbo seco do ar em cada ambiente ao longo do dia durante o período 1 (3 semanas de aclimação) no inverno.

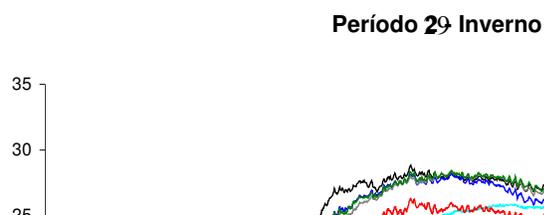


Figura 16 – Médias de temperaturas de bulbo seco do ar em cada ambiente ao longo do dia durante o período 2 (6 semanas de aclimação) no inverno.

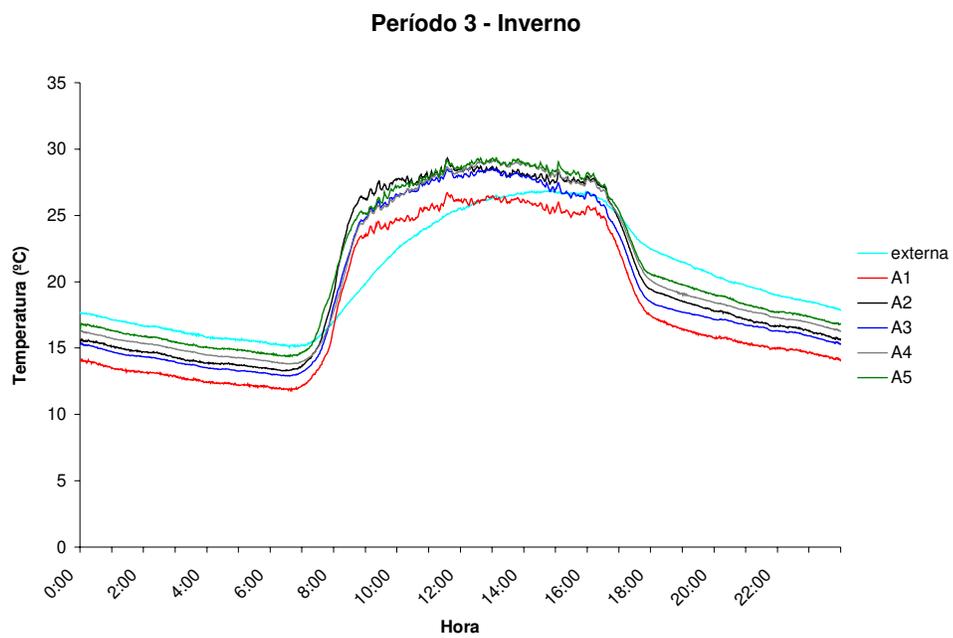


Figura 17 – Médias de temperaturas de bulbo seco do ar em cada ambiente ao longo do dia durante o período 3 (9 semanas de aclimação) no inverno.

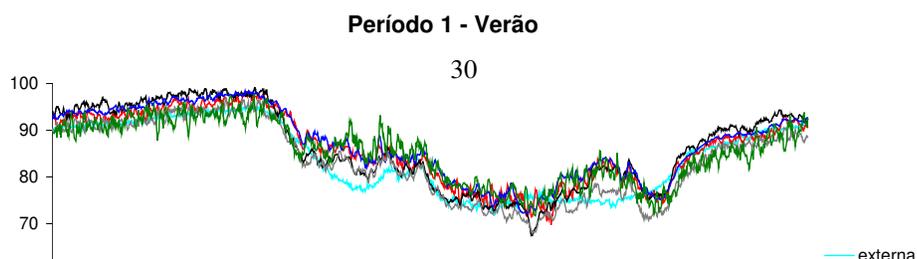


Figura 18 – Médias de umidade relativa do ar (UR) em cada ambiente ao longo do dia durante o período 1 (3 semanas de aclimação) no verão.

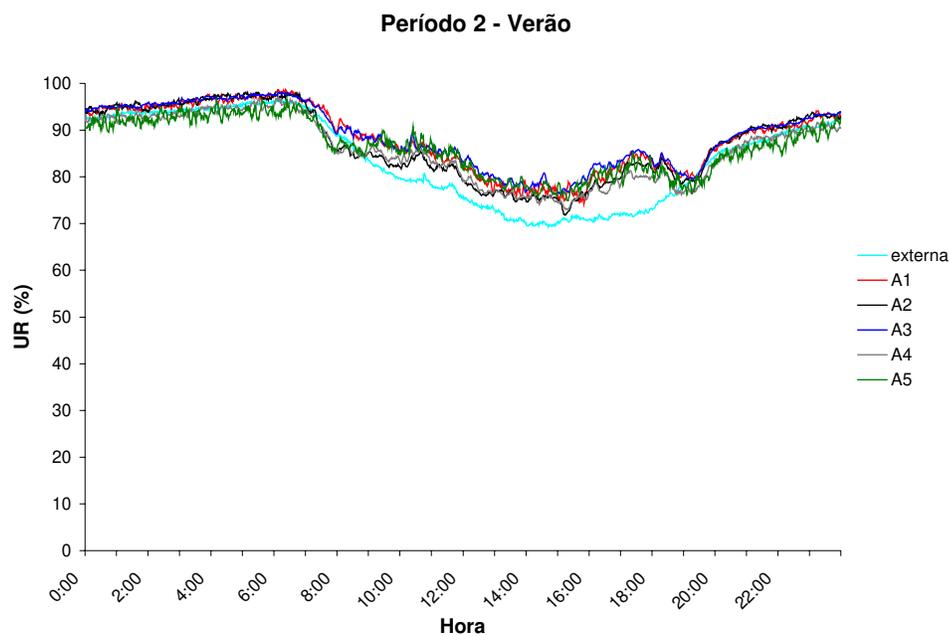


Figura 19 – Médias de umidade relativa do ar (UR) em cada ambiente ao longo do dia durante o período 2 (6 semanas de aclimação) no verão.

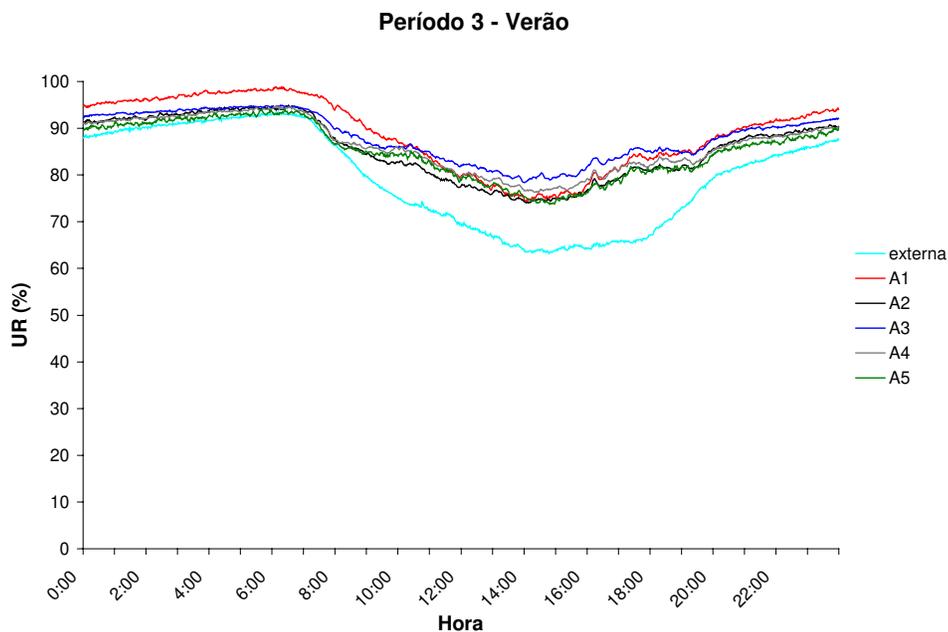


Figura 20 – Médias de umidade relativa do ar (UR) em cada ambiente ao longo do dia durante o período 3 (9 semanas de aclimação) no verão.

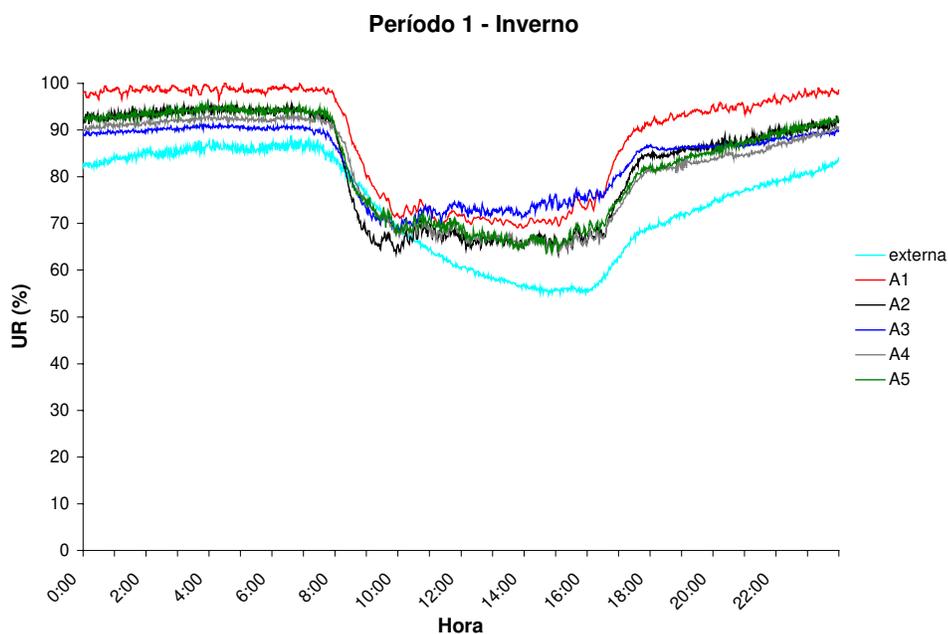


Figura 21 – Médias de umidade relativa do ar (UR) em cada ambiente ao longo do dia durante o período 1 (3 semanas de aclimação) no inverno.

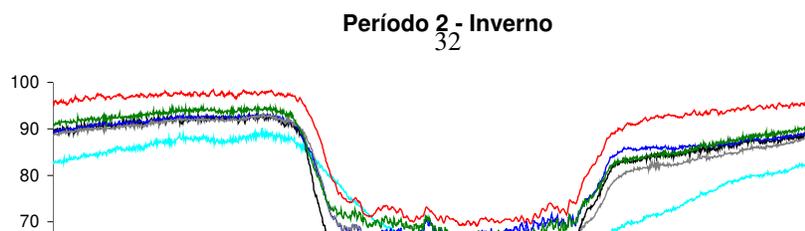


Figura 22 – Médias de umidade relativa do ar (UR) em cada ambiente ao longo do dia durante o período 2 (6 semanas de aclimação) no inverno.

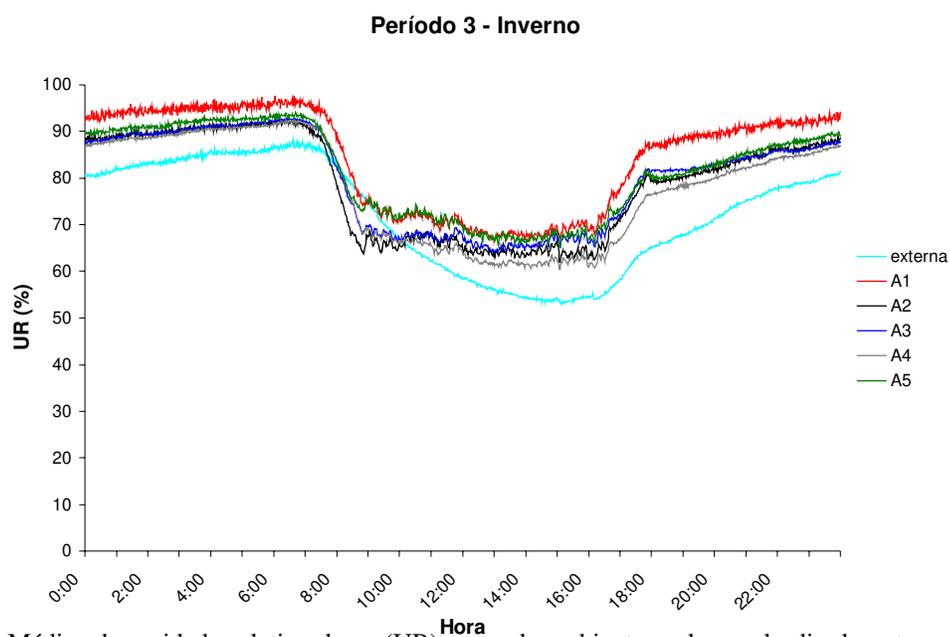


Figura 23 – Médias de umidade relativa do ar (UR) em cada ambiente ao longo do dia durante o período 3 (9 semanas de aclimação) no inverno.

Tabela 2 - Médias diárias de temperatura (T) de bulbo seco e de umidade relativa (UR) do ar

no interior dos ambientes no período de 15/12/2004 a 17/02/2005 (verão) e de 22/06/2005 a 24/08/2005 (inverno) e respectivas pressões* parcial (pv) e de saturação (ps) de vapor de água no ar.

AMBIENTE	VERÃO				INVERNO			
	T (°C)	UR (%)	pv (kPa)	ps (kPa)	T (°C)	UR (%)	pv (kPa)	ps (kPa)
A1	24,6 ^d	88,0 ^a	2,731	3,102	19,8 ^d	79,4 ^a	1,830	2,306
A2	25,9 ^c	84,9 ^{bc}	2,845	3,349	21,7 ^b	73,4 ^c	1,908	2,598
A3	26,0 ^c	87,5 ^a	2,938	3,357	21,1 ^c	75,4 ^b	1,892	2,509
A4	26,9 ^a	85,9 ^b	3,053	3,551	22,1 ^a	72,7 ^c	1,933	2,661
A5	26,6 ^b	84,3 ^c	2,941	3,488	22,1 ^a	75,2 ^b	2,003	2,664
CV(%)	1,27	2,54			1,61	4,68		

Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

* Calculadas pelo programa computacional Psychros (MENDES, 1997).

Os dados médios de temperatura e de umidade relativa do ar coletados durante a consecução dos experimentos de verão e de inverno (figuras 11 a 23) revelam que o controle ambiental proporcionado apresentou resultados satisfatórios do ponto de vista de exigências da planta (SOUZA *et al.* 1997; HOFFMAN, 2002) embora tenham sido encontradas diferenças significativas entre os ambientes (tabela 2) quando comparados pelas médias diárias.

Considerando-se que os fatores que influenciam a temperatura do ar no interior dos ambientes, tais como tamanho e volume de cada um destes, ângulo de incidência da radiação solar, filme de cobertura plástica, re-irradiação pelos objetos em seu interior (SEEMAN, 1979 e FARIAS *et al.*, 1993) eram comuns a todos eles, e que os sistemas de resfriamento e nebulização ofereciam igualdade de condições, as diferenças encontradas devem ser creditadas às malhas de sombreamento com diferentes características de transmitância e reflectância e conseqüente condução de calor.

Os ambientes menos sombreados (A4 e A5) apresentaram maiores temperaturas médias internas. Por outro lado o ambiente A1, mais sombreado, apresentou menores temperaturas, tanto no verão quanto no inverno, enquanto que os ambientes A2 e A3, de sombreamento intermediário, apresentaram temperaturas também intermediárias.

Quanto à umidade relativa do ar no interior dos ambientes, o ambiente A1 apresentou sempre valores mais elevados, devido às suas menores temperaturas, o que permite menores

valores de pressão de saturação de vapor d'água. Quanto aos demais, tanto para verão como para inverno, os valores médios de umidade relativa estiveram dentro dos limites exigidos pela planta. Sendo que no inverno, pelas características da sazonalidade (umidades relativas mais baixas) e pelo fato do sistema de nebulização operar isoladamente, sem o auxílio do sistema de resfriamento evaporativo, os valores estiveram sempre próximos ao limite inferior estabelecido pelo umidostato.

4.1.6.2. Radiação

Ainda no interior de cada ambiente foram coletados dados de irradiâncias de RFA e global por meio de sensores LI-COR, com detectores fotovoltaicos de silício de alta estabilidade. Para tanto, foram efetuadas medidas por 10 minutos, com partição de 30 segundos, por volta das 9, 12 e 15 horas em 2 situações distintas de insolação (céu claro e céu encoberto) e em 3 dias escolhidos ao acaso ao longo da execução dos experimentos, utilizando-se um conjunto composto de 2 sensores LI-COR (figura 24) instalados na porção mediana de cada ambiente (um, sensor Quantum LI-190SA, para medir a radiação RFA na faixa visível de 400 a 700 nm e o outro, sensor piranômetro LI-200SZ, para medir a radiação solar global na faixa de 400 a 1.100 nm) conectados a Data-Logger LI-COR, modelo LI-1400. Para comparações com o meio externo, outro conjunto idêntico foi instalado simultaneamente do lado de fora de cada ambiente (figura 25).



Figura 24 – Tomada de dados de radiação interna global e RFA.



Figura 25 – Data-Loggers LI-COR 1400 conectados a sensores externos e internos.

Os dados médios de irradiâncias de RFA e global tomados no meio externo às casas de vegetação por volta das 9, 12 e 15 horas nas condições de insolação de céu claro e céu encoberto, encontram-se na figura 26.

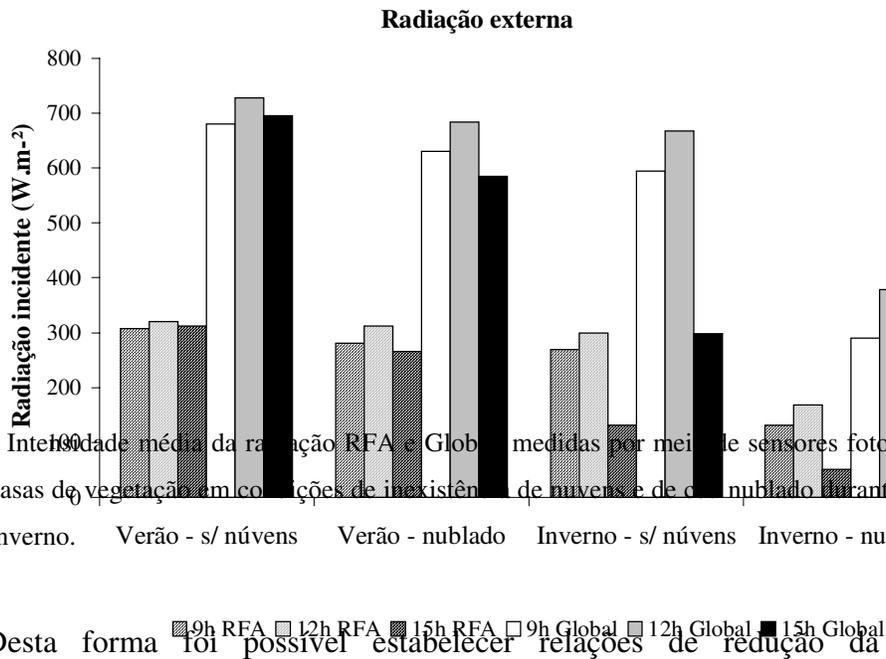


Figura 26 – Intensidade média da radiação RFA e Global medidas por meio de sensores fotovoltaicos no meio externo às casas de vegetação em condições de incidência de nuvens e de céu nublado durante os experimentos de verão e inverno. Verão - s/ núvens Verão - nublado Inverno - s/ núvens Inverno - nublado

Desta forma foi possível estabelecer relações de redução da luminosidade proporcionada pelo tipo de cobertura de cada ambiente. Tais relações encontram-se nas figuras 27 e 28, obtidas a partir de dados médios nos períodos considerados.

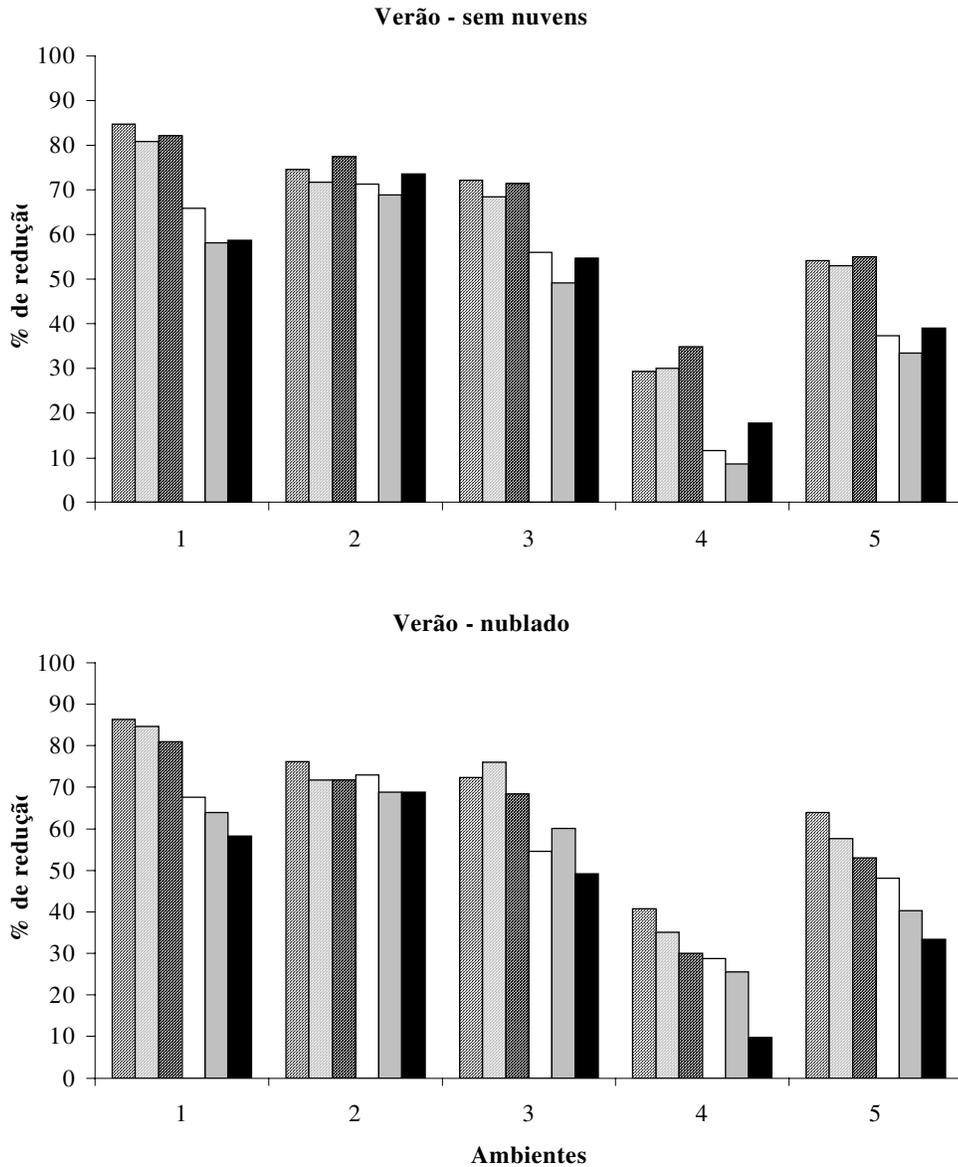


Figura 27 – Redução média da radiação RFA e Global, medidas por meio de sensores fotovoltaicos em cada ambiente comparada ao meio externo em condições de inexistência de nuvens e de céu nublado durante os experimentos de verão em casas de vegetação.

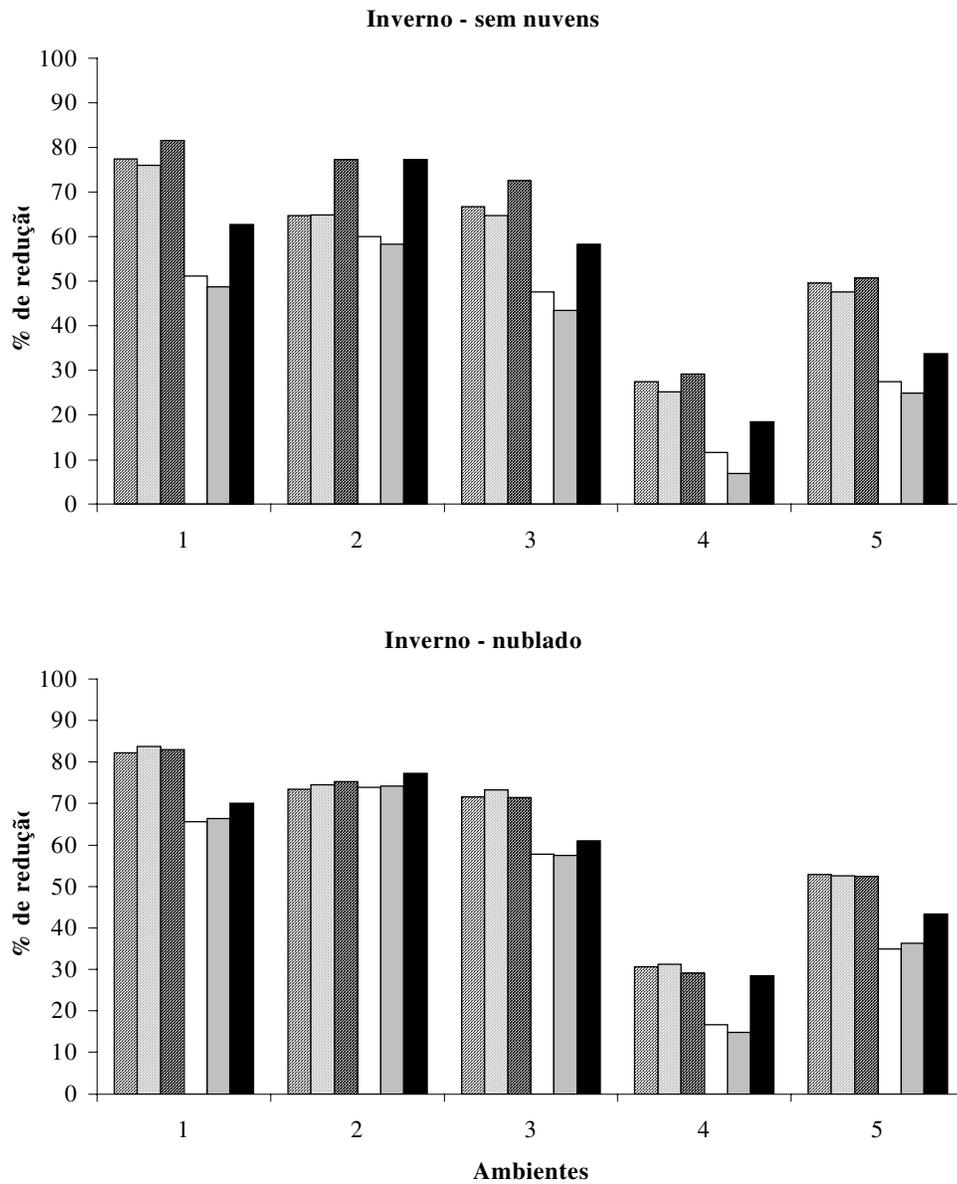


Figura 28 – Redução média da radiação RFA e Global, medidas por meio de sensores fotovoltaicos em cada ambiente comparada ao meio externo em condições de inexistência de nuvens e de céu nublado durante os experimentos de inverno em casas de vegetação.

Também foram efetuadas medidas de radiação ultravioleta e, igualmente ao caso anteriormente citado, estas foram efetuadas por volta das 9, 12 e 15 horas sob céu claro e sem nuvens e em 3 dias aleatórios, distribuídos ao longo da execução dos experimentos de verão, utilizando-se um conjunto composto de 2 sensores previamente calibrados para comprimentos de onda de 312 nm e 365 nm conectados a Data-Logger Cole-Palmer, modelo VLX 3W, instalado na porção mediana de cada ambiente. Neste caso, o tempo de medição foi de 5 minutos, tomando-se a média entre os valores máximos e mínimos encontrados.

Para comparações com o meio externo, e na falta de outro equipamento idêntico, foram tomadas medidas no início e no final dos trabalhos, com intervalo máximo de tempo entre elas de 1 hora. Assim, foi possível estabelecer relações de redução da radiação UV proporcionada pelo tipo de cobertura de cada ambiente. A figura 29 retrata os valores médios encontrados.

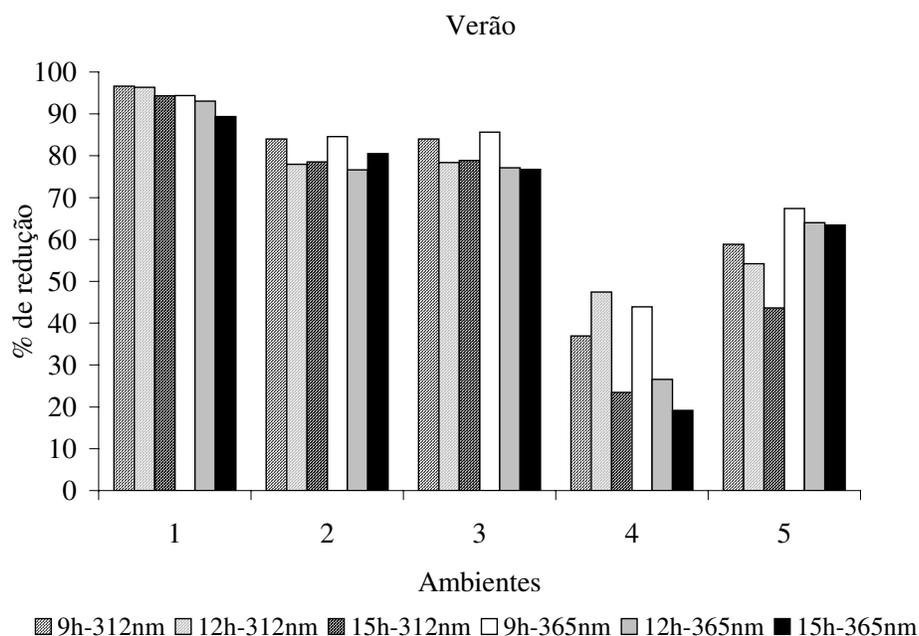


Figura 29 – Redução média da radiação ultra-violeta, sob comprimentos de onda de 312nm e 365nm, em cada ambiente comparada ao meio externo em condições de inexistência de nuvens durante os experimentos de verão em casas de vegetação.

As relações de redução da luminosidade proporcionada pelo tipo de cobertura de cada

ambiente, baseadas na coleta de dados instantâneos de irradiancias simultaneamente dentro e fora de estufas encontram referências em trabalho de FRISINA, ESCOBEDO e GOMES (2000), ilustradas nas figuras 27 e 28, e sintetizadas na figura 30 abaixo, obtida a partir das médias dos horários e das condições de insolação consideradas e submetidas a ANOVA utilizando-se o pacote estatístico SAS – versão 8.0 (SAS, 2002) e ao teste de Tukey a 5% de probabilidade, mostram que, dentro da região da RFA, os percentuais médios de redução da transmitância proporcionados pelas malhas vermelhas (ambientes A1, A3 e A5), obtidos por meio de sensores fotovoltaicos, são maiores do que aqueles na região da radiação global, o que está de acordo com o que se pode observar na figura 7, que apresenta transmitâncias obtidas por espectro-radiometria.

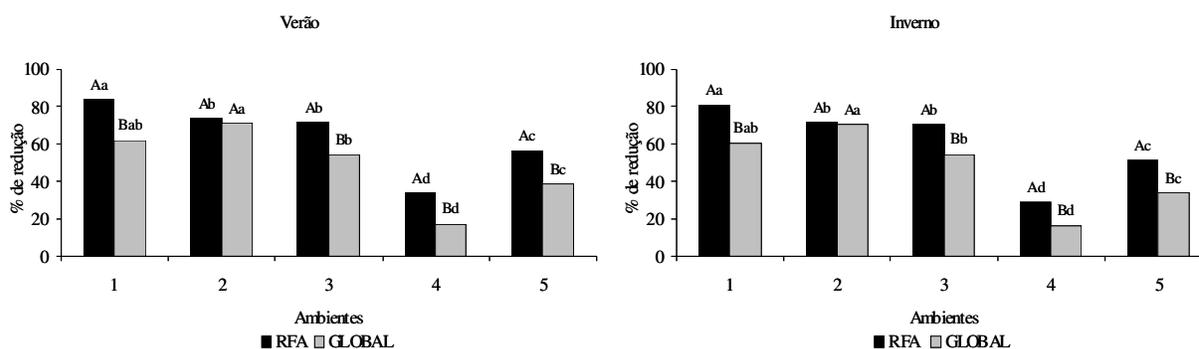


Figura 30 – Médias de redução da radiação RFA e Global das 3 tomadas (9, 12 e 15 horas) e das 2 condições de insolação (céu claro e nublado) durante os experimentos de verão e de inverno em casas de vegetação. Entre ambientes, médias identificadas por letras minúsculas iguais não diferem entre si. Dentro de cada ambiente, médias identificadas por letras maiúsculas iguais não diferem entre si. CV(%): 5,32 (RFA) e 11,01 (Global) no verão e 5,78(RFA) e 16,39 (Global) no inverno.

Diferentemente, para o ambiente A2, de malha preta, este diferencial não é observado, fato também verificado na resposta linear de transmitância da figura 7.

Na comparação entre os ambientes A2 (de malha preta) e A3 (de malha vermelha), ambos de classificação comercial como de 50% de sombreamento, verifica-se pela figura 7, que a malha vermelha atua como filtro até a região dos 570nm, transmitindo e refletindo, a partir desta faixa, cerca de 20% mais radiação que a malha preta.

4.1.7. Períodos de aclimação

Em cada um destes ambientes foram estudados os efeitos dos tratamentos primários, isto é, distintos períodos de aclimação contados a partir da repicagem das bandejas e início do processo de aclimação em cada ambiente, como segue:

P1 - Período 1: 3 semanas contadas a partir da repicagem das bandejas e início do processo de aclimação em cada ambiente. Início da aclimação em 15/12/04 e término em 06/01/05 (experimentos de verão) e 22/06/05 a 13/07/05 (experimentos de inverno), respectivamente;

P2 - Período 2: 6 semanas contadas a partir da repicagem das bandejas e início do processo de aclimação em cada ambiente. Início da aclimação em 15/12/04 e término em 27/01/05 (experimentos de verão) e 22/06/05 a 03/08/05 (experimentos de inverno), respectivamente;

P3 - Período 3: 9 semanas contadas a partir da repicagem das bandejas e início do processo de aclimação em cada ambiente. Início da aclimação em 15/12/04 e término em 17/02/05 (experimentos de verão) e 22/06/05 a 24/08/05 (experimentos de inverno), respectivamente.

4.1.8. Manejo da irrigação e controle fitossanitário

Foram realizadas 2 irrigações diárias com água pura na base de 0,024 L/planta, conforme demonstrativo de cálculo na tabela 3 a partir de dados de oferta do sistema de irrigação e de demanda da planta (ALVES *et al.*, 1997b), sendo feitas, a cada seis delas, fertirrigações alternadas com MAP (monoamôniofosfato), nitrato de cálcio e nitrato de potássio na dosagem de 100 g /100 L de água (BORGES *et al.*, 2000).

Foram também realizados tratamentos fitossanitários preventivos a cada 15 dias com Mancozeb (800 g/kg), na base de 48 g/16 L por meio de pulverizador costal manual e, a cada 7 dias, com Deltametrina (25 g/L) na base de 50 mL/100 L de água por meio do sistema de irrigação.

Tabela 3 – Dados para o cálculo da irrigação por ambiente

Quesito	Dados
Área irrigada pelo sistema (m ²)	6,24
Área cultivada / casa de vegetação (m ²)	2,5
Nº de plantas	576
Oferta do sistema (L/m ² /h)	57,7
Oferta sobre área cultivada (L/m ² /h)	144,2
Oferta por planta (L/h)	0,250
Oferta por planta (L/min)	0,004
Demanda por planta (L/semana)	0,334
Demanda por planta (L/dia)	0,048
Demanda em 2 turnos diários (L)	0,024
Tempo de irrigação por turno (minutos)	6

4.1.9. Variáveis para avaliação

Aos 21 dias (período 1), 42 dias (período 2) e 63 dias (período 3) após o início da aclimatação, das 8 plantas úteis de cada parcela experimental (esquema apresentado na Fig. 4), 3 foram destinadas para avaliação de sobrevivência e desenvolvimento em condições de campo, conforme descrito mais adiante.

Outras 3 foram removidas do substrato por meio de água corrente para a consecução das seguintes determinações físicas:

- 1) AT - altura total da planta, medida (em cm) tomada por trena metálica a partir da base da muda (sem o rizoma) até a extremidade estendida da folha mais recentemente aberta;
- 2) AI - altura de inserção da última folha da planta, medida (em cm) tomada por trena metálica a partir da base da muda (sem o rizoma) até o vértice da bainha da folha mais recentemente aberta;
- 3) DP - diâmetro do pseudocaulo na base da muda, medida (em mm) tomada com auxílio de paquímetro digital Mitutoyo;
- 4) NF - nº de folhas estendidas;
- 5) AF - área foliar. Para a obtenção deste parâmetro foram utilizadas 2 técnicas assim descritas:
 - a) Para os experimentos de verão, todas as folhas de 2 das 8 plantas úteis consideradas foram cuidadosamente retiradas e acondicionadas em embalagens de papel Kraft[®] planas e imediatamente submetidas à aquisição de imagem em “scanner” de mesa, em

formato bmp com resolução de 200 dpi e à aplicação do software SIARCS[®] dedicado à análise computadorizada de imagens digitais de raízes para estimar áreas de sistemas radiculares (JORGE e CRESTANA, 1996) e de área foliar (VIEIRA JR *et al.*, 1998), sendo os resultados expressos em “pixel” e posteriormente transformados em cm².

Também foram obtidas pelo software as dimensões do comprimento e da largura de cada uma das folhas e assim estabelecida relação entre a área determinada e a do retângulo onde ela se insere. Esta técnica da multiplicação das dimensões para a estimativa de área foliar encontra referências em proposituras de MOREIRA (1987).

b) Para os experimentos de inverno, das mesmas folhas consideradas, foram tomadas medidas de comprimento e largura (em cm) e então aplicadas as relações obtidas para a estimativa da área em cm².

6) CR - comprimento das raízes, medida (em cm) tomada do comprimento do sistema radicular estendido sobre bancada, obtida por trena metálica desde a inserção na base da muda (sem o rizoma) até o seu final.

7) massa fresca das porções “parte aérea” (MFPA), “rizomas” (MFRI) e “raízes” (MFRA) obtida por meio de balança Gehaka modelo BG 2000 com precisão de 3 casas decimais e expressa em g.

8) massa seca das porções “parte aérea” (MSPA), “rizomas” (MSRI) e “raízes” (MSRA) obtida pela mesma forma citada no item anterior após secagem em estufa Fanen, modelo 320-SE, a 65°C até peso constante, o que ocorreu de acordo com testes preliminares ao final de 72 horas.

As 2 plantas úteis restantes ficaram destinadas à consecução das seguintes determinações bioquímicas:

a) AST - Extração e quantificação de açúcares solúveis totais. Para tanto foram extraídos 3 discos foliares (na porção mediana da folha) de 1 cm de diâmetro de cada uma destas 2 plantas úteis, sempre na porção mediana da 2ª folha mais recentemente aberta. Após a coleta, estes materiais, acondicionados em “ependorfs” de 2 cm³, foram mantidos sob refrigeração em “freezer” a -18°C até o seu transporte para as dependências do Instituto de Biologia / Unicamp, local de realização das análises, onde foram submetidos inicialmente à liofilização e posteriormente às análises, conforme a metodologia assim descrita.

A fração de açúcares solúveis foi obtida a partir dos discos foliares submetidos à extração tripla em etanol 80% (v/v), por fervura a 60°C, durante 1 hora, segundo o método de McCready *et al.* (1950).

A dosagem dos açúcares solúveis totais foi realizada com 50 µL de extrato em 450 µL de água destilada, 500 µL de fenol 5% e 2 mL H₂SO₄, e a leitura se deu através de determinação colorimétrica a 490 nm, conforme o método de Dubois *et al.* (1956). Todas as dosagens foram realizadas simultaneamente em triplicata e os resultados expressos como a média dos valores obtidos, em mg de glucose/g de massa seca.

b) Determinação do conteúdo de clorofila total (CLT) e de carotenóides (CXC). Estas determinações foram conduzidas nos laboratórios do Departamento de Fisiologia Vegetal do Instituto de Biologia da UNICAMP a partir dos mesmos materiais citados no item anterior.

Para a dosagem de pigmentos, foram colocados 200 µl da mesma amostra submetida a uma extração tripla em etanol 80% (v/v), por fervura a 60°C, durante 1 hora, sendo diluídas com 800 µL de etanol 95%. As análises quantitativas foram baseadas em determinações colorimétricas e equações modificadas de Lichtenthaler (1987) abaixo descritas, sendo as dosagens de clorofila *a* (*Ca*), clorofila *b* (*Cb*) e carotenóides, realizadas simultaneamente. As absorvâncias (*A*) foram determinadas respectivamente em 665, 649 e 470 nm.

$$Ca = 13,95 (A_{665}) - 6,88 (A_{649}); \quad (\text{Eq. 1})$$

$$Cb = 24,96 (A_{649}) - 7,32 (A_{665}); \quad (\text{Eq. 1})$$

$$\text{carotenóides} = (1000(A_{470}) - 2,05 Ca - 114,80 Cb) / 245 \quad (\text{Eq. 3})$$

As concentrações dos pigmentos (clorofilas *a* e *b* e carotenóides), obtidas pela inserção dos valores finais de absorvância nas equações, foram expressas em µg/mL de extrato e os resultados finais em µg de pigmento/mg de massa seca, sendo os valores de clorofila *a* e clorofila *b* somados e expressos como clorofila total (CLT).

Tendo em vista que, para a consecução destas determinações são empregadas técnicas destrutivas e laboriosas, medidas paralelas utilizando o medidor portátil de clorofila SPAD-502 (MINOLTA, 1989) foram efetuadas imediatamente antes da coleta dos discos e exatamente na porção da folha de onde estes foram retirados para a determinação analítica do conteúdo de pigmentos, visando o estabelecimento de correlação entre os resultados. Os

dados foram submetidos a análises de regressão relacionando as concentrações de clorofila obtidas às leituras do equipamento, sendo os coeficientes de correlação testados a 1% de significância.

c) YIELD – Fluorescência da clorofila. Para avaliação da eficiência geral da fotossíntese, durante os 7 dias que antecederam a retirada das mudas nos períodos 1, 2 e 3, foram coletados dados pela mensuração da fluorescência da clorofila sob luz não-saturada com o equipamento "Photosynthesis Yield Analyzer MINI-PAM (Heinz Walz GmabH)". Medidas do valor representado pela equação:

$$\text{YIELD} = (Fm' - F)/Fm' \quad (\text{Eq. 4}),$$

onde F = fluorescência presente e Fm' = fluorescência estimulada pela luz não saturada, foram tomadas de 3 das 8 plantas úteis de cada parcela experimental, sempre na porção mediana da 2ª folha mais recentemente aberta, entre 11:00 e 12:00 horas. Este parâmetro representa o desempenho quântico da efetiva conversão da energia fotoquímica em fotossíntese, conhecido como parâmetro Genty (GENTY, BRIANTAIS e BAKER, 1989).

Previsto para serem conduzidas análises sobre a quantificação de cera foliar epicuticular, testes preliminares foram feitos anteriormente ao início do presente trabalho junto ao Laboratório de Fitoquímica do Departamento de Botânica do Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, a partir de materiais desta cultivar oriundos do Laboratório Multiplanta, pertencentes a diferentes estágios de desenvolvimento, quais sejam:

- a) Amostras de folhas de 8 plântulas ainda na condição *in vitro*, com idade de 4 a 6 semanas, desde a fase do início do enraizamento e prestes a serem transplantadas para meio autotrófico (tratamento denominado *in vitro*);
- b) Amostras de folhas (penúltima folha mais recentemente aberta) de 8 mudas oriundas do estágio anterior e idênticas às utilizadas no presente trabalho e citadas no item 4.1.2 (tratamento denominado pré-aclimatada);
- c) amostras de folhas (penúltima folha mais recentemente aberta) coletadas de 8 mudas da mesma cultivar, oriundas do estágio anterior e aclimatadas por 4 a 6 semanas sob sombreamento de 50% (tratamento denominado aclimatada);
- d) amostras de folhas (penúltima folha mais recentemente aberta) coletadas de 8 mudas da

mesma cultivar, oriundas do estágio anterior e mantidas por mais 20 dias sob condições de luminosidade total (tratamento denominado rustificada).

Assim, a cera foi extraída das 2 faces, adaxial e abaxial, de cada uma das folhas por meio de três imersões consecutivas de 30 segundos em clorofórmio (SILVA FERNANDES, BAKER e MARTIN, 1964). Os extratos clorofórmicos foram reunidos e concentrados sob pressão reduzida em frasco de peso conhecido e colocados em um dessecador contendo sílica, após o que foram pesados. Após a extração, cada folha teve sua área determinada conforme metodologia citada no item 4.1.9.5a. Uma vez determinada a área foliar (das 2 faces), a quantificação da cera foi calculada pela relação massa de cera/área foliar, cujas médias encontram-se na figura 1 do apêndice.

A análise dos dados foi efetuada através do programa estatístico SANEST - Sistema de Análise Estatística para Microcomputadores (ZONTA, MACHADO e SILVEIRA JR. 1984) sob o delineamento experimental “Inteiramente Casualizado” com quatro tratamentos (fases) e 8 repetições, sendo submetidos a análise de variância e as médias dos valores dos parâmetros avaliados entre os tratamentos, comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Muito embora a análise dos resultados permita afirmar que o conteúdo de cera epicuticular presente nas folhas de bananeira cv. Grande Naine decresce significativamente à medida que a planta se desenvolve, tal tendência contraria as citações de Sandoval, Müller e Weberling (1994), apesar das metodologias de detecção terem sido diferentes. Este fato, aliado ao elevado coeficiente de variação verificado (43,4%) e ainda maiores em testes anteriores, sugeriram, na época, cautela na indicação desta metodologia na avaliação do material.

Na busca por outra metodologia, na 1ª avaliação de verão (P1), foram coletadas folhas (2ª mais recentemente aberta) de 2 plantas de bordadura por parcela e remetidas em frascos de vidro para avaliação por microscopia no Departamento de Botânica do Instituto de Biologia da UNICAMP. Não foram encontradas diferenças entre os materiais, indicando, nas condições do presente trabalho, não se tratar de ferramenta efetiva para avaliação.

Assim, muito embora de grande importância, por falta de definição de metodologia que se adequasse às presentes condições, este parâmetro não foi incluído no trabalho.

4.2. Experimentos em campo

Os experimentos foram também instalados na área do campo experimental da Faculdade de Engenharia Agrícola (FEAGRI) da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) em local anexo aos experimentos anteriores. O material vegetal utilizado para avaliação dos métodos foi constituído de plantas úteis e respectivas bordaduras retiradas dos ambientes A1 a A5.

O solo nas proximidades do local dos experimentos é o do tipo Latossolo Roxo, apresentando parâmetros de fertilidade conforme tabela 4, obtida a partir de resultados da análise fornecidos pelo Instituto Campineiro de Análise de Solo e Adubo S/C Ltda.

Tabela 4 – Resultados de análise de solo dos experimentos de campo

Indicador	Resultados
pH (CaCl ₂)	4,9
MO (g/dm ³)	44
P res (mg/dm ³)	18,0
K (mmolc/dm ³)	6,8
Ca (mmolc/dm ³)	68
Mg (mmolc/dm ³)	20
H+Al (mmolc/dm ³)	47
Al (mmolc/dm ³)	1
SB (mmolc/dm ³)	94,9
CTC (mmolc/dm ³)	141,9
V%	66,8
Rel. Ca/Mg	3,40
Rel. Mg/K	2,94

Foram então instalados 3 experimentos seguindo o delineamento experimental de blocos ao acaso com 5 tratamentos (ambientes) e 8 blocos, com cada parcela experimental composta de 15 plantas, sendo as 3 centrais consideradas úteis, conforme segue:

C1 - Campo 1, constituído somente de plantas integrantes do P1, isto é, aquelas que foram submetidas ao período de 3 semanas de aclimação nos diferentes ambientes. Plantio em 07/01/05 (Figura 31) e avaliação aos 49 dias, em 25/02/05 para os experimentos de verão. Para os de inverno, as datas foram 15/07/05 e 02/09/05, respectivamente;

C2 - Campo 2, somente com plantas oriundas do P2 (6 semanas). Plantio em 28/01/05 e avaliação aos 49 dias, em 18/03/05 para os experimentos de verão. Para os de inverno, as datas foram 05/08/05 e 23/09/05, respectivamente;

C3 - Campo 3, somente com plantas oriundas do P3 (9 semanas). Plantio em 18/02/05 e avaliação aos 49 dias em 08/04/05 para os experimentos de verão. Para os de inverno, as datas foram 26/08/05 e 14/10/05, respectivamente.



Figura 31 – Mudas do período 1 do verão, recém plantadas para avaliação em campo.

Assim, cada experimento de campo, com dimensões de 23 m de comprimento por 5 m de largura, apresentou 40 parcelas experimentais envolvendo 440 plantas, sendo 120 consideradas úteis. O espaçamento utilizado foi de 0,5 m entre plantas e 1,0 m entre blocos. Na escolha deste espaçamento foi levada em consideração a menor distância possível entre plantas, sem que houvesse riscos de competição e/ou sombreamento durante o período considerado e a facilidade de trânsito entre as plantas e blocos para fins de manejo.

O plantio foi efetuado em covas com dimensões de 15 cm x 15 cm sem qualquer tipo de adubação, visto o breve período para avaliação. O controle de invasoras foi feito por meio de 2 capinas manuais durante o período considerado, não tendo sido utilizado controle químico a fim de evitar-se eventuais interações de sua ação sobre plantas originárias de diferentes ambientes e com diferentes características.

4.2.1. Manejo da irrigação e controle fitossanitário

O sistema de irrigação dos experimentos de campo foi composto pelo mesmo conjunto moto-bomba já citado, apenas com derivação por meio de registro para a área-alvo. Cada um dos Experimento de campos recebeu linha específica acionada por registros independentes, compostas por oito micro-aspersores modelo Hadar 7110, rotor médio, bocal de 1,8 mm e vazão de 167 L/h. A lâmina média diária aplicada em cada Experimento de campo foi de 12mm, dividida em 2 turnos de 30 minutos.

Foram também realizados tratamentos fitossanitários preventivos a cada 15 dias com Mancozeb (800 g/kg) na base de 48 g/16 L por meio de pulverizador costal manual e a cada 7 dias com Deltametrina (25 g/L) na base de 50 mL/100 L de água por meio do sistema de irrigação.

4.2.2. Variáveis para avaliação

Aos 49 dias (7 semanas), prazo suficiente para o estabelecimento das plantas em campo (MENEGUCCI ¹), a partir das 3 plantas úteis centrais de cada parcela, foram tomadas as seguintes determinações físicas:

- 1) AT - altura total da planta, medida (em cm) tomada por trena metálica a partir da base da muda (sem o rizoma) até a extremidade estendida da folha mais recentemente aberta;
- 2) AI - altura de inserção da última folha da planta, medida (em cm) tomada por trena metálica a partir da base da muda (sem o rizoma) até o vértice da bainha da folha mais recentemente aberta;
- 3) DP - diâmetro do pseudocaulo na base da muda, medida (em mm) tomada com auxílio de paquímetro digital Mitutoyo;
- 4) NF - nº de folhas expandidas;
- 5) AF - área foliar. Para a obtenção desta variável, foram utilizadas 2 técnicas assim descritas:
 - a) Para os experimentos de verão, todas as folhas de 1 das 3 plantas úteis consideradas foram cuidadosamente retiradas e acondicionadas em embalagens de papel Kraft[®] planas e

¹ MENEGUCCI, JOÃO LUIZ DE PALMA, Eng^o Agr^o, Dr. - Embrapa Transferência de Tecnologia. Goiânia/GO. Comunicação pessoal em 09/03/2004.

imediatamente submetidas à aquisição de imagem em “scanner” de mesa seguindo metodologias anteriormente descritas.

Também foram obtidas pelo software as dimensões do comprimento e da largura de cada uma das folhas e assim estabelecida relação entre a área determinada e a do retângulo onde ela se insere.

b) Para os experimentos de inverno, foram tomadas medidas do comprimento e largura (em cm) de todas as folhas das 3 plantas úteis consideradas e então aplicadas as relações obtidas para a estimativa da área em cm².

6) MFPA - massa fresca da parte aérea obtida por meio de balança Gehaka modelo BG 2000 com precisão de 3 casas decimais e expressa em g.

7) MSPA - massa seca da parte aérea obtida pela mesma forma citada no item anterior após secagem em estufa Fanen modelo 320-SE a 65°C até peso constante, o que ocorreu de acordo com testes preliminares ao final de 72 horas.

Igualmente aos experimentos em casas de vegetação foram também conduzidas as análises para extração e quantificação de açúcares solúveis totais, determinação do conteúdo de pigmentos fotossintéticos e da fluorescência da clorofila seguindo metodologias idênticas a citadas anteriormente.

Descartou-se a continuidade das observações até a fase de produção em função dos inúmeros outros fatores ambientais que poderiam mascarar os efeitos havidos durante a aclimação das mudas, objeto do trabalho, e da considerável área experimental requerida (aproximadamente 1 ha), de difícil manutenção das mesmas condições ambientais a todos os tratamentos.

4.3. Análise dos resultados

As análises estatísticas foram conduzidas utilizando o pacote estatístico SAS – versão 8.0 (SAS, 2002). Nos experimentos em casas vegetação, estas foram efetuadas em

grupo na forma conjunta envolvendo os 5 ambientes, sendo os resultados submetidos à ANOVA de acordo com quadro geral da análise da variância apresentado na tabela 5 e as médias dos valores dos parâmetros avaliados entre os tratamentos comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, desde que comprovada a homogeneidade de variâncias pelo teste de Levene a 5% de probabilidade. Nos casos de rejeição desta hipótese, as comparações foram efetuadas, com os erros próprios, por intervalos de confiança das médias.

Tabela 5 – Quadro da análise conjunta da variância dos experimentos em casas de vegetação.

Causa de Variação	Graus de liberdade		
	Geral	Dentro de períodos	Dentro de ambientes
Ambientes	4	4	
Blocos	35		7
Períodos	2		2
Ambientes*Períodos	8		
Resíduo	70	35	14
Total	119	39	23

Nos experimentos de campo, igualmente ao modelo adotado para as casas de vegetação, estas também foram efetuadas em grupo na forma conjunta envolvendo os 5 ambientes, sendo os resultados submetidos à ANOVA de acordo com quadro geral da análise da variância apresentado na tabela 6 e as médias dos valores dos parâmetros avaliados entre os tratamentos comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, desde que comprovada a homogeneidade de variâncias pelo teste de Levene a 5% de probabilidade. Nos casos de rejeição desta hipótese, as comparações foram efetuadas, com os erros próprios, por intervalos de confiança das médias.

Tabela 6 – Quadro da análise conjunta da variância dos experimentos em campo.

Causa de Variação	Graus de liberdade		
	Geral	Dentro de campos	Dentro de ambientes
Ambientes	4	4	
Blocos	21	7	7

Campos	2		2
Ambientes*Campos	8		
Resíduo	84	28	14
Total	119	39	23

Em face do considerável número de parâmetros com resultados por vezes variáveis entre si, visando uma avaliação geral que contemplasse a todos, posteriormente os tratamentos receberam pontuações conforme a ordenação hierárquica de desempenho. Para tanto, foi considerada classificação semelhante à empregada por Caliari e Silva (2001), fundamentada nos valores estatísticos (classificação estatística). A pontuação, exemplificada na tabela 7, foi representada, dentro de cada avaliação, pelo somatório das pontuações positivas ou nulas (número de tratamentos estatisticamente inferiores) com as negativas ou nulas (número de tratamentos estatisticamente superiores), isto é, o balanço entre o número de tratamentos estatisticamente inferiores e o número de tratamentos estatisticamente superiores. O somatório dos valores obtidos em todas as avaliações constituiu a pontuação parcial do tratamento em cada período estudado. A pontuação total resultou do somatório das pontuações parciais.

Para facilitar o entendimento, a tabela 7 exemplifica uma situação hipotética desta classificação envolvendo apenas 2 parâmetros, pontuando resultados obtidos em casas de vegetação e em campo.

Tabela 7 - Classificação estatística: exemplo hipotético das pontuações parciais (soma das pontuações obtidas por período de aclimação) e total (soma das pontuações parciais) atribuídas aos tratamentos.

Pe-	Am-	Experimentos em casas de vegetação	Experimentos em campo	Pont.
-----	-----	------------------------------------	-----------------------	-------

río- do	bien- te	Parâmetro x		Parâmetro y		Pont.	Parâmetro x		Parâmetro y		Pont.	Total
		Clas.	Pont.	Clas.	Pont.	Parcial	Clas.	Pont.	Clas.	Pont.	Parcial	
1	1	a	3-0=+3	a	2-0=+2	+5	a	2-0=+2	a	2-0=+2	+4	+9
	2	ab	1-0=+1	ab	1-0=+1	+2	b	0-1=-1	a	2-0=+2	+1	+3
	3	b	1-1= 0	abc	0-0= 0	0	b	0-1=-1	a	2-0=+2	+1	+1
	4	c	0-3=-3	bc	0-1=-1	-4	ab	0-0= 0	c	0-4=-4	-4	-8
	5	bc	0-1= -1	c	0-2=-2	-3	ab	0-0= 0	b	1-3=-2	-2	-2
2	1	a	3-0=+3	b	0-3=-3	0	ab	0-0= 0	ab	1-0=+1	+1	+1
	2	bc	0-1=-1	ab	0-0=0	-1	a	2-0=+2	a	3-0=+3	+5	+4
	3	ab	1-0=+1	a	1-0=1	0	ab	0-0= 0	bc	0-1=-1	-1	-1
	4	c	0-2=-2	a	1-0=1	-1	b	0-1=-1	c	0-2=-2	-3	-4
	5	bc	0-1=-1	a	1-0=1	0	b	0-1=-1	bc	0-1=-1	-2	-2
3	1	a	4-0=4	b	0-1=-1	+3	a	0-0= 0	ab	0-0= 0	0	+3
	2	bc	0-1=-1	b	0-1=-1	-2	a	0-0= 0	a	1-0=+1	+1	-1
	3	b	1-1= 0	b	0-1=-1	-1	a	0-0= 0	ab	0-0= 0	0	-1
	4	c	0-2=-2	a	3-0=+3	+1	a	0-0= 0	b	0-1=-1	-1	0
	5	bc	0-1=-1	ab	0-0= 0	-1	a	0-0= 0	ab	0-0= 0	0	-1

5. RESULTADOS

A análise e interpretação dos dados das variáveis físicas e bioquímicas foram feitas separadamente entre os experimentos de verão e de inverno, tanto em casas de vegetação como em campo. A comparação entre os resultados destas duas épocas, muito embora os resultados estarem apresentados lado a lado, não foi alvo de interpretações estatísticas por não serem objeto do presente estudo.

Assim, individualmente por época, a análise conjunta dos experimentos em casas de vegetação e em campo possibilitou a comparação múltipla dos resultados entre ambientes (dentro de cada período), onde médias identificadas por letras minúsculas iguais não diferiram entre si. Por outro lado, entre períodos (dentro de cada ambiente), médias identificadas por letras maiúsculas iguais não diferiram entre si. Em ambas as situações, para a comparação das médias, aplicou-se o teste de Tukey a 5% de probabilidade, exceto nos casos onde não houve homogeneidade das variâncias, hipótese rejeitada pelo teste de Levene ($p < 0,05$) apresentado nas tabelas 1 e 2 do Apêndice. Nestes casos, as comparações foram feitas por meio de intervalos de confiança.

Nas figuras 32 a 48 são apresentados os resultados obtidos, cada uma envolvendo uma variável e, para facilidade de visualização e posterior interpretação, apresentando todas as situações: experimentos de verão em casas de vegetação (gráficos identificados com a letra A), de inverno em casas de vegetação (gráficos identificados com a letra B), de verão em campo (gráficos identificados com a letra C) e de inverno em campo (gráficos identificados com a letra D). Excepcionalmente, para variáveis estudadas somente nos experimentos em casas de vegetação, como comprimento de raízes e massas fresca e seca de rizomas e de raízes, são apresentadas figuras contendo apenas os gráficos identificados com as letras A e B.

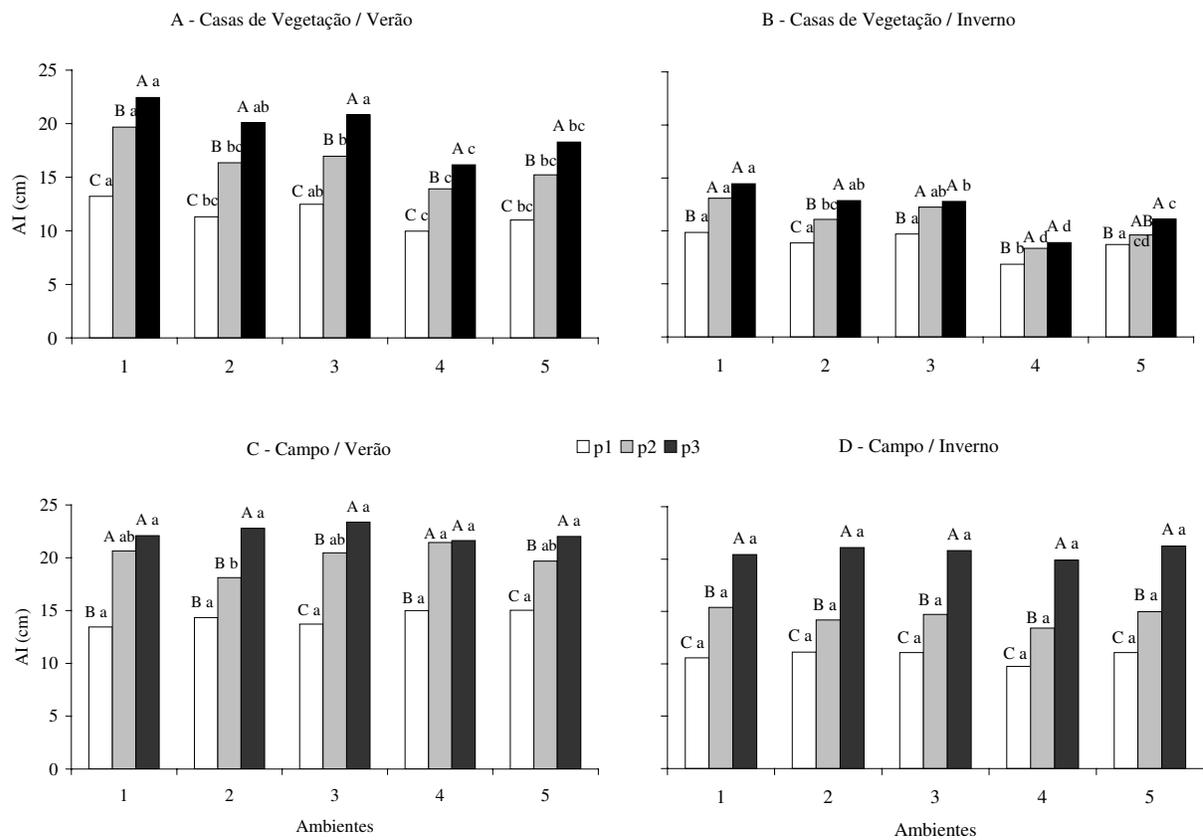


Figura 32 – Altura de inserção (AI) da última folha mais recentemente aberta de plantas obtidas sob diferentes ambientes e períodos de aclimação em condições de verão (A) e de inverno (B) e respectivos desenvolvimentos em condições de campo (C e D).

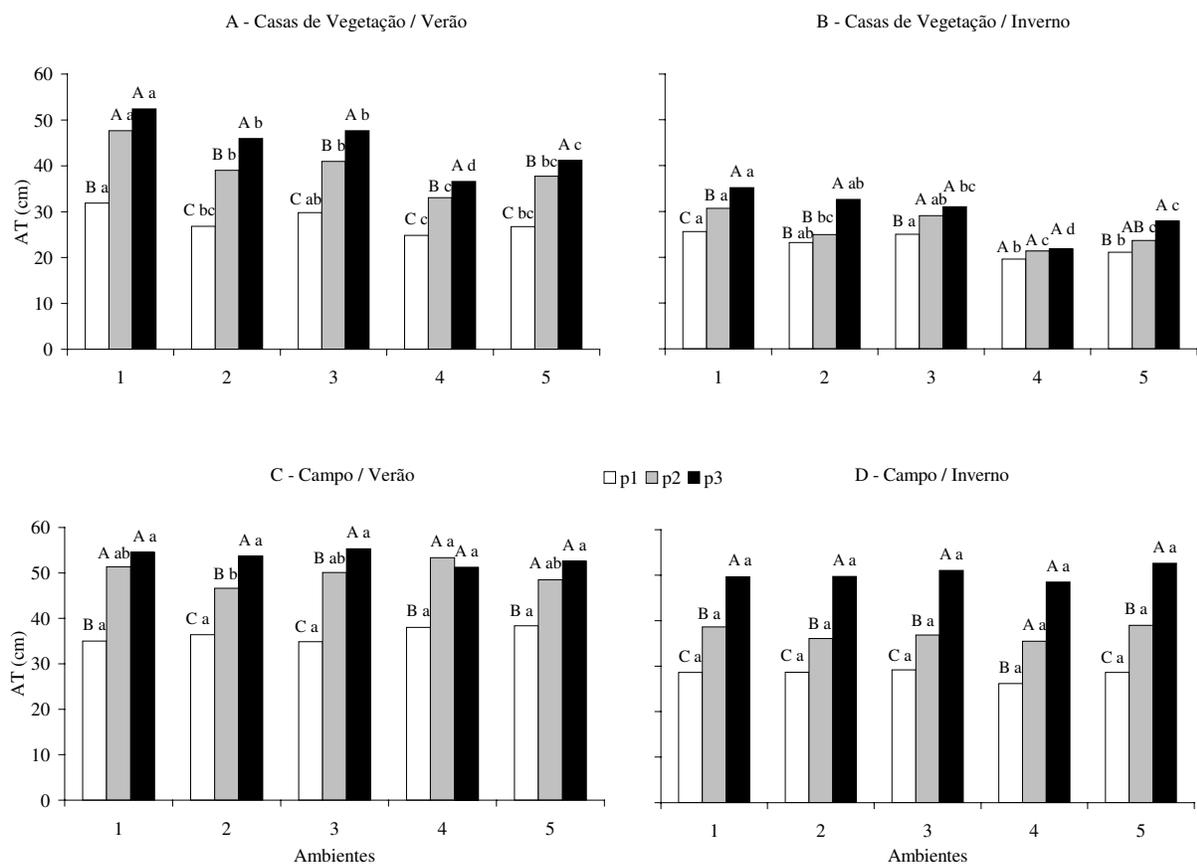


Figura 33 – Altura total (AT) de plantas obtidas sob diferentes ambientes e períodos de aclimação em condições de verão (A) e de inverno (B) e respectivos desenvolvimentos em condições de campo (C e D).

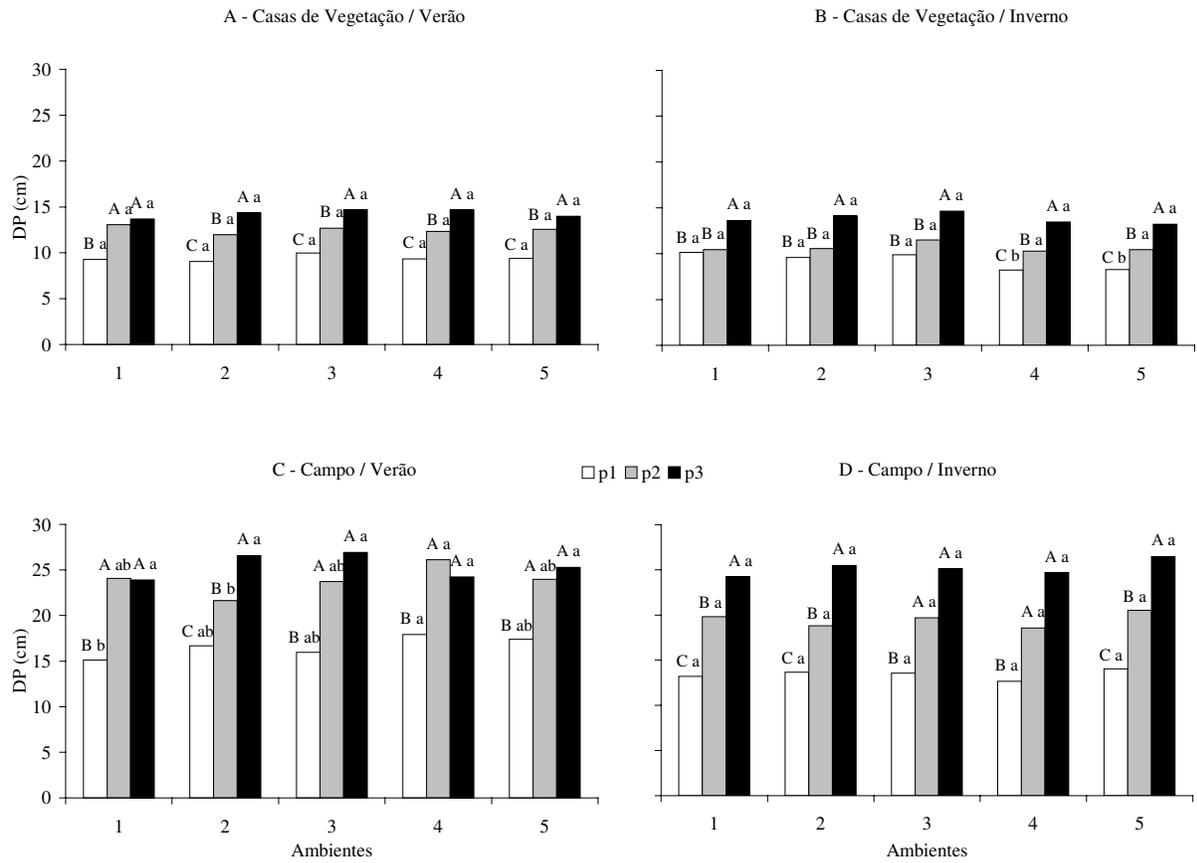


Figura 34 – Diâmetro do pseudocaule (DP) de plantas sob diferentes ambientes e períodos de aclimação em condições de verão (A) e de inverno (B) e respectivos desenvolvimentos em condições de campo (C e D).

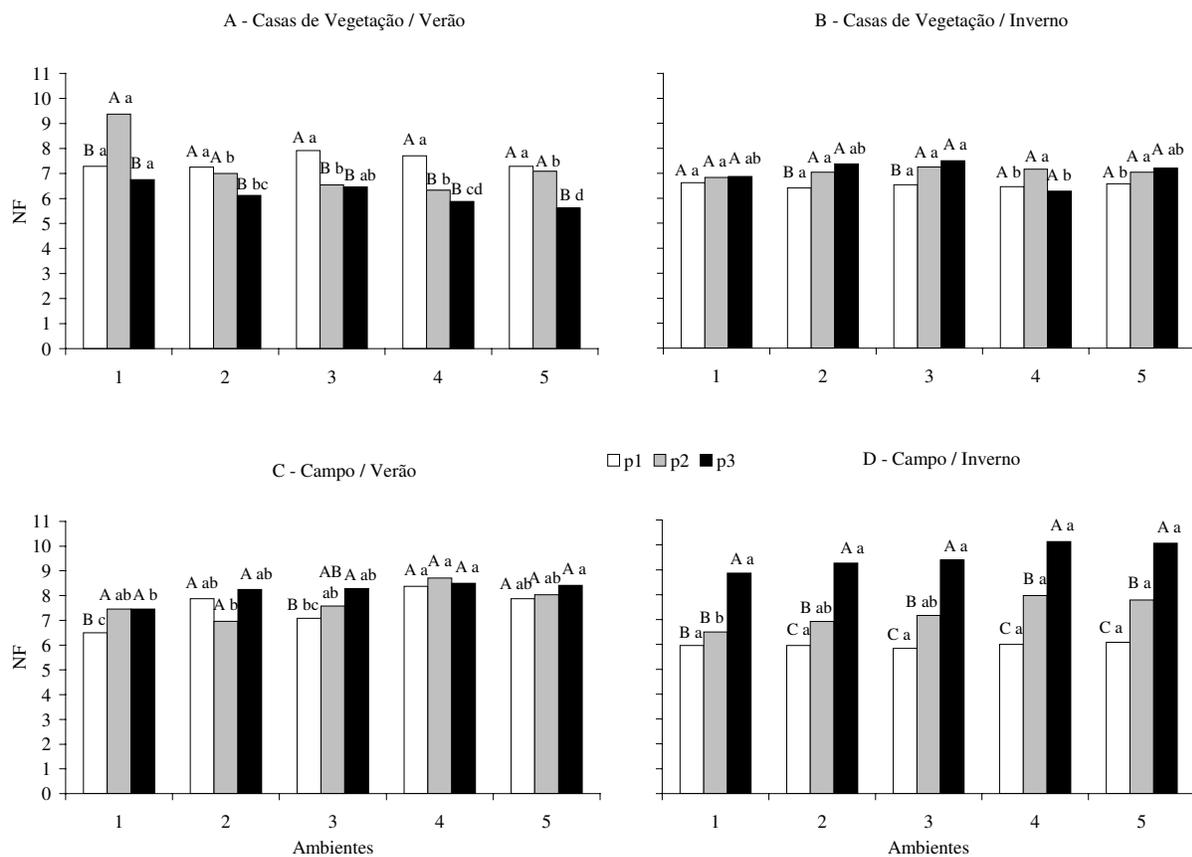


Figura 35 – Número de folhas (NF) completamente expandidas de plantas sob diferentes ambientes e períodos de aclimação em condições de verão (A) e de inverno (B) e respectivos desenvolvimentos em condições de campo (C e D).

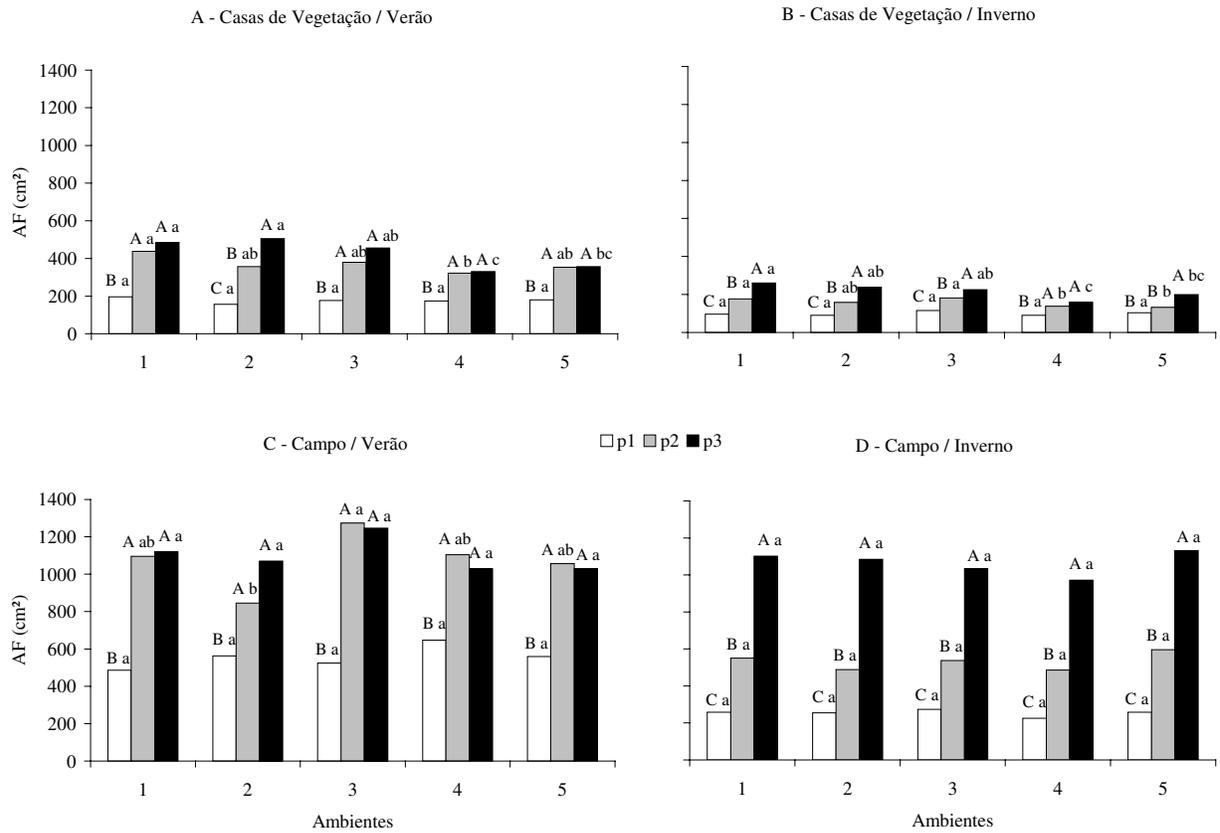


Figura 36 – Área foliar (AF) de plantas obtidas sob diferentes ambientes e períodos de aclimação em condições de verão (A) e de inverno (B) e respectivos desenvolvimentos em condições de campo (C e D).

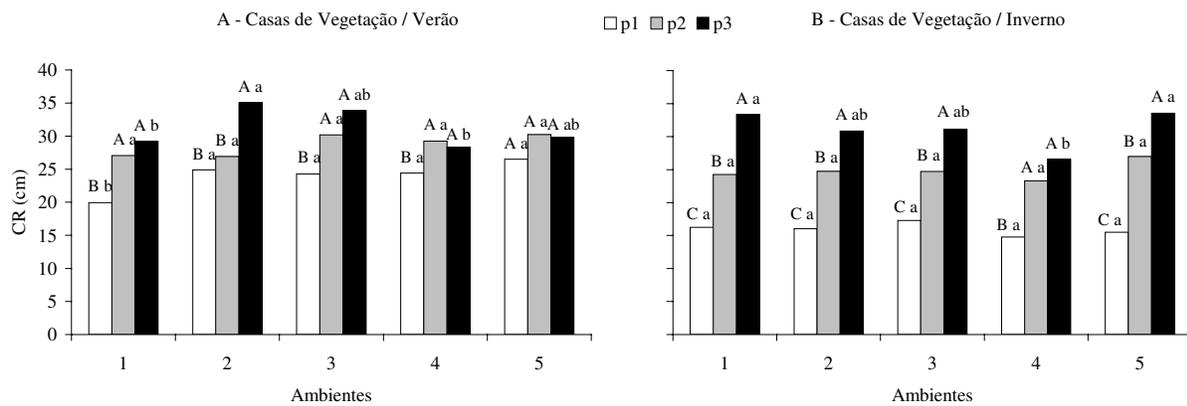


Figura 37 – Comprimento de raízes (CR) de plantas sob diferentes ambientes e períodos de aclimação em condições de verão (A) e de inverno (B).

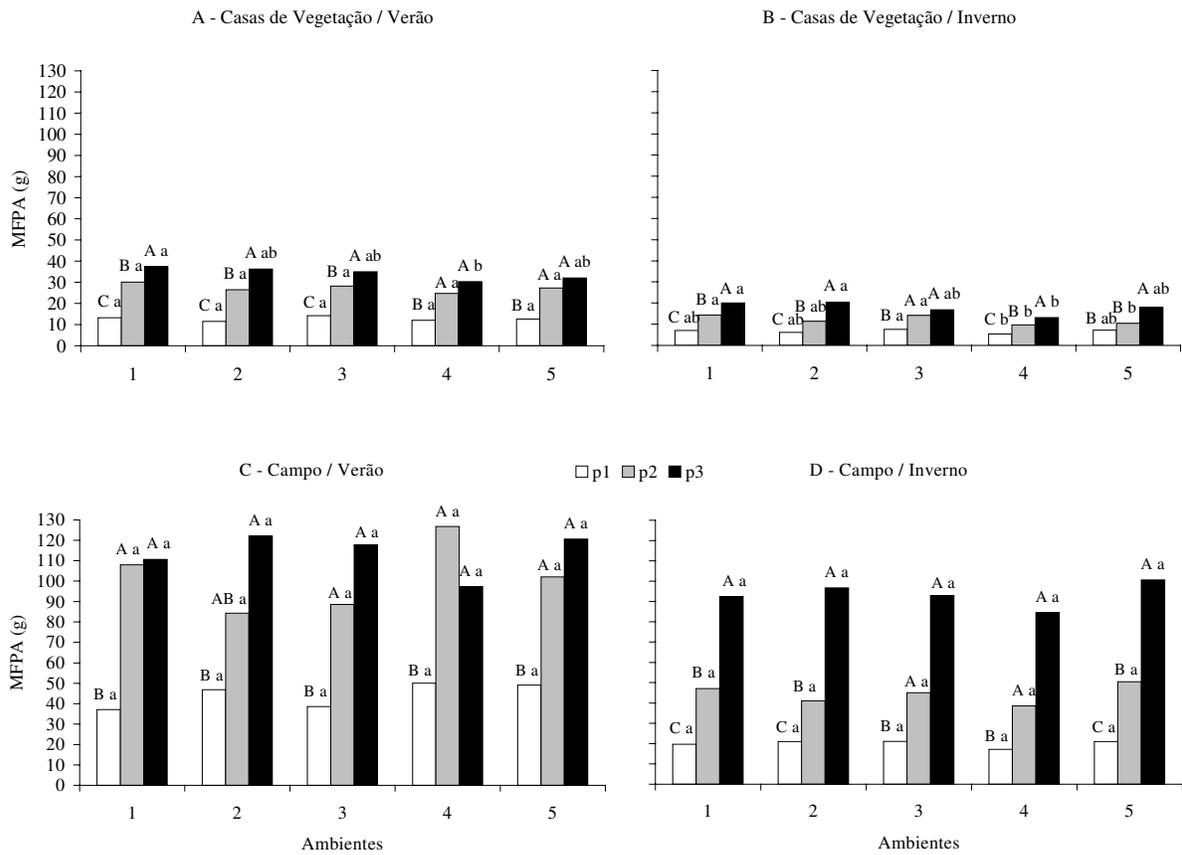


Figura 38 – Massa fresca da parte aérea (MFPA) de plantas obtidas sob diferentes ambientes e períodos de aclimação em condições de verão (A) e de inverno (B) e respectivos desenvolvimentos em condições de campo (C e D).

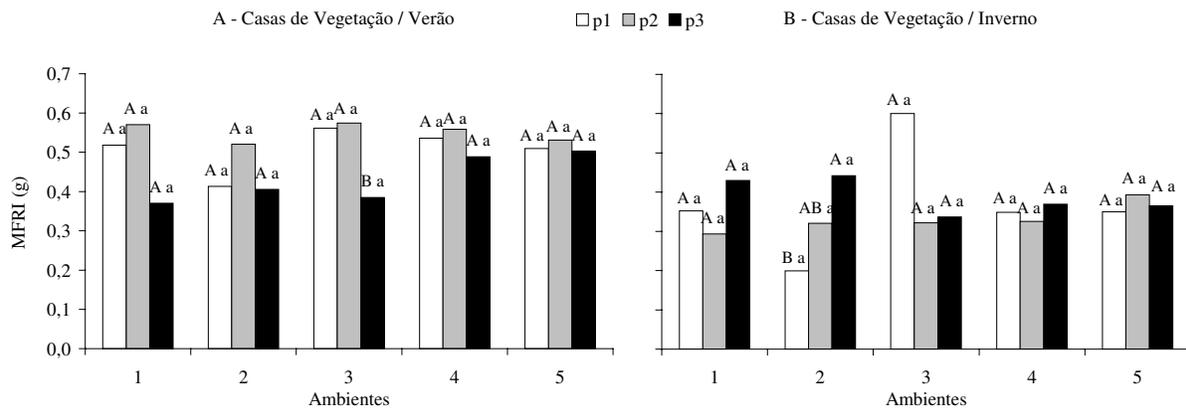


Figura 39 – Massa fresca de rizomas (MFRI) de plantas sob diferentes ambientes e períodos de aclimação em condições de verão (A) e de inverno (B).

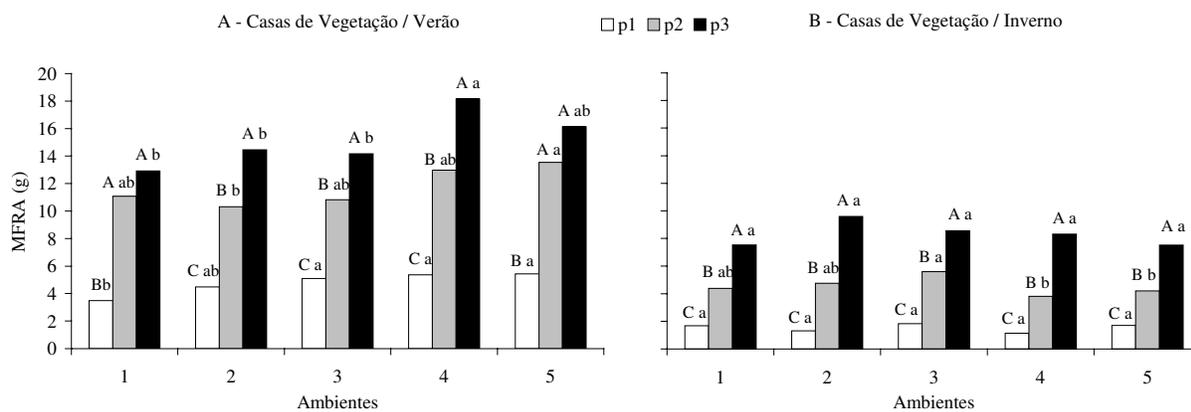


Figura 40 – Massa fresca de raízes (MFRA) de plantas sob diferentes ambientes e períodos de aclimação em condições de verão (A) e de inverno (B).

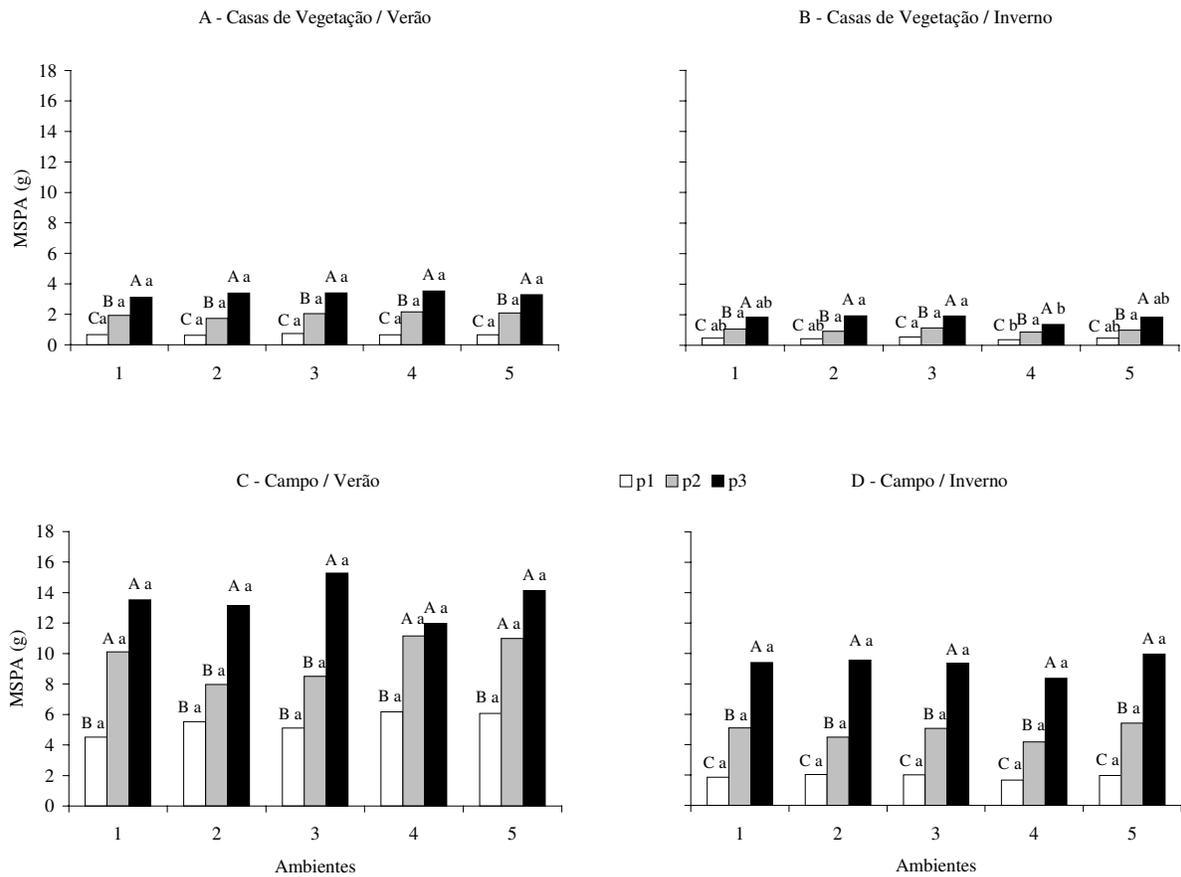


Figura 41 – Massa seca da parte aérea (MSPA) de plantas obtidas sob diferentes ambientes e períodos de aclimação em condições de verão (A) e de inverno (B) e respectivos desenvolvimentos em condições de campo (C e D).

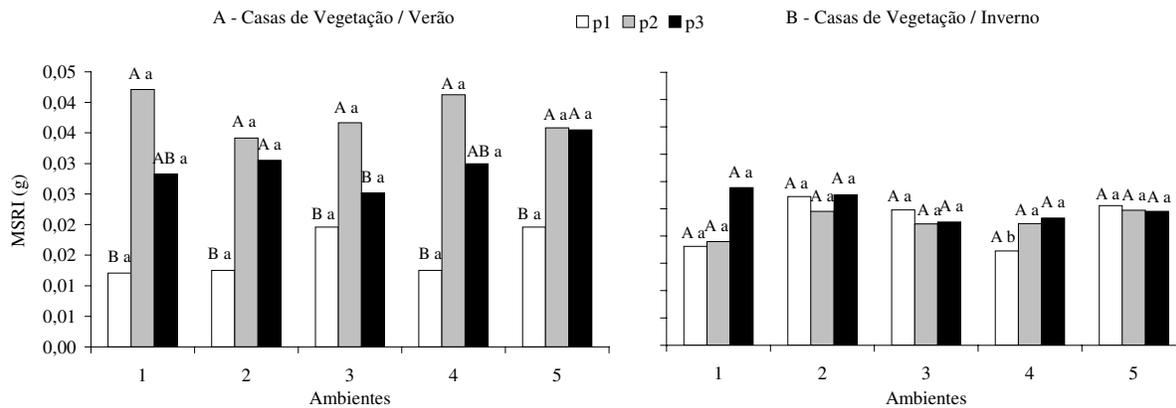


Figura 42 – Massa seca de rizomas (MSRI) de plantas sob diferentes ambientes e períodos de aclimação em condições de verão (A) e de inverno (B).

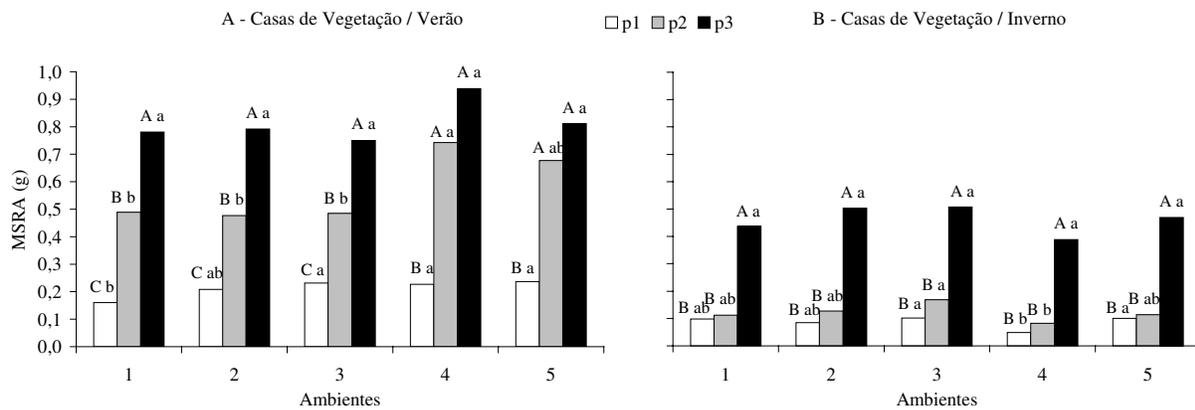


Figura 43 – Massa seca de raízes (MSRA) de plantas sob diferentes ambientes e períodos de aclimação em condições de verão (A) e de inverno (B).

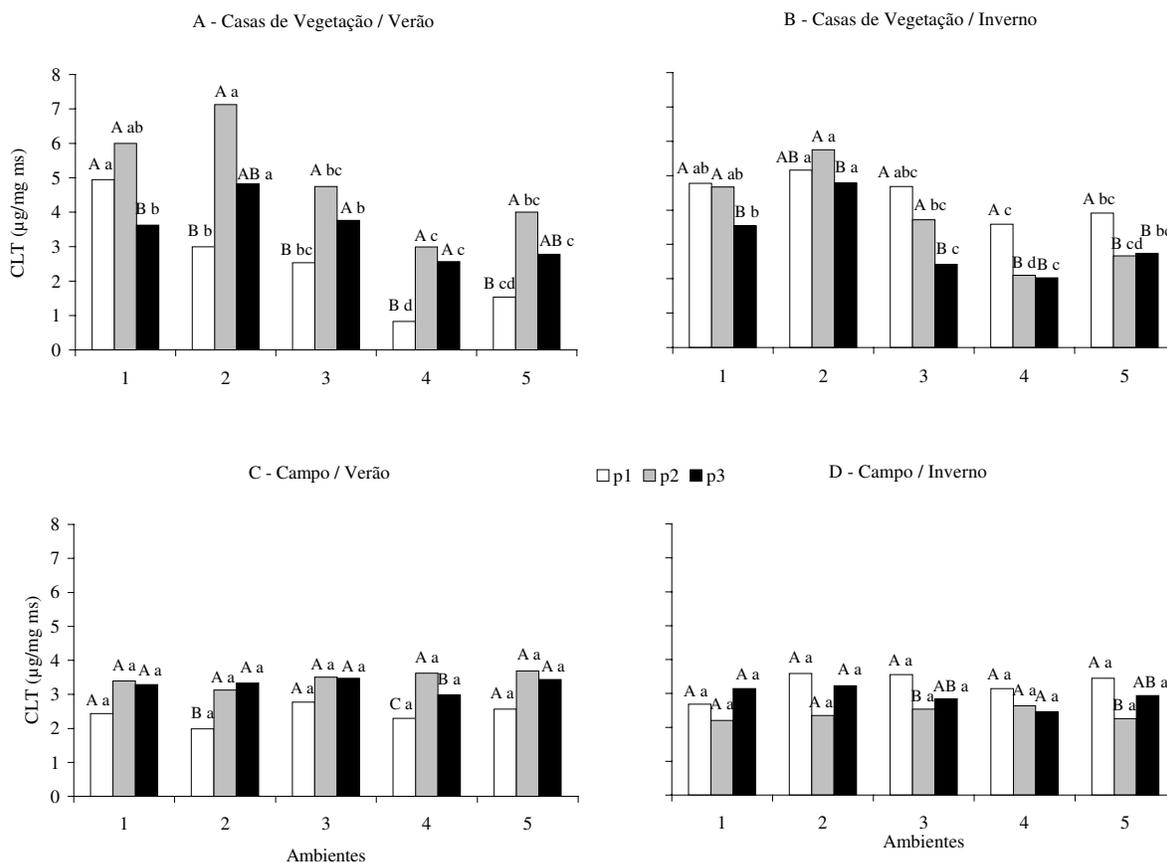


Figura 44 – Quantificação de clorofila total (CLT) em folhas de plantas obtidas sob diferentes ambientes e períodos de aclimação em condições de verão (A) e de inverno (B) e respectivos desenvolvimentos em condições de campo (C e D).

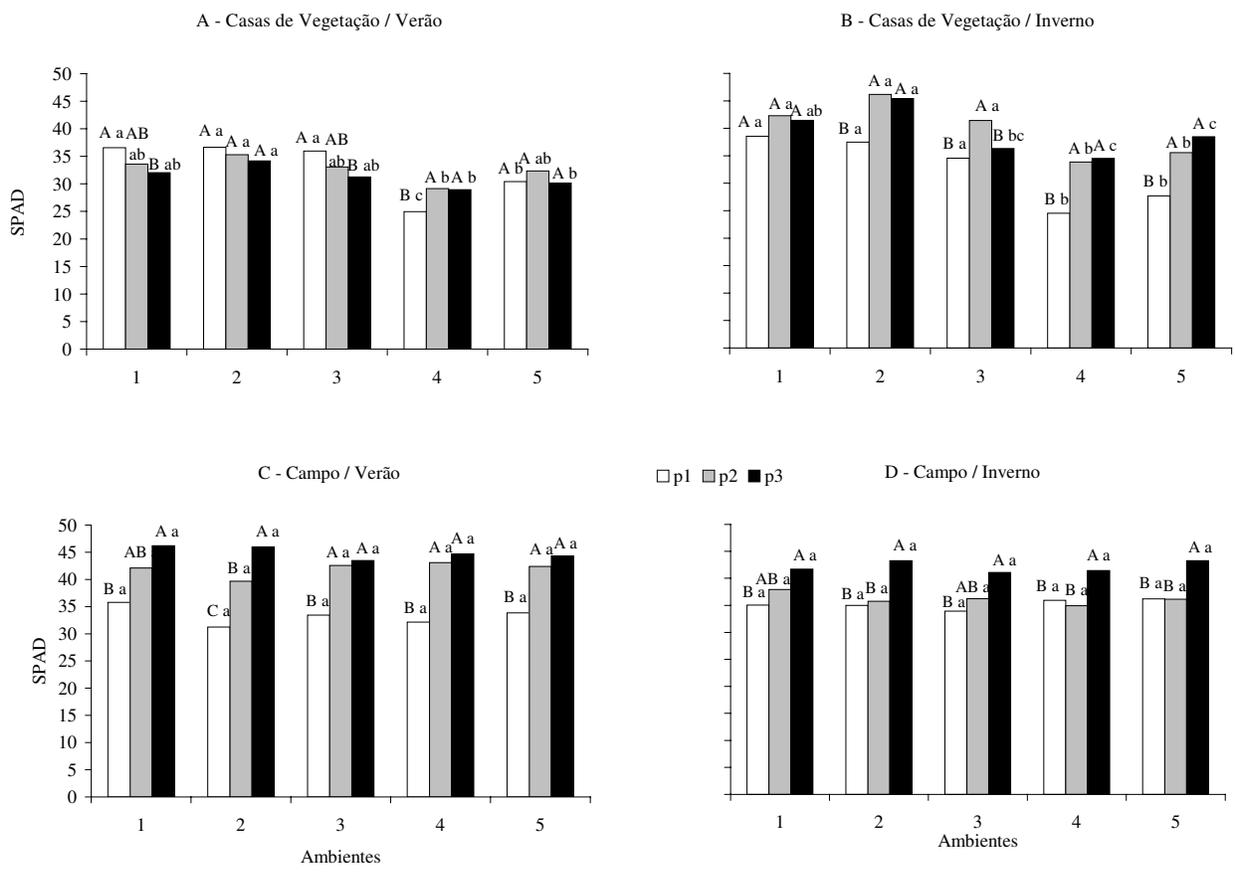


Figura 45 – Leitura SPAD em folhas de plantas obtidas sob diferentes ambientes e períodos de aclimação em condições de verão (A) e de inverno (B) e respectivos desenvolvimentos em condições de campo (C e D).

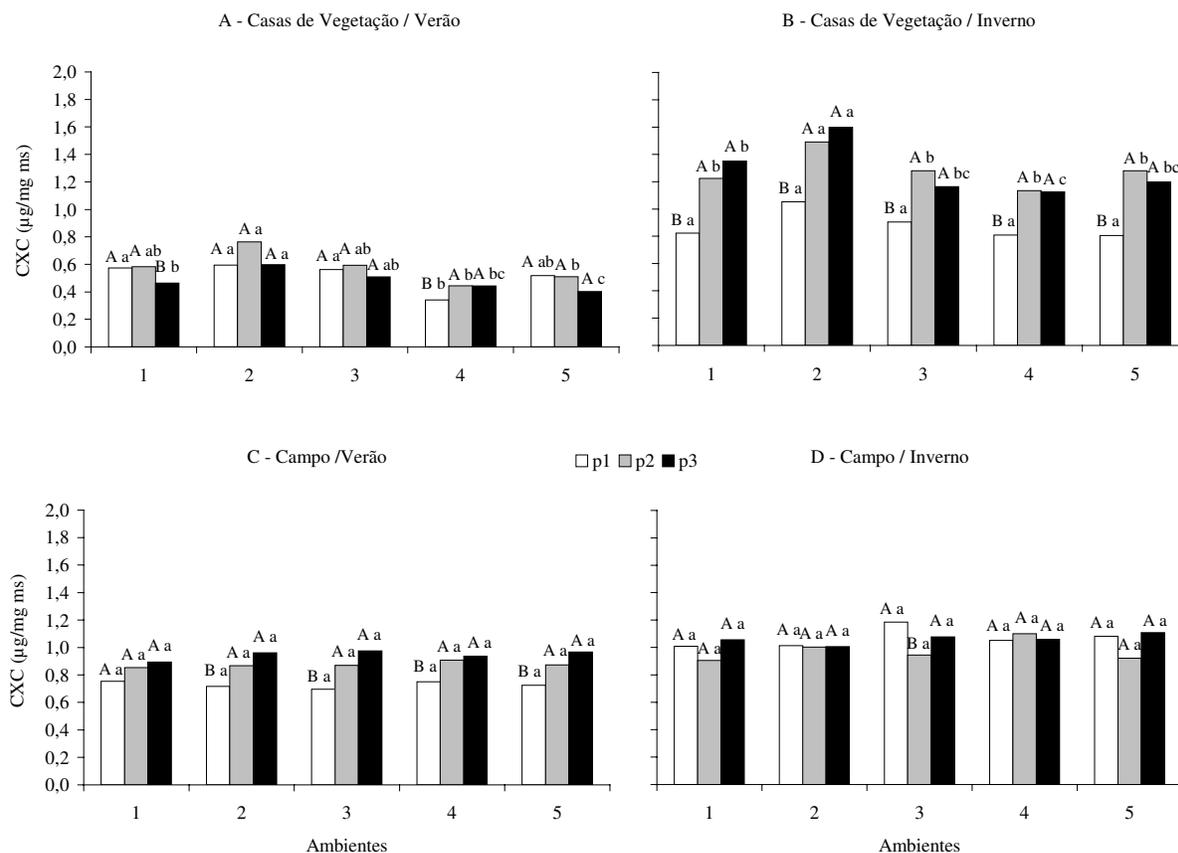


Figura 46 – Quantificação de carotenóides (CXC) e outros pigmentos em folhas de plantas obtidas sob diferentes ambientes e períodos de aclimação em condições de verão (A) e de inverno (B) e respectivos desenvolvimentos em condições de campo (C e D).

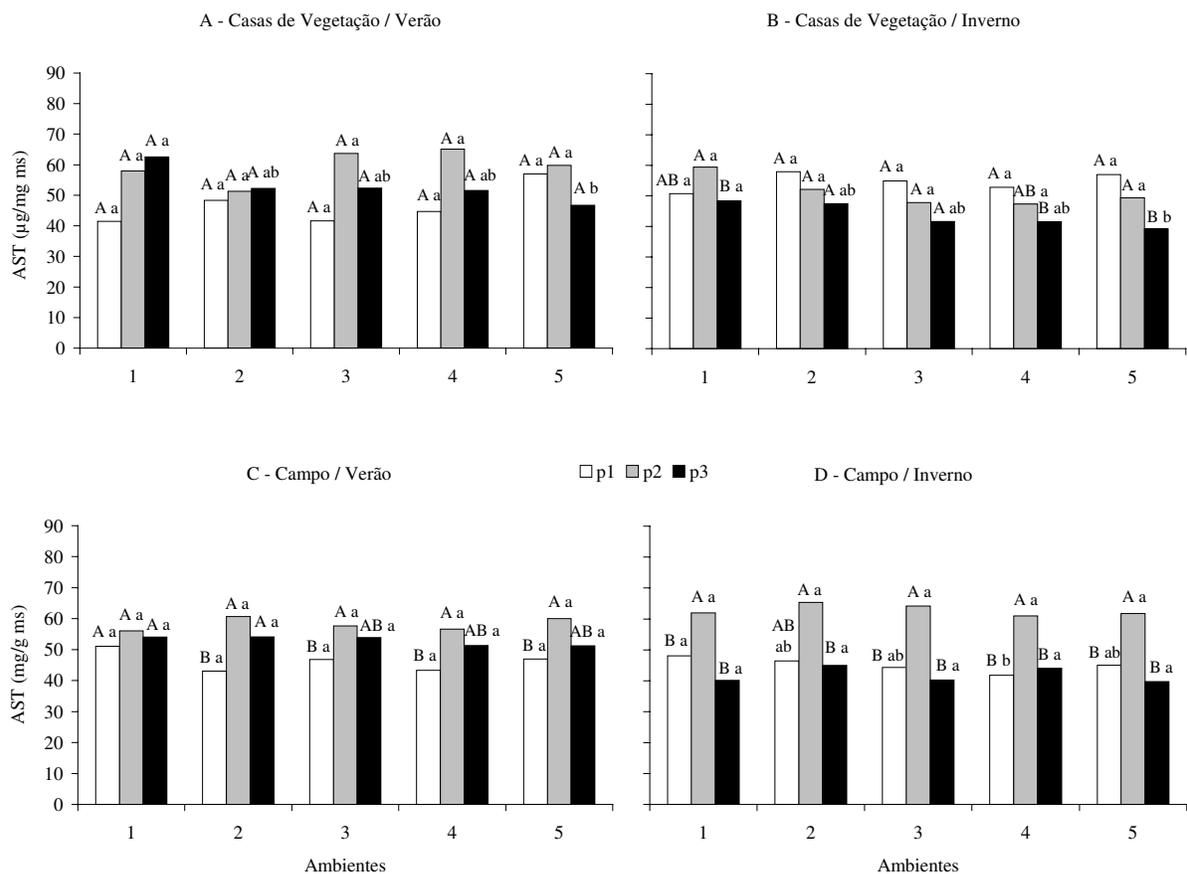


Figura 47 – Quantificação de açúcares solúveis totais (AST) em folhas de plantas obtidas sob diferentes ambientes e períodos de aclimação em condições de verão (A) e de inverno (B) e respectivos desenvolvimentos em condições de campo (C e D).

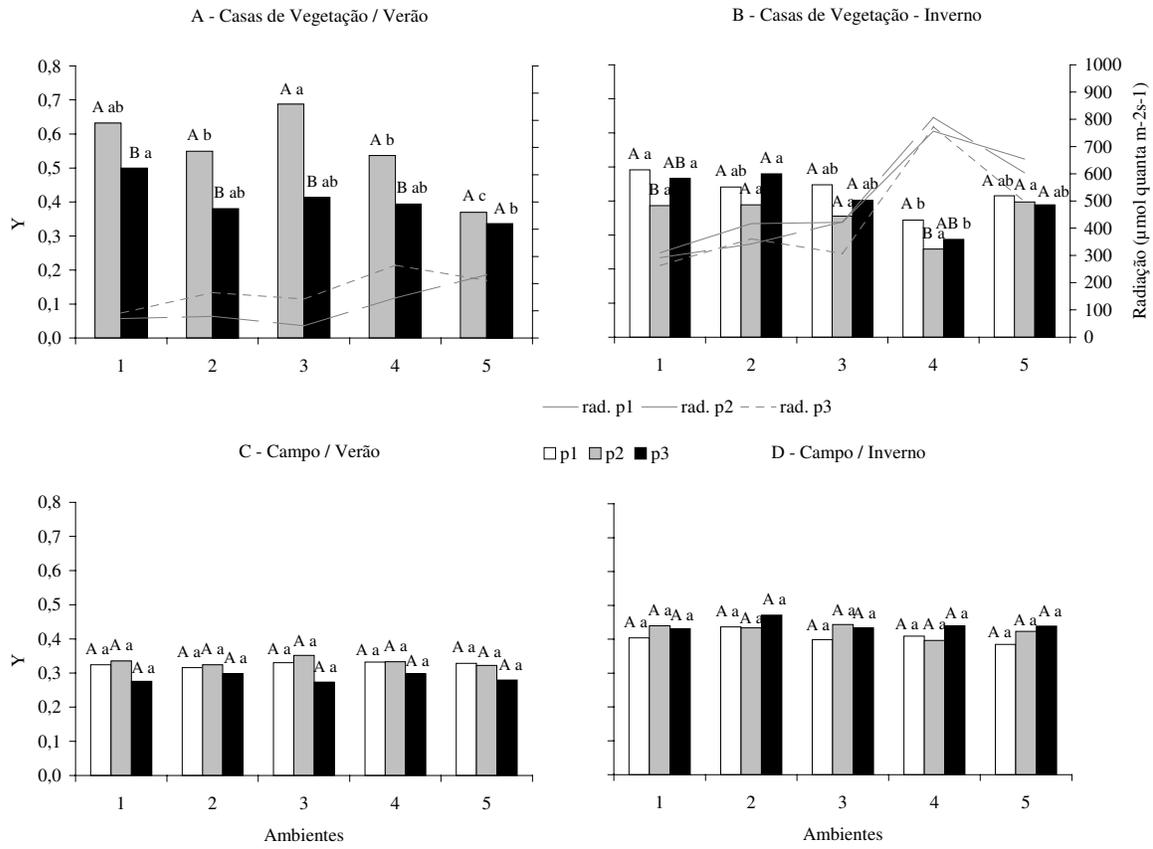


Figura 48 – Mensuração da fluorescência da clorofila, representada pelo fator de rendimento quântico “Yield” (Y) em plantas obtidas sob diferentes ambientes, intensidades de radiação e períodos de aclimação em condições de verão (A) e de inverno (B) e respectivos desenvolvimentos em condições de campo (C e D).

6. DISCUSSÃO

Tendo em vista o grande número de parâmetros envolvidos na avaliação dos diversos tratamentos, alguns deles correlacionados entre si e outros não, conforme se pode observar nas tabelas 8 e 9 procurou-se adaptar critérios de ordenação estatística utilizados por Caliari e Silva (2001) na classificação de lotes de sementes de milho, segundo testes de viabilidade aplicados, nos quais os autores comentam que os estudos de correlação entre os dados obtidos, apesar de permitirem a análise da relação de dependência entre as variáveis estudadas, podem conduzir à obtenção de informações incompletas, tendo-se em vista que a correlação significativa indica variação semelhante entre estimativas sem, contudo, atestar a similaridade entre as ordenações dos valores obtidos. Desta forma, os autores citam que as respostas obtidas impossibilitaram a interpretação conjunta dos resultados dos testes e, em consequência, a definição de referências consistentes para a ordenação dos lotes segundo o desempenho fisiológico.

Assim, nesta interpretação conjunta todos os parâmetros devem ser contemplados, exceto aqueles que estejam similarmente correlacionados, evitando-se assim avaliação em duplicidade. Nesta condição situa-se (i) a altura de planta, com apenas dados de altura de inserção (AI), medida mais comumente utilizada para avaliação de mudas comerciais e altamente correlacionada a altura total (AT) e (ii), as massas de parte aérea de rizomas e de raízes, com apenas dados das porções secas MSPA, MSRI e MSRA, medidas que refletem de forma mais segura acúmulos de matéria seca e diretamente correlacionadas com as de matéria fresca (MFPA, MFRI e MSRA).

Assim, foram incluídos na classificação estatística referente aos experimentos em casas de vegetação os seguintes parâmetros: AI, DP, NF, AF, CR, MSPA, MSRI, MSRA, CLT, CXC, AST e YIELD, e nos experimentos em campo AI, DP, NF, AF, MSPA, CLT, CXC, AST e YIELD.

Tabela 8 – Coeficientes de correlação da regressão linear entre parâmetros físicos de crescimento no verão (abaixo da diagonal) e no inverno (acima da diagonal). Dentro de cada célula, o valor superior indica o índice encontrado nos experimentos em casas de vegetação, e o valor inferior, em campo.

Parâmetro	AI	DP	NF	AF	CR	MSPA	MSRI	MSRA
AI		0,671 0,983	0,417 0,854	0,791 0,972	0,666 -----	0,724 0,973	0,189 -----	0,578 -----
DP	0,810 0,944		0,421 0,868	0,757 0,945	0,801 -----	0,886 0,960	0,270 -----	0,869 -----
NF	-0,168 0,525	-0,319 0,550		0,347 0,887	0,509 -----	0,455 0,876	0,114 -----	0,333 -----
AF	0,878 0,857	0,802 0,826	-0,199 0,426		0,753 -----	0,876 0,992	0,257 -----	0,772 -----
CR	0,483 -----	0,569 -----	-0,338 -----	0,558 -----		0,856 -----	0,221 -----	0,735 -----
MSPA	0,815 0,863	0,939 0,851	-0,471 0,465	0,804 0,686	0,573 -----		0,309 -----	0,887 -----
MSRI	0,352 -----	0,452 -----	-0,092 -----	0,457 -----	0,241 -----	0,358 -----		0,267 -----
MSRA	0,636 -----	0,849 -----	-0,459 -----	0,669 -----	0,562 -----	0,879 -----	0,378 -----	

Tabela 9 – Coeficientes de correlação da regressão linear entre parâmetros bioquímicos no verão (abaixo da diagonal) e no inverno (acima da diagonal). Dentro de cada célula, o valor superior indica o índice encontrado nos experimentos em casas de vegetação, e o valor inferior, em campo.

Parâmetro	CLT	CXC	AST	YIELD
CLT		0,836 0,529	0,476 -0,275	0,483 -0,002
CXC	0,862 0,659		0,575 -0,158	0,459 0,011
AST	0,150 0,236	0,046 0,134		0,375 0,175
YIELD	0,141 -0,001	-0,049 -0,157	0,038 0,147	

Da mesma forma, no presente trabalho, as respostas apresentadas (figuras 32 a 48) dificultam em muito a interpretação conjunta dos resultados, razão pela qual a metodologia da ordenação estatística pode ser uma importante ferramenta de avaliação.

De acordo então com tal metodologia e levando-se em consideração a importância de cada resposta das plantas, mensuradas para cada uma das variáveis envolvidas, procurou-se analisar o seu desempenho através da quantificação relativa de ganhos havidos inicialmente durante os períodos de aclimação nas casas de vegetação e posterior desenvolvimento em condições de campo. Nesta linha de raciocínio, influências de cada ambiente, positivas ou não, puderam ser verificadas e quantificadas tanto na fase de aclimação como em campo, interessando, portanto, a somatória destas influências sobre plantas estabelecidas 7 semanas após seu plantio definitivo.

Outra premissa relevante é a de que os parâmetros de avaliação envolvidos, para fins desta classificação, foram considerados como de igual grau de importância no desenvolvimento das plantas, uma vez que todos os tratamentos foram assim avaliados. Eventuais desuniformidades havidas entre os resultados de cada parâmetro promoveram pontuações distintas e, desta maneira, a pontuação conjunta obtida em casas de vegetação e em campo representou o seu desempenho.

As tabelas 10 e 11 apresentam a classificação entre os ambientes, dentro de cada período, e as tabelas 12 e 13 a classificação entre os períodos, dentro de cada ambiente.

Tabela 10 – Classificação estatística entre ambientes no verão, dentro de cada período de aclimação.

Período	Variável	Casas de Vegetação					Campo					Total																			
		A1		A2		A3		A4		A5		A1		A2		A3		A4		A5											
		Clas	Pont	Clas	Pont	Clas	Pont	Clas	Pont	Clas	Pont	Clas	Pont	Clas	Pont	Clas	Pont	Clas	Pont	Clas	Pont										
P1	AI	a	3	bc	-1	ab	1	c	-2	bc	-1	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	3	-1	1	-2	-1					
	DP	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	b	-1	ab	0	ab	0	a	1	ab	0	-1	0	0	1	0					
	NF	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	c	-3	ab	1	bc	-1	a	2	ab	1	-3	1	-1	2	1					
	AF	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	0	0	0	0	0					
	CR	b	-4	a	1	a	1	a	1	a	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-4	1	1	1	1					
	MSPA	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	0	0	0	0	0	0				
	MSRA	b	-3	ab	0	a	1	a	1	a	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-3	0	1	1	1					
	MSRI	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0	0					
	CLT	a	4	b	1	bc	0	d	-3	cd	-2	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	4	1	0	-3	-2					
	CXC	a	1	a	1	a	1	b	-3	ab	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	1	1	1	-3	0					
	AST	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	0	0	0	0	0					
	Y	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	0	0	0	0	0					
Classif.		3º	1	2º	2	1º	4	5º	-6	4º	-1	5º	-4	2º	1	4º	-1	1º	3	2º	1	4º	-3	1º	3	1º	3	4º	-3	3º	0
P2	AI	a	4	bc	-1	b	0	c	-2	bc	-1	ab	0	b	-1	ab	0	a	1	ab	0	4	-2	0	-1	-1					
	DP	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	ab	0	b	-1	ab	0	a	1	ab	0	0	-1	0	1	0					
	NF	a	4	b	-1	b	-1	b	-1	b	-1	ab	0	b	-1	ab	0	a	1	ab	0	4	-2	-1	0	-1					
	AF	a	1	ab	0	ab	0	b	-1	ab	0	ab	0	b	-1	a	1	ab	0	ab	0	1	-1	1	-1	0					
	CR	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0	0					
	MSPA	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	0	0	0	0	0					
	MSRA	b	-1	b	-1	b	-1	a	3	ab	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-1	-1	-1	3	0					
	MSRI	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0	0					
	CLT	ab	1	a	3	bc	-1	c	-2	bc	-1	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	1	3	-1	-2	-1					
	CXC	ab	0	a	2	ab	0	b	-1	b	-1	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	0	2	0	0	-1					
	AST	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	0	0	0	0	0					
	Y	ab	1	b	0	a	3	b	0	c	-4	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	1	0	3	0	-4					
Classif.		1º	10	2º	2	3º	0	4º	-4	5º	-8	3º	0	5º	-4	2º	1	1º	3	3º	0	1º	10	4º	-2	2º	1	3º	-1	5º	-8
P3	AI	a	2	ab	1	a	2	c	-3	bc	-2	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	2	1	2	-3	-2					
	DP	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	0	0	0	0	0					
	NF	a	3	bc	0	ab	2	cd	-2	d	-3	b	-2	ab	0	ab	0	a	1	a	1	1	0	2	-1	-2					
	AF	a	2	a	2	ab	1	c	-3	bc	-2	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	2	2	1	-3	-2					
	CR	b	-1	a	2	ab	0	b	-1	ab	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-1	2	0	-1	0					
	MSPA	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	0	0	0	0	0					
	MSRA	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0						
	MSRI	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0						
	CLT	b	1	a	4	b	1	c	-3	c	-3	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	1	4	1	-3	-3					
	CXC	b	0	a	3	ab	1	bc	-1	c	-3	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	0	3	1	-1	-3					
	AST	a	1	ab	0	ab	0	ab	0	b	-1	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	1	0	0	0	-1					
	Y	a	1	ab	0	ab	0	ab	0	b	-1	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	1	0	0	0	-1					
Classif.		2º	9	1º	12	3º	7	4º	-13	5º	-15	5º	-2	3º	0	3º	0	1º	1	1º	1	2º	7	1º	12	2º	7	4º	-12	5º	-14

Tabela 11 – Classificação estatística entre ambientes no inverno, dentro de cada período de aclimação.

Período	Variável	Casas de Vegetação					Campo					Total																		
		A1		A2		A3	A4		A5		A1	A2		A3	A4		A5													
		Clas	Pont	Clas	Pont	Clas	Pont	Clas	Pont	Clas	Pont	Clas	Pont	Clas	Pont	Clas	Pont													
P1	AI	a	1	a	1	a	1	b	-4	a	1	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	1	1	1	-4	1				
	DP	a	2	a	2	a	2	b	-3	b	-3	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	2	2	2	-3	-3				
	NF	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	0	0	0	0	0				
	AF	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	0	0	0	0	0				
	CR	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0	0				
	MSPA	ab	0	ab	0	a	1	b	-1	ab	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	0	0	1	-1	0				
	MSRA	ab	0	ab	0	a	1	b	-2	a	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	1	-2	1				
	MSRI	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0	0				
	CLT	ab	1	a	2	abc	0	c	-2	bc	-1	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	1	2	0	-2	-1				
	CXC	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	0	0	0	0	0	0			
	AST	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	1	ab	0	ab	0	b	-1	ab	0	1	0	0	0	-1	0			
	Y	a	1	ab	0	ab	0	b	-1	ab	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	1	0	0	0	-1	0			
	Classif.	1º	5	1º	5	1º	5	5º	-13	4º	-2	1º	1	2º	0	2º	0	5º	-1	2º	0	1º	6	2º	5	2º	5	5º	-14	4º
P2	AI	a	3	bc	0	ab	2	d	-3	cd	-2	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	3	0	2	-3	-2				
	DP	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	0	0	0	0	0				
	NF	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	b	-2	ab	0	ab	0	a	1	a	1	-2	0	0	1	1				
	AF	a	2	ab	0	a	2	b	-2	b	-2	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	2	0	2	-2	-2				
	CR	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0	0				
	MSPA	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	0	0	0	0	0				
	MSRA	ab	0	ab	0	a	1	b	-1	ab	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	1	-1	0				
	MSRI	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0	0				
	CLT	ab	2	a	3	bc	0	d	-3	cd	-2	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	2	3	0	-3	-2				
	CXC	b	-1	a	4	b	-1	b	-1	b	-1	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	-1	4	-1	-1	-1				
	AST	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	0	0	0	0	0				
	Y	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	0	0	0	0	0				
	Classif.	2º	6	1º	7	3º	4	5º	-10	4º	-7	5º	-2	3º	0	3º	0	1º	1	1º	1	2º	4	1º	7	2º	4	5º	-9	4º
P3	AI	a	3	ab	2	b	1	d	-4	c	-2	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	3	2	1	-4	-2				
	DP	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	0	0	0	0	0				
	NF	ab	0	ab	0	a	1	b	-1	ab	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	0	0	1	-1	0				
	AF	a	2	ab	1	ab	1	c	-3	bc	-1	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	2	1	1	-3	-1				
	CR	a	1	ab	0	ab	0	b	-2	a	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0	0	-2	1				
	MSPA	ab	0	a	1	a	1	b	-2	ab	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	0	1	1	-2	0				
	MSRA	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0					
	MSRI	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0					
	CLT	b	1	a	4	c	-2	c	-2	bc	-1	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	1	4	-2	-2	-1				
	CXC	b	0	a	4	bc	-1	c	-2	bc	-1	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	0	4	-1	-2	-1				
	AST	a	1	ab	0	ab	0	ab	0	b	-1	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	1	0	0	0	-1				
	Y	a	1	a	1	ab	0	b	-2	ab	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	1	1	0	-2	0				
	Classif.	2º	9	1º	13	3º	1	5º	-18	4º	-5	5º	0	3º	0	3º	0	1º	0	1º	0	2º	9	1º	13	3º	1	5º	-18	4º

Tabela 12– Classificação estatística entre períodos no verão, dentro de cada ambiente.

Ambiente	Variável	Casas de Vegetação			Campo			Total								
		P1		P2	P3	P1		P2	P3	P1		P2	P3			
		Clas.	Pont.	Clas.	Pont.	Clas.	Pont.	Clas.	Pont.	Clas.	Pont.	Clas.	Pont.			
A1	AT	C	-2	B	0	A	2	B	-2	A	1	A	1	-4	1	2
	DP	B	-2	A	1	A	1	B	-2	A	1	A	1	-4	2	2
	NF	B	-1	A	2	B	-1	B	-2	A	1	A	1	-3	3	0
	AF	B	-2	A	1	A	1	B	-2	A	1	A	1	-4	2	2
	CR	B	-2	A	1	A	1	-	-	-	-	-	-	-2	1	1
	MSPA	C	-2	B	0	A	2	B	-2	A	1	A	1	-4	1	3
	MSRA	C	-2	B	0	A	2	-	-	-	-	-	-	-2	0	2
	MSRI	B	-1	A	1	AB	0	-	-	-	-	-	-	-1	1	0
	CLT	AB	0	A	1	B	-1	A	0	A	0	A	0	0	1	-1
	CXC	A	1	A	1	B	-2	A	0	A	0	A	0	1	1	-2
	AST	A	0	A	0	A	0	A	0	A	0	A	0	0	0	0
	Y	-	-	A	1	B	-1	A	0	A	0	A	0	0	1	-1
	Classif.	3º	-13	1º	9	2º	4	3º	-10	1º	5	1º	5	3º	-23	1º
A2	AT	C	-2	B	0	A	2	B	-1	B	-1	A	2	-3	-1	4
	DP	C	-2	B	0	A	2	C	-2	B	0	A	2	-4	0	4
	NF	A	1	A	1	B	-2	A	0	A	0	A	0	1	1	-2
	AF	C	-2	B	0	A	2	B	-2	A	1	A	1	-4	1	3
	CR	B	-2	A	1	A	1	-	-	-	-	-	-	-2	1	1
	MSPA	C	-2	B	0	A	2	B	-1	B	-1	A	2	-3	-1	4
	MSRA	C	-2	B	0	A	2	-	-	-	-	-	-	-2	0	2
	MSRI	B	-2	A	1	A	1	-	-	-	-	-	-	-2	1	1
	CLT	B	-1	A	1	AB	0	B	-2	A	1	A	1	-3	2	1
	CXC	A	0	A	0	A	0	B	-2	A	1	A	1	-2	1	1
	AST	A	0	A	0	A	0	B	-2	A	1	A	1	-1	1	0
	Y	-	-	A	1	B	-1	A	0	A	0	A	0	0	1	-1
	Classif.	3º	-14	2º	5	1º	9	3º	-12	2º	2	1º	10	3º	-26	2º
A3	AT	C	-2	B	0	A	2	C	-2	B	0	A	2	-4	0	4
	DP	C	-2	B	0	A	2	B	-2	A	1	A	1	-4	1	3
	NF	A	2	B	-1	B	-1	B	-2	A	1	A	1	0	0	0
	AF	B	-2	A	1	A	1	B	-2	A	1	A	1	-4	2	2
	CR	B	-1	B	-1	A	2	-	-	-	-	-	-	-1	-1	2
	MSPA	C	-2	B	0	A	2	B	-1	B	-1	A	2	-3	-1	4
	MSRA	C	-2	B	0	A	2	-	-	-	-	-	-	-2	0	2
	MSRI	B	-1	A	2	B	-1	-	-	-	-	-	-	-1	2	-1
	CLT	B	-2	A	1	A	1	A	0	A	0	A	0	-2	1	1
	CXC	A	0	A	0	A	0	B	-2	A	1	A	1	-2	1	1
	AST	A	0	A	0	A	0	B	-1	A	1	AB	0	-1	1	0
	Y	-	-	A	1	B	-1	A	0	A	0	A	0	0	1	-1
	Classif.	3º	-12	2º	3	1º	9	3º	-12	2º	4	1º	8	3º	-24	2º
A4	AT	C	-2	B	0	A	2	B	-2	A	1	A	1	-4	1	3
	DP	C	-2	B	0	A	2	B	-2	A	1	A	1	-4	1	3
	NF	A	2	B	-1	B	-1	A	0	A	0	A	0	2	-1	-1
	AF	B	-2	A	1	A	1	B	-2	A	1	A	1	-4	2	2
	CR	B	-2	A	1	A	1	-	-	-	-	-	-	-2	1	1
	MSPA	C	-2	B	0	A	2	B	-1	B	-1	A	2	-3	-1	4
	MSRA	B	-2	A	1	A	1	-	-	-	-	-	-	-2	1	1
	MSRI	B	-1	A	1	AB	0	-	-	-	-	-	-	-1	1	0
	CLT	B	-2	A	1	A	1	C	-2	A	2	B	0	-4	3	1
	CXC	B	-2	A	1	A	1	B	-2	A	1	A	1	-4	2	2
	AST	A	0	A	0	A	0	B	-1	A	1	AB	0	-1	1	0
	Y	-	-	A	1	B	-1	A	0	A	0	A	0	0	1	-1
	Classif.	3º	-15	2º	6	1º	9	3º	-12	1º	6	1º	6	3º	-27	2º
A5	AT	C	-2	B	0	A	2	C	-2	B	0	A	2	-4	0	4
	DP	C	-2	B	0	A	2	B	-2	A	1	A	1	-4	1	3
	NF	A	1	A	1	B	-2	A	0	A	0	A	0	1	1	-2
	AF	B	-2	A	1	A	1	B	-2	A	1	A	1	-4	2	2
	CR	A	0	A	0	A	0	-	-	-	-	-	-	0	0	0
	MSPA	C	-2	B	0	A	2	B	-2	A	1	A	1	-4	1	3
	MSRA	B	-2	A	1	A	1	-	-	-	-	-	-	-2	1	1
	MSRI	B	-2	A	1	A	1	-	-	-	-	-	-	-2	1	1
	CLT	B	-1	A	1	AB	0	A	0	A	0	A	0	-1	1	0
	CXC	A	0	A	0	A	0	B	-2	A	1	A	1	-2	1	1
	AST	A	0	A	0	A	0	B	-1	A	1	AB	0	-1	1	0
	Y	-	-	A	0	A	0	A	0	A	0	A	0	1	1	-2
	Classif.	3º	-12	2º	5	1º	7	3º	-11	2º	5	1º	6	3º	-23	2º

Tabela 13– Classificação estatística entre períodos no inverno, dentro de cada ambiente.

Ambiente	Variável	Casas de Vegetação						Campo						Total					
		P1		P2		P3		P1		P2		P3		P1		P2		P3	
		Clas.	Pont.	Clas.	Pont.	Clas.	Pont.	Clas.	Pont.	Clas.	Pont.	Clas.	Pont.	Clas.	Pont.	Clas.	Pont.	Clas.	Pont.
A1	DP	R	-1	R	-1	A	2	C	-2	R	0	A	2		-3		-1		4
	NF	A	0	A	0	A	0	R	-1	R	-1	A	2		-1		-1		2
	AF	C	-2	R	0	A	2	C	-2	R	0	A	2		-4		0		4
	CR	C	-2	R	0	A	2	-	-	-	-	-	-		-2		0		2
	MSPA	C	-2	R	0	A	2	C	-2	R	0	A	2		-4		0		4
	MSRA	R	-1	R	-1	A	2	-	-	-	-	-	-		-1		-1		2
	MSRI	A	0	A	0	A	0	-	-	-	-	-	-		0		0		0
	CLT	A	1	A	1	R	-2	A	0	A	0	A	0		1		1		-2
	CXC	R	-2	A	1	A	1	A	0	A	0	A	0		-2		1		1
	AST	AR	0	A	1	R	-1	R	-1	A	2	R	-1		-1		3		-2
	Y	A	1	R	-1	AR	0	A	0	A	0	A	0		1		-1		0
	Classif.	3º	-10	2º	1	1º	9	3º	-10	2º	1	1º	9	3º	-20	2º	2	1º	18
	A2	AT	C	-2	R	0	A	2	C	-2	R	0	A	2		-4		0	
DP		R	-1	R	-1	A	2	C	-2	R	0	A	2		-3		-1		4
NF		R	-2	A	1	A	1	C	-2	R	0	A	2		-4		1		3
AF		C	-2	R	0	A	2	C	-2	R	0	A	2		-4		0		4
CR		C	-2	R	0	A	2	-	-	-	-	-	-		-2		0		2
MSPA		C	-2	R	0	A	2	C	-2	R	0	A	2		-4		0		4
MSRA		R	-1	R	-1	A	2	-	-	-	-	-	-		-1		-1		2
MSRI		A	0	A	0	A	0	-	-	-	-	-	-		0		0		0
CLT		AR	0	A	1	R	-1	A	0	A	0	A	0		0		1		-1
CXC		R	-2	A	1	A	1	A	0	A	0	A	0		-2		1		1
AST		A	0	A	0	A	0	AR	0	A	1	R	-1		0		1		-1
Y		A	0	A	0	A	0	A	0	A	0	A	0		0		0		0
Classif.		3º	-14	2º	1	1º	13	3º	-10	2º	1	1º	9	3º	-24	2º	2	1º	22
A3	AT	R	-2	A	1	A	1	C	-2	R	0	A	2		-4		1		3
	DP	R	-1	R	-1	A	2	R	-2	A	1	A	1		-3		0		3
	NF	R	-2	A	1	A	1	C	-2	R	0	A	2		-4		1		3
	AF	C	-2	R	0	A	2	C	-2	R	0	A	2		-4		0		4
	CR	C	-2	R	0	A	2	-	-	-	-	-	-		-2		0		2
	MSPA	C	-2	R	0	A	2	C	-2	R	0	A	2		-4		0		4
	MSRA	R	-1	R	-1	A	2	-	-	-	-	-	-		-1		-1		2
	MSRI	A	0	A	0	A	0	-	-	-	-	-	-		0		0		0
	CLT	A	1	A	1	R	-2	A	1	R	-1	AR	0		2		0		-2
	CXC	R	-2	A	1	A	1	A	1	R	-2	A	1		-1		-1		2
	AST	A	0	A	0	A	0	R	-1	A	2	R	-1		-1		2		-1
	Y	A	0	A	0	A	0	A	0	A	0	A	0		0		0		0
	Classif.	3º	-13	2º	2	1º	11	3º	-9	2º	0	1º	9	3º	-22	2º	2	1º	20
A4	AT	R	-2	A	1	A	1	C	-2	R	0	A	2		-4		1		3
	DP	C	-2	R	0	A	2	R	-2	A	1	A	1		-4		1		3
	NF	A	0	A	0	A	0	C	-2	R	0	A	2		-2		0		2
	AF	R	-2	A	1	A	1	C	-2	R	0	A	2		-4		1		3
	CR	R	-2	A	1	A	1	-	-	-	-	-	-		-2		1		1
	MSPA	C	-2	R	0	A	2	C	-2	R	0	A	2		-4		0		4
	MSRA	R	-1	R	-1	A	2	-	-	-	-	-	-		-1		-1		2
	MSRI	A	0	A	0	A	0	-	-	-	-	-	-		0		0		0
	CLT	A	2	R	-1	R	-1	A	0	A	0	A	0		2		-1		-1
	CXC	R	-2	A	1	A	1	A	0	A	0	A	0		-2		1		1
	AST	A	1	AR	0	R	-1	R	-1	A	2	R	-1		0		2		-2
	Y	A	1	R	-1	AR	0	A	0	A	0	A	0		1		-1		0
	Classif.	3º	-9	2º	1	1º	8	3º	-11	2º	3	1º	8	3º	-20	2º	4	1º	16
A5	AT	R	-1	AR	0	A	1	C	-2	R	0	A	2		-3		0		3
	DP	C	-2	R	0	A	2	C	-2	R	0	A	2		-4		0		4
	NF	A	0	A	0	A	0	C	-2	R	0	A	2		-2		0		2
	AF	R	-1	R	-1	A	2	C	-2	R	0	A	2		-3		-1		4
	CR	C	-2	R	0	A	2	-	-	-	-	-	-		-2		0		2
	MSPA	C	-2	R	0	A	2	C	-2	R	0	A	2		-4		0		4
	MSRA	R	-1	R	-1	A	2	-	-	-	-	-	-		-1		-1		2
	MSRI	A	0	A	0	A	0	-	-	-	-	-	-		0		0		0
	CLT	A	2	R	-1	R	-1	A	1	R	-1	AR	0		3		-2		-1
	CXC	R	-2	A	1	A	1	A	0	A	0	A	0		-2		1		1
	AST	A	1	A	1	R	-2	R	-1	A	2	R	-1		0		3		-3
	Y	A	0	A	0	A	0	A	0	A	0	A	0		0		0		0
	Classif.	3º	-8	2º	-1	1º	9	3º	-10	2º	1	1º	9	3º	-18	2º	0	1º	18

A classificação obtida entre os ambientes, tanto nos experimentos de verão quanto nos de inverno (tabelas 10 e 11), leva a resultados concordantes com Silva *et al.* (1994), que mencionam o fracionamento da luz solar como fator para melhorar a eficiência na aclimatação, de Hoffman (2002), que cita o estresse pela luz como fator de importância e de Pospisilová *et al.* (1999), sobre a ocorrência de dessecação e fotoinibição sob excesso de luminosidade, razão pela qual verificou-se piores desempenhos nos ambientes menos sombreados, A5 e A4, independentemente do período de aclimatação considerado.

Para mais fácil visualização e interpretação dos resultados, a tabela 14 resume as classificações obtidas em cada uma das situações, onde se verifica, de forma sintética, que na análise entre-períodos (EP), independentemente do ambiente e da estação a que as mudas estavam expostas, o período de 3 semanas (P1) foi sistematicamente inferior aos demais. O período de 9 semanas (P3) revelou-se o melhor deles, enquanto que o de 6 semanas (P2) assumiu desempenho intermediário, exceção para o ambiente A1 no verão, o qual, somente neste caso, revelou-se o melhor para a aclimatação das plantas.

Tabela 14 – Síntese da classificação estatística no verão e no inverno (obtida na soma das pontuações em casas de vegetação e campo) entre períodos (EP) e entre ambientes (EA).

Ambientes	Períodos no verão						Períodos no inverno					
	P1		P2		P3		P1		P2		P3	
	EP	EA	EP	EA	EP	EA	EP	EA	EP	EA	EP	EA
A1	3°	4°	1°	1°	2°	2°	3°	1°	2°	2°	1°	2°
A2	3°	1°	2°	4°	1°	1°	3°	2°	2°	1°	1°	1°
A3	3°	1°	2°	2°	1°	2°	3°	2°	2°	2°	1°	3°
A4	3°	4°	2°	3°	1°	4°	3°	5°	2°	5°	1°	5°
A5	3°	3°	2°	5°	1°	5°	3°	4°	2°	4°	1°	4°

Na comparação entre os ambientes A2 (malha preta) e A3 (malha vermelha), muito embora estes se apresentem com percentuais de sombreamento semelhantes na sua classificação comercial (Tabela 1), possuem redução diferenciada na transmitância na faixa da radiação RFA, como pode ser observado na Figura 6, onde a malha vermelha apresenta menor redução sob comprimentos de onda a partir de 570nm, faixa do espectro que corresponde a

variações do laranja ao vermelho (HANAN, 1997). Tal diferenciação não se reverteu em vantagens comparativas, pois, se consideradas as coincidências nas melhores classificações estatísticas, primeiro lugar entre períodos e primeiro lugar entre ambientes, verifica-se sempre a superioridade oferecida pela malha preta.

Neste raciocínio, a superioridade do ambiente A1 (malha vermelha, com classificação comercial de 70% de sombreamento), verificada durante o verão ao final de 6 semanas de aclimatação, pode se tornar uma interessante alternativa, visando economia de tempo no processo. Tal superioridade não se confirmou no inverno, o que denota que suas vantagens comparativas são inferiores às influências de menor oferta térmica e de intensidade de radiação incidente, comuns nesta estação, conforme pode se verificar nas figuras 11 a 16 e figura 26, respectivamente.

Descartado o período P1 de 3 semanas, visto sempre ter apresentado classificação inferior, tanto no verão quanto no inverno, notadamente por parâmetros físicos de crescimento e insuficientes para que as plantas estivessem aptas para seu plantio definitivo, a análise entre os ambientes constituídos de malhas vermelhas, A1, A3 e A5 (classificadas comercialmente como de 70%, 50% e 30% de sombreamento, respectivamente), permite estabelecer um gradiente decrescente de desempenho, o que está de acordo com informações de Silva *et al.*, (1994), Hoffmann (2002) e Pospisilová *et al.* (1999).

Considerando que, dentre as normas vigentes para a produção e comercialização de mudas micropropagadas de bananeira o único padrão oficial de mudas refere-se especificamente à altura de plantas, estabelecido pelo Instituto Mineiro de Agropecuária (IMA, 2004) que exige altura mínima de 15 cm (altura de inserção), cabe ressaltar que somente a partir do período 2 é que todas as mudas estariam aptas à comercialização para mercados regulados por aquelas normas. MOREIRA (2005) cita como altura ideal de 18 a 20 cm, medidas estas verificadas no verão em todos os ambientes com algum grau de sombreamento: ambiente 1 já a partir de 6 semanas e os demais ao final de 9 semanas de aclimatação. Contudo, pelos resultados obtidos, em condições de aclimatação durante o inverno, seria possível a redução para um mínimo de 13 cm de altura sem prejuízos no estabelecimento das plantas no campo.

A faixa de 610 a 720 nm é a região absorvida pela clorofila e carotenóides e gera

forte atividade fotossintética (TAIZ E ZEIGER, 2004). Contudo, embora a malha vermelha transmita mais radiação nesta faixa do que a malha preta (figura 7), tal diferencial não promoveu acréscimo no conteúdo destes pigmentos. Ao contrário, plantas oriundas do ambiente A2, de malha preta, apresentaram conteúdos nunca inferiores aos do ambiente A3, de malha vermelha (figuras 44 e 46).

Ainda sob o ponto de vista bioquímico, verificou-se menores rendimentos quânticos nos ambientes menos sombreados e de classificação estatística inferior, considerando-se que a variável Yield representa o desempenho da efetiva conversão da energia fotoquímica em fotossíntese e reflete a eficiência geral do processo (GENTY, BRIANTAIS e BAKER, 1989), constituindo-se em um bom indicador de estresse nas plantas.

Paralelamente, perdas no conteúdo de clorofila estão associadas a fatores de estresses ambientais (HENDRY e PRICE, 1993). Tal fato pode ser verificado durante os experimentos em casas de vegetação, onde os ambientes menos sombreados, oferecendo, portanto, maiores estresses, apresentaram níveis inferiores deste pigmento.

Sobre esta variável, foram verificadas correlações positivas significativas da regressão linear (de 0,60 a 0,72 no verão e de 0,72 a 0,87 no inverno) entre o conteúdo de clorofila total e a leitura SPAD com tendência de aumento do coeficiente e redução na dispersão dos dados da leitura em função do período de permanência das plantas sob aclimatação, notadamente no inverno, a partir de dados de todos os ambientes (Figura 49). Relações entre o conteúdo de clorofila e leituras do SPAD-502 foram estabelecidas em várias espécies de plantas, algumas lineares (ARGENTA *et al.*, 2001, GUIMARAES *et al.*, 1999) e outras quadráticas (NETTO *et al.*, 2002). No presente caso, parece ser o modelo linear o que melhor se adapta, em especial no inverno, onde se verificam coeficientes mais elevados.

Verifica-se ainda inter-relação entre as pontuações estatísticas obtidas na avaliação SPAD (segundo critérios da ordenação hierárquica de desempenho obtida a partir de dados da Figura 45) e aquelas obtidas pela somatória das pontuações estatísticas em casas de vegetação envolvendo todos os parâmetros em estudo (Tabelas 10 e 11). Por tal inter-relação, sintetizada na tabela 15 (onde não se inclui dados do período 1 por este já ter sido considerado insuficiente) verifica-se que, na maior parte das situações, as maiores pontuações envolvendo todos os parâmetros estudados coincidem com as maiores pontuações obtidas pela leitura

SPAD e recaem, em qualquer das situações no ambiente A2, de melhor desempenho entre todos.

Tabela 15 – Comparação entre a pontuação estatística dos resultados obtidos por meio de leituras SPAD e o somatório (Σ) da pontuação dos demais parâmetros em casas de vegetação.

Ambientes	Períodos no verão				Períodos no inverno			
	P2		P3		P2		P3	
	SPAD	Σ	SPAD	Σ	SPAD	Σ	SPAD	Σ
A1	0	10	0	9	2	6	2	9
A2	1	2	2	12	2	7	3	13
A3	0	0	0	7	2	4	-1	1
A4	-1	-4	-1	-13	-3	-10	-2	-18
A5	0	-8	-1	-15	-3	-7	-2	-5

Considerando que maiores conteúdos de clorofila total estão associados a maiores leituras do SPAD-502 e que a classificação estatística das pontuações oriundas desta medida se inter-relaciona àquelas envolvendo todos os demais parâmetros, o uso deste equipamento pode vir a se constituir em importante ferramenta para avaliação auxiliar e expedita de plantas de bananeira sob aclimação, requerendo, assim, maiores estudos visando o estabelecimento de modelos que melhor expliquem esta relação.

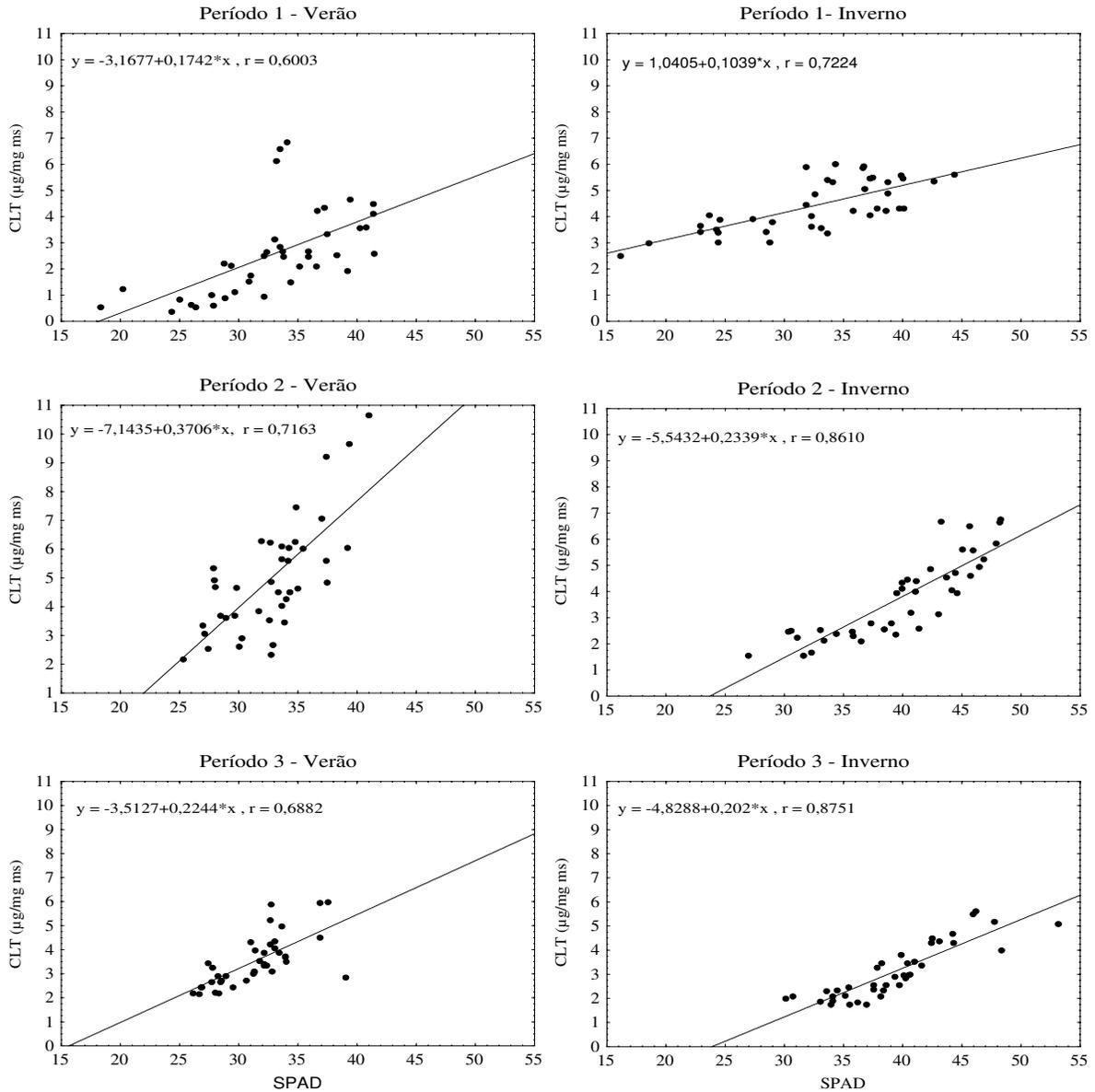


Figura 49 – Correlações da regressão linear entre o conteúdo de clorofila total e a leitura SPAD obtidas a partir de folhas de plantas de todos os ambientes obtidas sob diferentes períodos de aclimação em condições de verão e de inverno.

Assim sendo maiores leituras do SPAD-502 estão associadas a maiores conteúdos de clorofila em folhas de plantas de bananeira da cv. Grande Naine em fase de aclimação, e inter-relacionadas com os demais parâmetros estudados, constituindo-se assim este equipamento em importante ferramenta para, por comparação, indicar plantas mais bem

aclimatadas.

Por fim, vale ressaltar que em nenhum dos tratamentos houve morte de plantas (úteis ou de bordadura) sob quaisquer das condições: casas de vegetação, campo, inverno ou verão, fato verificado por Lisei de Sá e Braga (2002), que não encontraram perdas na aclimação em mudas de bananeira da cv. Prata-Anã de altura entre 3 e 6 cm, dimensões estas inferiores ao material inicial utilizado no presente trabalho (entre 10 e 12 cm). Pereira *et al.* (2005) verificaram índices de mortalidade de zero e 1,43% em plantas desta cultivar, sob aclimação em telado aos 15 e 30 dias, respectivamente, índices estes considerados baixos diante de citações de perdas variáveis durante o processo de aclimação em função das condições *in vitro* e *ex vitro* a que foram submetidas (POSPISILOVÁ *et al.*, 1999; SUTTER, 1991).

7. CONCLUSÕES

Nas condições em que foram conduzidos os trabalhos:

a) O uso de tela de malha preta com 50 % de sombreamento associado a período de 9 semanas de aclimação foi o que propiciou melhores condições para o segundo estágio da aclimação de mudas micropropagadas de bananeira cv. Grande Naine, tanto em condições de verão quanto de inverno.

b) Visando à redução para 6 semanas desta fase da aclimação, o uso alternativo de tela de malha vermelha com 70% de sombreamento produz efeitos equivalentes aos da malha preta com 50% em 9 semanas, apenas para condições de verão.

c) Resultados inferiores foram encontrados em ambientes com sombreamento inferior a 50%, não sendo, portanto, recomendados.

d) Medidas rápidas e não destrutivas feitas a partir do medidor portátil de clorofila SPAD-502 correlacionam-se com métodos analíticos e podem estimar, por comparação, o desenvolvimento de plantas de bananeira durante o segundo estágio de aclimação.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

a) A intenção da inclusão de ambiente com malha preta com 50% de sombreamento (A2) foi o de comparar seu desempenho frente aos das malhas vermelhas, visto ser o tipo mais usual de cobertura de proteção. Contudo em face dos resultados obtidos, favoráveis à primeira, teria sido interessante a inclusão de outras malhas pretas nos mesmos níveis de sombreamento adotados para as de malha vermelha, o que não foi feito devido ao grande número de parâmetros envolvidos e da prevista complexidade na instalação de mais ambientes e conseqüente interpretação dos resultados. Assim trabalhos futuros devem contemplar estas comparações.

b) Em face dos resultados obtidos, o uso do medidor portátil de clorofila SPAD-502 pode se constituir em importante ferramenta para avaliação auxiliar e expedita de plantas de bananeira sob aclimatação, requerendo, assim, maiores estudos visando o estabelecimento de modelos que melhor expliquem esta relação.

c) Tendo em vista a grande importância que a deposição de ceras epicuticulares exercem na proteção de plantas, e considerando a inconsistência de dados preliminares obtidos que culminaram com a exclusão deste parâmetro no presente trabalho, sugere-se novos estudos que correlacionem as diferentes metodologias de sua quantificação em plantas micropropagadas de bananeira sob aclimatação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, P.G. de; ABREU, V.M.N.; MAZZUCO, H. **Uso do resfriamento evaporativo (adiabático) na criação de frangos de corte**. Concórdia: EMBRAPA, CNPSA, 1999. 51 p. (EMBRAPA. CNPSA, Documentos, 59).
- ALVES, E.J., DANTAS, J.L.I., SOARES FILHO, W.S., SILVA, S^o., OLIVEIRA, M.A. SOUZA L.S., CINTRA, F.L.D., BORGES, A.L., OLIVEIRA, A.M.G., OLIVEIRA, S.L., FANCELLI, M., CORDEIRO, Z.J.M. & SOUZA, J.S. **Banana para exportação: aspectos técnicos da produção**. 2 ed. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1997a. 106 p. (Série Publicações Técnicas FRUPEX, 18).
- ALVES, E.J.; OLIVEIRA, M.A.; DANTAS, J.L.L.; OLIVEIRA, S.L. Exigências Climáticas. In: ALVES, E. J. (org.) **A cultura da banana: aspectos técnicos, socioeconômicos e agroindustriais**. Brasília: EMBRAPA-SPI/Cruz das Almas: EMBRAPA-CNPMF, 1997b. p. 35-46.
- ARGENTA, G., SILVA, P.R.F., BORTOLINI C.G., FORSTHOFER, E.L., STRIEDER M.L. Relação da leitura do clorofilômetro com os teores de clorofila extraível e de nitrogênio na folha de milho. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, São Carlos, v. 13, p. 158-167, 2001.
- BORGES, A.L.; SOUZA, L.S.; ALVES, E.J. Exigências Edafoclimáticas. In: CORDEIRO, Z.J.M. (Org.). **Banana. Produção: aspectos técnicos**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000. p.17-23.(Frutas do Brasil; 1).
- BUCKLIN, R.A.; LEARY, J.D.; MCCONNELL, D.B.; WILKERSON, E.G. Fan and Pad Greenhouse Evaporative Cooling Systems. **Circular 1135**, Department of Agricultural and Biological Engineering, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida. Disponível em: <http://edis.ifas.ufl.edu/AE069>. Acesso em: 16 abr. 2004.
- CALIARI, M.F.; SILVA, W.R. Interpretação de dados de testes de vigor na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 23, n. 1, p. 239-251, 2001.
- CAPELLADES, M.; LEMEURE, R.; DEBERGH, P. Effects of sucrose on starch accumulation and rate of photosynthesis in rosa cultured *in vitro*. **Plant Cell Tissue and Organ Culture**, v. 25, p. 21-26, 1991.

CHURCH, G.A.; WATERS, W.F.; LAZIN, M.B. Application of ground water to greenhouse cooling systems. In: **Winter meeting**, Chicago: American Society of Agricultural Engineers, December, 1981. p.15-18.

COSTA, E. **Projeto de produção de morango (*Fragaria ananassa* Duch.) em casa de vegetação utilizando cultivo hidropônico**. Campinas: Faculdade de Engenharia Agrícola, UNICAMP, 1999. 50p. Disponível em: <http://www.agr.unicamp.br>
<ftp://ftp.agr.unicamp.br/pub/disciplinas/ap358/proj-final.doc>. Acesso em: 15 out. 2003.

COSTA, E. **Avaliação da produção de alface em função dos parâmetros climáticos em casas de vegetação com sistema hidropônico nos períodos de outono e inverno**. 144p. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 2001

COUCEIRO, M.A, SIQUEIRA, D.L., PEREIRA, W.E., NEVES, L.L.M. Crescimento de explantes *in vitro* e de mudas de bananeira cv. Maçã submetidas a doses de sacarose nas fases de enraizamento e aclimação. **Revista Ceres**, v. 48, n. 280, p. 615-627, 2001.

DESJARDINS, Y.; HDIDER, C.; DE RIEK, J. Carbon nutrition *in vitro*-regulation and manipulation of carbon assimilation in micropropagated systems. In: AITKEN-CHRISTIE, J.; TOZAI, T.; LILA SMITH, M. (Ed.) **Automation and Environmental Control in Plant Tissue Culture**. Netherlands: Kluwer Academic, 1995. p. 441-471.

DONNELLY, D.J.; VIDAVER, W.E. Pigment content and gas exchange of red raspberry *in vitro* and *ex vitro*. **Journal Of American Society For Horticultural Science**, Kentville, v. 109, p. 177-181, 1984.

DUBOIS, M.; GILLES, A.; HAMILTON, J.K.; REBERS, P. A. e SMITH, F. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Analytical Chemical**, v. 28,p. 350-355, 1956.

FAO (Roma, Itália). **FAO Statistical Databases**: Agricultural production: crops primary: Brazil: bananas. Disponível em: <http://apps.fao.org/page/collections>. Acesso em: 07 jul. 2.006.

FARIA JUNIOR; M.J.A.; SOUSA, R.A.R.; HORA, R.C. Cultivo de alface em ambiente protegido sob diferentes níveis de sombreamento, em duas épocas do ano. **Horticultura Brasileira**, v. 18, p. 232-233, Jul. 1996. Suplemento.

FARIA JUNIOR, M.J. A.; LIMA, A.M. Uso de Sombreamento em Estufa Coberta com Polietileno e com Ventilação Natural: Efeitos Sobre Variáveis Climáticas. CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 19., 2000, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: 2000.

FARIAS, J.R.B.; BERGAMASCHI, H.; MARTINS, S.R.; BERLATO, M.A.; OLIVEIRA, A.C.B. Alterações na temperatura e umidade do ar provocadas pelo uso de estufa plástica. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 1, n. 1, p. 51-62, 1993.

FOLLIOT, M. Détermination par une méthode non destructive de la surface foliaire de plants d'ananas et de bananiers, issus de culture *in vitro*, em phase d'acclimatation. (Note technique préliminaire). **Fruits**, v. 45, n. 3, p. 245-249, 1990.

FRISINA, V.A., ESCOBEDO, J.F. and GOMES, E.N. Estimativa da radiação fotossinteticamente ativa (PAR) em estufa de polietileno. In: ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL, 3, Campinas. 2000. **Proceedings online...** Disponível em: http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=MSC0000000022000000200056&lng=en&nrm=abn. Acesso em: 18 Maio 2006.

GENTY, B.; BRIANTAIS, J.M. e BAKER, N.R. The relationship between the quantum yield of photosynthetic electron-transport and quenching of chlorophyll fluorescence. **Biochimica et Biophysica Acta**, v. 990, p. 87-92, 1989.

GEORGE, E.F. **Plant propagation by tissue culture**. Eversley: Exegetics, 1993. 574 p.

GROUT, B.W.W. Photosynthesis of regenerated plantlets *in vitro* and the stresses of transplanting. **Acta Horticulturae**, v. 230, p. 129-135, 1988.

GROUT, B.W.W.; ASTON, M.J. Transplanting of cauliflower plants regenerated from meristem culture I. Water loss and water transfer related to changes in leaf wax and to xylem regeneration. **Horticultural Research**, v. 17, n. 1, p. 1-7, 1977.

GUIMARÃES. T.G.; FONTES, P.C.R.; PEREIRA, P.R.G.; ALVAREZ V., V.H.; MONNERAT, P.H. Teores de clorofila determinados por medidor portátil e sua relação com formas de nitrogênio em folhas de tomateiro cultivado em dois tipos de solo. **Bragantia**, v. 58, n. 1, p. 209-216, 1999.

HANAN, J.J. Climate Control. In _____. **Greenhouses** : advanced technology for protected horticulture. Boca Raton: CRC Press., 1997. cap. 8, p.573-645.

HELLICKSON, M.A. e WALKER, J.N. **Ventilation of agricultural structures**. Joseph: American Society of Agricultural Engineers – ASAE, 1983. 372p.

HENDRY, G.A.F.; PRICE A.H. Stress indicators: chlorophylls and carotenoids. In: HENDRY, G.A.F.; GRIME, J.P. (Eds.), **Methods in comparative plant ecology**. London: Chapman & Hall, p.148-152. 1993.

HOFFMANN, A. Aclimação de mudas produzidas *in vitro* e *in vivo*. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 23, n. 216, p. 21-24, 2002.

INSTITUTO MINEIRO DE AGROPECUÁRIA (IMA). **Normas e padrões para a produção de mudas certificadas e fiscalizadas de bananeira**. Portaria n. 399, de 24 de agosto de 2000. Belo Horizonte, 2000. 4p. Disponível em <http://www.ima.mg.gov.br/legislacao.htm#portaria>. Acesso em: 02 jul. 2004.

ISMAIL, K.A.R., GONÇALVES, M.M., BENEVENUTO, F.J. **Instrumentação Básica para Engenharia**. Campinas: Ed. do autor, 1998. 470p.

ISRAELI, Y.; PLAUT, Z.; SCHWARTZ, A. Effect of shade on banana morphology, growth and production, **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 62, p. 25-56, 1995.

JORGE, L.A.C.; CRESTANA S. SIARCS 3.0: novo aplicativo para análise de imagens digitais aplicado a ciência do solo. In: CONGRESSO LATINO DE CIÊNCIA DO SOLO, 13., 1996, Águas de Lindóia. **Solo Suelo 96**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do solo, 1996. p. 5.

LANGHANS, R.W. **A growth chamber manual: environmental control for plants**. Cornell: Cornell University, 1978. p. 45-101.

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. São Carlos: Rima, 2000. 531 p.

LEAL, P.A.M. **Controles, equipamentos e manutenção em casas de vegetação**. Campinas: Faculdade de Engenharia Agrícola, UNICAMP. 83 p. Disponível em: <http://www.agr.unicamp.br> <ftp://ftp.agr.unicamp.br/pub/disciplinas/ap182j/cp9acpv>. Acesso em: 15 out. 2003a.

LEAL, P.A.M. **Radiação solar**. Campinas: Faculdade de Engenharia Agrícola, UNICAMP. 36 p. Disponível em: <http://www.agr.unicamp.br> <ftp://ftp.agr.unicamp.br/pub/disciplinas/ap182j/cp3acpv>. Acesso em: 12 set. 2003b.

LEE, N.; WETZSTEIN Y.; SOMMER H.E. Effects of quantum flux density on photosynthesis and chloroplast ultrastructure in tissue-cultured plantlets and seedlings of

Liquidambar styraciflua L. towards improved acclimatization and field survival. **Plant Physiology**, v. 78, p. 637-641, 1985.

LICHTENTHALER, H.K. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. **Methods in Enzymology**, v. 148, p. 350-382, 1987.

LISEI DE SÁ, M.E., BRAGA, M.F. Avaliação de protocolo para obtenção de mudas micropropagadas de bananeira cv. Prata-anã (subgrupo AAB). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 24, n. 1, p. 236-239, 2002.

MARIE, P. **L'acclimatation des vitroplants de bananiers de Grande Naine**. Fort-de-France Cedex: CIRAD-FLHOR, 1995. 18 p. (Fascicules de la Base Centre Bananes Antilles).

MARTIN, E.C.; ROBLEDO, L.V. **Aplicación de los plásticos en la agricultura**. Madrid: Mund-Pressa, 1981. 55 p.

MARTINS, S.R.; GONZALEZ, J.F. Avaliação do resfriamento em estufa plástica mediante sistema de ventilação e nebulização. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 3, p. 13-18, 1995.

MASCARENHAS, G.C.C. Banana: Comercialização e Mercados. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 20, n. 196, p. 97-108, 1999.

MCCREADY, R.M.; GUGGOLZ, J.; SILVIERA, V.; OWENS, H.S. Determination of starch and amylose in vegetables. **Analytical Chemistry**, v. 22, p. 1156-1158, 1950.

MELO, E.C.; LOPES, D.C.; CORRÊA, P.C. GRAPSI - Programa computacional para o cálculo das propriedades psicrométricas do ar. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 12, n. 2, p. 154-162, Abr./Jun., 2004. Disponível em <http://www.ufv.br/dea/reveng/arquivos/vol12/v12n2p154-162.pdf>. Acesso em 29 Nov. 2005.

MENDES, N. **Programa computacional para cálculo de umidade relativa ou temperatura de bulbo úmido**. Laboratório de Eficiência Energética em Edificações. Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). 1997. Disponível em <http://www.labee.ufsc.br/software/psychros.html>. Acesso em 04 Jul. 2006.

MINOLTA, C. **Manual for chlorophyll meter SPAD-502**. Osaka: Minolta Radiometric Instruments Divisions, 1989. 22p.

MOREIRA, R.S. **Banana: teoria e prática de cultivo**. Campinas: Fundação Cargill, 1987.

335p.

MOREIRA, R.S. A muda da bananeira - sua formação e plantio. **Toda Fruta**. Disponível em http://www.todafruta.com.br/todafruta/mostra_conteudo.asp?conteudo=9974. Edição em 18/08/05. Acesso em 02 nov. 2005.

MONTEITH, J.L. Solar radiation and productivity in tropical ecosystems. **Journal of Applied Ecology**, v. 9, , p. 747-766, 1972.

MONTERO, J.I.; CASTILLA, N.; GUTIERREZ de RAVÉ, E.; BRETONES, F. Climate under plastic in the Almeria. **Acta Horticulturae**, n. 170, p. 227-234, 1985.

MONTERO, J.I.; ANTÓN, A.; BIEL, C.; FRANQUET, A. Cooling of greenhouse with compressed air fogging nozzles. **Acta Horticulturae**, n. 281, p. 199-209, 1990.

MONTERO, J.I.; ANTÓN, A. Greenhouse cooling during warm periods. **Acta Horticulturae**, v. 357, p. 49-61, 1994.

MURALI, T.P.; DUNCAN, E.J. The effect of *in vitro* hardening using triazoles on growth and acclimatization of banana. **Scientia Horticulturae**, v. 64, p. 243-251, 1995.

NAVARRO C.; TEISSON, C.; CÔTE F.; GANRY, J. Effects of light intensity and CO₂ concentration on growth of banana plants (Musa AAA, cultivar 'Petite Naine') *in vitro* and subsequent growth following acclimatization. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 60, n. 1/2, p. 41-54, 1994.

NETTO, A.T., CAMPOSTRINI, E., OLIVEIRA, J.G., YAMANISHI, O.K. Portable chlorophyll meter for the quantification of photosynthetic pigments, nitrogen and the possible use for assessment of the photochemical process in *Carica papaya* L. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 14, n. 3, p. 203-210, 2002.

OREN-SHAMIR, M.; GUSSAKOVSKY, E.E.; SPIEGEL, E.; NISSIM-LEVI, A.; RATNER, K.; OVADIA, R.; GILLER, Y.E. e SHAHAK, Y. Coloured shade nets can improve the yield and quality of green decorative branches of *Pittosporum variegatum*. **Journal of Horticultural Science & Biotechnology**, v. 76, p. 353-361, 2001.

ORJEDA, G. **Evaluation of Musa germplasm for resistance to Sigatoka diseases and Fusarium wilt**. Italy: International Plant Genetic Resources. 1998. (INIBAP Technical Guidelines 3). Disponível em: www.ipgri.cgiar.org/publications/pdf/412.pdf. Acesso em 23 out. 2003.

PEGO, J.V.; KORTSTEE, A.J.; HUIJSER, C.; SMEEKENS, S.C.M. Photosynthesis, sugars and the regulation of gene expression. **Journal of Experimental Botany**, Lancaster, v. 51, p. 407-416, 2000.

PEREIRA, M.C.T.; NIETSCHKE, S.; FRANÇA, A.C.; NUNES, C.F.; LIMA, C.; GONÇALVES V.D.; SALLES, B.P.; MORAIS, D.L.B.; KOBAYASHI M.K. Aclimatização de mudas micropropagadas de bananeira sob diferentes condições de luminosidade. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 27, n. 2, p. 238-240, 2005.

POLYSACK, Indústrias Ltda. Disponível em <http://www.polysack.com>. Acesso em 18 mai. 2004.

POSPISILOVÁ, J.; TICHÁ, I.; KADLECEK, P.; HASEL, D.; PLZAKOVÁ, S. Acclimatization of micropropagated plants to *ex vitro* conditions. **Biologia Plantarum**, Prague, v. 42, n. 4, p. 481-497, 1999.

PREECE, J.E.; SUTTER, E.G. Acclimatization of micropropagated plants to the greenhouse and field. In: DEBERGH, P.C.; ZIMMERMAN R.H. (Ed.). **Micropropagation**. Netherlands: Kluwer Academic, 1991. p. 71-93.

REUTHER, G. Comparative anatomical and physiological studies with ornamental plants under *in vitro* and greenhouse conditions. **Acta Horticulturae**, Belgium, v. 226, p. 91-98, 1988.

ROMANO, A.; NORONHA, C.; MARTINS-LOUÇÃO, M.A. Role of carbohydrates in micropropagation of cork oak. **Plant Cell, Tissue and Organ Culture**, Wageningen, v. 40, p. 159-167, 1995.

SANDOVAL, J.A.; PÉREZ, L.; CÔTE, F. Estudio morfológico y de la estabilidad genética de plantas variants de banano (*Musa* AAA cv. "Gran Enano"). Etapas de cultivo *in vitro*, aclimatación y campo. **Corbana**, v. 22, n. 48, p. 41-60, 1997.

SANDOVAL, F.J.; MÜLLER, L. E.; WEBERLING, F. Foliar morphology and anatomy of *Musa* cv. Grande Naine (AAA) plants grown *in vitro* and during hardening as compared to field-grown plants. **Fruits**, Paris, v. 49, n. 1, p. 37-46. 1994.

SANTOS, J.G.R.; GHEYI, H.R. Crescimento da bananeira-nanica sob diferentes qualidades de água de irrigação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 3, p. 339-347, mar. 1993.

SAS Institute. **JMP, version 8.0**. SAS Institute Inc., Durham, NC. 2002.

SEEMAN, J. Greenhouse climate. In: SEEMAN, J.; CHIRKORV, Y.I.; LOMAS, J.; PRIMAULT, B. **Agrometeorology**. New York: Springer-Verlag, 1979. p.167-178.

SHAHAK, Y.; GUSSAKOVSKY, E.E.; COHEN, Y.; LURIE, S.; STERN, R.; KFIR, S.; NAOR, A.; ATZMON, I.; DORON, I. e GREENBLAT-AVRON, Y. ColorNets: A New Approach for Light Manipulation in Fruit Trees. **Acta Horticulturae**, v. 636, p. 609-616, 2004.

SILVA, A.T.; PASQUAL, M.; ANTUNES, L.E.C.; CARVALHO, G.R.C. Influência da espécie, desfolha e ambiente na aclimação de plântulas produzidas “*in vitro*”. **Ciência e Prática**, Lavras, v. 18, n. 3, p. 280-285, jul/set.1994.

SILVA, C.R.R.; SOUTO, R.F.; MENEGUCCI, J.L.P. Propagação da bananeira. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 20, n. 196, p. 16-20, jan/fev. 1999.

SILVA, D.S.; BOSISIO A.; BOSCAROL B.; BELTZER, A.; AMSLER, G.P. Aclimação de mudas de bananeira (*Musa spp.*) “Prata”(AAB) em diferentes substratos. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 46, n. 267, p. 543-554, 1999.

SILVA FERNANDES, A.M.; BAKER E.A.; MARTIN, J.T. Studies on plant cuticle VI: the isolation and fractionation of cuticular waxes. **Annals of Applied Biology**, v. 53, p. 43-58, 1964.

SOUSA, H.U. de, SILVA, C.R. de R. e, CARVALHO, J.G. de, MENEGUCCI, J.L.P. Nutrição de mudas de bananeira em função de substratos e doses de superfosfato simples. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 24, p. 64-73, dez., 2000.

SOUZA, A.S.; CORDEIRO, Z.J.M.; TRINDADE, A.V. Produção de Mudas. In: CORDEIRO, Z.J.M. (Org.). **Banana. Produção: aspectos técnicos**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000. p. 39-46. (Frutas do Brasil; 1).

SOUZA, A.S.; DANTAS, J.L.L.; SOUZA, F.V.D.; CORDEIRO, Z.J.M.; SILVA NETO, S.P. Propagação. In: ALVES, E.J. (Org.) **A cultura da banana: aspectos técnicos, socioeconômicos e agroindustriais**. Brasília: EMBRAPA-SPI/Cruz das Almas, EMBRAPA-CNPMF, 1997. p.151-195.

SUTTER, E. Stomatal and cuticular water loss from apple, cherry and sweetgum plants after removal from *in vitro* culture. **Journal of American Society for Horticultural Science**, Kentville, v. 103, p. 234-238, 1988.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. Porto Alegre:, Artmed, 2004. 719 p.

TICHÁ I.; CAP, F.; PACOVSKÁ, D.; HOFMAN, P.; HAISEL, D.; CAPKOVÁ, V.; SCHÄFER, C. Culture on sugar medium enhances photosynthetic capacity and high light resistance of plantlets growth *in vitro*. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 102, p. 155-162, 1998.

VAN HUYLENBROECK, J.M.; PIQUERAS, A.; DEBERGH, P.C. Photosynthesis and carbon metabolism in leaves formed prior during *ex vitro* acclimatization of micropropagated plants. **Plant Science**, v. 134, p. 21-30. 1998.

VIEIRA JR, P.A.; DOURADO-NETO, D.; SMIDERLE, O.J.; CICERO, S.M. Efeitos de métodos de irrigação sobre a produção e a qualidade de sementes de feijão. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 20, n. 1, p. 100-105, 1998.

WHITAKER, J.H. **Agricultural building and structure**. Heston, Virginia: Heston Publishing Company, 1979. 289 p.

ZAFFARI, G.R.; PERES, L.E.P.; KERBAUY, G.B. Endogenous levels of cytokinins, indoleacetic acid, abscisic acid and pigments in variegated somaclones of micropropagated banana leaves. **Journal of Plant Growth Regulation**, Berlin, v.17, p. 59-61, 1998.

ZONTA, E.P.; MACHADO, A.D.; SILVEIRA JUNIOR, P. **SANEST**: sistema de análise estatística para microcomputadores (Software). Pelotas: Instituto de Física e Matemática, Universidade Federal de Pelotas, 1984.

APÊNDICE

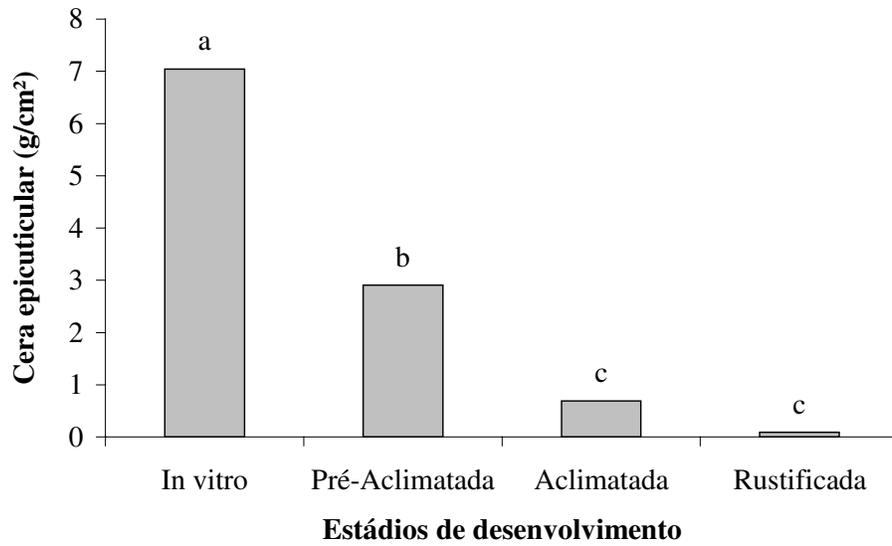


Figura 1 – Quantificação preliminar de cera foliar epicuticular em folhas de plantas micropropagadas de bananeira cv. Grande Naine em função da fase de desenvolvimento.

Tabela 1 – Coeficientes de Variação (%) das análises conjuntas dos experimentos em casas de vegetação e campo.

Variável	Experimentos em casas de vegetação		Experimentos em campo	
	Verão	Inverno	Verão	Inverno
AI	8,47	10,81	10,30	11,53
AT	7,16	11,19	8,53	11,01
CR	12,48	14,46	-	-
DP	6,99	9,96	11,02	11,70
NF	9,12	8,91	10,17	9,37
MF PA	15,28	22,33	30,06	28,39
MF RA	18,22	25,35	-	-
MF RI	24,23	60,02	-	-
MS PA	17,37	25,10	33,60	24,96
MS RA	23,64	30,82	-	-
MS RI	38,07	52,89	-	-
AF	18,01	17,73	22,66	25,86
CX C	21,92	13,11	11,78	15,03
CL. TOT.	26,96	18,97	23,18	25,01
AST	31,06	16,75	13,91	14,44
YIELD	26,29	20,16	24,04	13,34
SPAD	9,00	9,69	8,47	9,43

Tabela 2 – Resultados do Teste de Homogeneidade de Variâncias de Levene - análises conjuntas dos experimentos em casas de vegetação.

Variável	Pr > F (entre ambientes) ^(a)		Pr > F (entre períodos) ^(b)	
	Verão	Inverno	Verão	Inverno
AI	0,0600	0,0010*	0,0208*	0,0094*
AT	0,0106*	0,0099*	0,0103*	0,0210*
CR	0,0573	0,3930	0,0077*	0,0365*
DP	0,8600	0,4934	0,1457	0,3039
NF	0,0003*	0,0098*	0,0003*	0,0749
MF PA	0,3419	0,0593	0,0062*	<,0001*
MF RA	0,0491*	0,2711	0,0221*	0,0026*
MF RI	0,3735	0,4002	0,7978	0,3120
MS PA	0,8137	0,4279	<,0001*	0,0002*
MS RA	0,0259*	0,3159	0,1311	0,0016*
MS RI	0,2202	0,4431	0,8336	0,1621
AF	0,0053*	0,0019*	<,0001*	0,0002*
CX C	0,0176*	0,1731	0,1247	0,3130
CL. TOT.	0,0095*	0,5615	0,0327*	0,0011*
AST	0,7892	0,2031	0,0295*	0,0271*
YIELD	0,2266	0,1656	0,4847	0,1080
SPAD	0,9380	0,4900	0,1008	0,0836

(*) Indica rejeição da homogeneidade das variâncias ($p < 0,05$).

^(a) Graus de liberdade na ANOVA: ambientes = 4 / resíduo = 115;

^(b) Graus de liberdade na ANOVA: períodos = 2 / resíduo = 117.

Tabela 3 – Resultados do Teste de Homogeneidade de Variâncias de Levene - análises conjuntas dos experimentos em campo.

Variável	Pr > F (entre ambientes) ^(a)		Pr > F (entre períodos) ^(b)	
	Verão	Inverno	Verão	Inverno
AI	0,6947	0,9529	0,1462	0,3477
AT	0,6090	0,7998	0,0583	0,0873
DP	0,8337	0,5911	0,2190	0,0716
NF	0,3055	0,7826	0,3355	0,0364*
MF PA	0,9085	0,6174	0,0014*	0,0021*
MS PA	0,5679	0,5208	0,0011*	0,0039*
AF	0,0736	0,7731	<0,0001*	<,0001*
CX C	0,8742	0,8360	0,1663	0,8423
CL. TOT.	0,6606	0,0780	0,1150	0,1797
AST	0,3231	0,7207	0,0117*	0,4524
YIELD	0,2620	0,6667	0,0180*	0,0605
SPAD	0,5825	0,9798	0,2583	0,4600

(*) Indica rejeição da homogeneidade das variâncias ($p < 0,05$).

^(a) Graus de liberdade na ANOVA: ambientes = 4 / resíduo = 115;

^(b) Graus de liberdade na ANOVA: períodos = 2 / resíduo = 117.