

## ESTUDO DE SIMULAÇÕES DE MICROCLIMAS EM CASAS DE VEGETAÇÃO VISANDO À ACLIMATAÇÃO DE MUDAS MICROPROPAGADAS DE BANANEIRA CV GRANDE NAINÉ<sup>1</sup>

CIRO SCARANARI<sup>2</sup>, PAULO ADEMAR MARTINS LEAL<sup>3</sup>, GIAMPAOLO QUEIROZ PELLEGRINO<sup>4</sup>

**RESUMO-** Em processos de aclimação, o controle ambiental assume papel de vital importância, pois, ainda na condição *in vitro*, as plantas não operam eficientemente a absorção de luz, água e nutrientes. Devem, portanto, ser submetidas a ambientes controlados sob condições favoráveis de luminosidade, temperatura (ao redor de 28°C, com mínimas a 18°C e máximas a 34°C) e umidade relativa (acima de 75%). Para tanto, foram construídos 5 mini-túneis com temperatura e umidade relativa controladas. No controle da temperatura, usaram-se resfriadores evaporativos do tipo ventilador-meio poroso, 28/25°C. No controle da umidade relativa, usou-se nebulização durante o dia a 75% sob intermitência de 6s a cada 40s. Para o monitoramento da temperatura e umidade relativa, foram instalados 3 psicrômetros aspirados em cada casa de vegetação, ligados a sistema programado para leituras diárias com partição de 60s. Os resultados indicam controle satisfatório nos ambientes, oferecendo condições favoráveis para as plantas de bananeira sob o 2º estágio de aclimação, embora tenham sido observadas diferenças significativas entre eles. Para o estudo da luminosidade, sob filme plástico transparente PEBD de 100µm, foram utilizadas telas com média de sombreamento na faixa RFA (400 a 700nm) de 69,92%, 50,73%, 29,73% e 57,77%, sendo as 3 primeiras de cor vermelha (com picos na faixa de 580nm e redução abrupta a partir daí), e a última de cor preta (comportamento linear), respectivamente. O 5º ambiente contou apenas com o filme, apresentando 12,74% de interceptação da radiação solar. Esses valores foram obtidos a partir de amostras pareadas, tela e filme para os 4 primeiros ambientes e apenas o filme para o último, utilizando-se de espectro-radiômetro programado para a faixa de 400 a 1.100nm, com resolução espectral de 2nm. Dentro e fora de cada ambiente, obtiveram-se dados de irradiâncias RFA e global, por meio de sensores fotovoltaicos de silício, por volta das 9h, 12h e 15h, sob condições de céu claro e encoberto, durante o verão de 2004/05 e inverno de 2005. As malhas vermelhas apresentam transmitâncias diferenciadas ao longo do espectro da radiação fotossinteticamente ativa, constituindo-se assim em interessantes materiais para os pretendidos estudos sobre aclimação. Resultados mostram maiores reduções na faixa RFA para as telas vermelhas, independentes do horário, insolação e estação do ano, concordantes com aqueles obtidos por espectro-radiômetro.

**Termos para indexação:** *Musa sp.*, ambiência, mudas, sombreamento.

## SIMULATIONS OF MICROCLIMATE IN GREENHOUSES AIMING THE ACCLIMATIZATION OF MICROPROPAGATED SEEDLINGS OF BANANA CV. GRANDE NAINÉ

**ABSTRACT -** In acclimatization processes, the environment control takes over a part of vital importance, since in *in vitro* condition banana seedlings do not efficiently operate the absorption of light, water and nutrients. Therefore, they should be submitted to controlled environments under feasible conditions of luminosity, temperature (around 28°C, with minimum of 18°C and maximum of 34°C), and relative humidity above 75%. For this purpose, it was installed five mini tunnels with controlled temperature and relative humidity. For the control of temperature it was used pad-fan evaporative coolers at 28/25°C. For the control of relative humidity it was used fogging during the day at 75% under intermittence of 6s at each 40s. For temperature and relative humidity monitoring, it was installed three aspirate psychrometers in each mini tunnel connected to a data logger for daily acquisition every 60s. Temperature and relative air humidity were adequate for plants development, however significant differences were observed between the different environment conditions. For luminosity study, under transparent plastic film (low density polyethylene) of 100µm thickness, it was used four meshes with average shading in the PAR spectrum band (400 to 700nm) of 69.92%, 50.73%, 29.73%, and 57.77%, being the first three in red color (with top level at 580nm, and abrupt reduction after that), the fourth mesh was black (linear behavior). The fifth tunnel had only transparent plastic film, showing 12.74% of solar radiation interception. These values were obtained from paired samples (mesh and plastic film) for the first four tunnels, and only the transparent plastic film for the last, using a spectral radiometer (400 to 1100nm), with spectral resolution of 2nm. Inside and outside of each environment it was obtained global and PAR irradiance by using calibrated photovoltaic sensors at 9:00, 12:00, and 3:00, under clean and cloudy sky, during the summer of 2004/05, and winter of 2005. The red mesh presented differentiated transmittances at the PAR spectrum band which established an interesting material for acclimatization studies. Results show bigger reductions on the PAR spectrum band for the red mesh, regardless of time, solar radiation, or seasons, which agree with the results obtained by the spectral radiometer

**Index terms:** *Musa sp.*, environment, seedling, shading.

<sup>1</sup>(Trabalho 018-08). Recebido em: 07-01-2008. Aceito para publicação em 12-08-2008.

<sup>2</sup>Eng. Agr., Dr. – Embrapa Transferência de Tecnologia, Caixa Postal 6062, CEP 13083-970, Campinas-SP. ciro@campinas.snt.embrapa.br

<sup>3</sup>Eng. Agric., Dr. Prof. Titular – FEAGRI/UNICAMP, Caixa Postal 6011, CEP 13083-970, Campinas-SP. pamleal@feagri.unicamp.br

<sup>4</sup>Eng. Florestal., Pesq. Dr. – Embrapa Informática Agropecuária, Caixa Postal 6041, CEP 13083-970, Campinas-SP. giam@cnptia.embrapa.br

## INTRODUÇÃO

A utilização de mudas obtidas por micropropagação oferece vantagens, dentre as quais a redução do espaço e do tempo necessários à sua produção e à oferta de materiais livres de bactérias, fungos e nematóides prejudiciais às bananeiras. 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 e luminosidade sejam favoráveis a um gradual endurecimento das tenras plântulas (Souza et al., 1997). No primeiro estágio da aclimação, denominado pré-aclimação ou berçário, as plântulas permanecem sob baixa intensidade luminosa e alta umidade relativa do ar até atingirem altura mínima de 10cm. 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%, temperatura ao redor de 28°C, com mínimas a 18°C e máximas a 34°C, e umidade relativa acima de 75% (Souza et al., 1997; Hoffmann, 2002) até atingirem altura entre 25 e 30cm, momento em que são disponibilizadas ao mercado, sendo por ele consideradas pretensamente aclimatadas (Silva et al., 1999). 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 insucesso na aclimação de mudas micropropagadas, Hoffmann (2002) cita-se 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 elevada umidade relativa do ar (acima de 90%), através da utilização de nebulização intermitente ou de coberturas plásticas ou de vidro, com posterior redução gradativa da UR do ar, 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 et al., 1981). Os autores ainda destacam que o uso de resfriamento evaporativo do ar é o método de resfriamento mais extensivamente usado. Um desses sistemas é composto por um meio poroso ("pad") e um ventilador. A água é aplicada inteiramente no material do meio poroso e succionada ou propelida por um ou mais ventiladores localizados no lado oposto ou mesmo lado, respectivamente, 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 & Gonzalez, 1995) e há que se ter cuidados quanto ao diâmetro máximo das gotas, que não devem exceder a 10 µm a fim de se evitar o molhamento das plantas (Montero & Antón, 1994). A eficiência do sistema de nebulização diminui com o aumento da umidade relativa no interior do ambiente protegido (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 do 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). Esse 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. Os autores verificaram ainda 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 muito altas, acima de 90%, diminuem a taxa de transpiração das folhas, e umidades muito baixas, inferiores a 50%, podem resultar em altos níveis de transpiração, 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%.

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 & Robledo (1981), entre 70 a 95%. Farias et al. (1993) encontraram valores de redução na transmissividade no intervalo de 11 às 13 horas, sendo que foi 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 & Lima, 2000).

A faixa de espectro mais importante para os processos fotobiológicos situa-se do ultravioleta (200-400nm), espectro visível (400-700nm, região esta do espectro também denominada Radiação Fotossinteticamente Ativa - RFA) e infravermelho (740-

1.600nm). De acordo com citações em Taiz & Zeiger (2004), as faixas das regiões do espectro e respectivos efeitos sobre as plantas podem ser assim agrupadas: 1ª faixa: > 1.000nm (infravermelho) - não causam danos às plantas e são por elas absorvidas, sendo aproveitadas sob a forma de calor sem que haja interferência com os processos biológicos; 2ª faixa: entre 1.000 e 720nm - estes são os limites do espectro que exerce efeito no crescimento das plantas. A luz vermelha, no limite inferior da faixa, provoca um grande aumento na expressão de um gene que codifica uma enzima-chave na síntese da giberelina (Toyomatsu et al., 1998) que, por sua vez, pode promover o alongamento de internódios e o controle de floração; 3ª faixa: entre 720 e 610nm - neste intervalo do espectro, ocorre absorção pela clorofila e carotenóides. Gera forte atividade fotossintética, apresentando em vários casos atividade fotoperiódica; 4ª faixa: entre 610 e 510nm - é uma faixa 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 faixa 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 320nm (ultravioleta) - ocorre inibição de elongação celular, exercendo efeitos na formação das plantas (tornam-se mais baixas e as folhas mais grossas). A radiação ultravioleta A (UV-A), caracteriza-se por atuar como fotooxidante (Larcher, 2000); 7ª faixa: entre 320 e 280nm - é prejudicial à maioria das plantas. A radiação UV-B (280-314nm), além do efeito fotooxidante, causa lesões nas biomembranas (Larcher, 2000); 8ª faixa: < 280nm - morte rápida das plantas.

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 a redução da temperatura interna de abrigos para o cultivo protegido, porém é necessário que se estabeleçam níveis adequados de sombreamento, não prejudicial ao desenvolvimento e à produção vegetal (Faria Junior et al., 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. Citaram 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 significativas. Comparadas com a tela preta, as telas vermelha e amarela estimularam, significativamente, o crescimento vegetativo, enquanto a azul causou nanismo.

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 queimaduras em frutos. Os autores afirmaram 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.

O presente trabalho objetiva caracterizar os ambientes quanto aos impactos de temperatura e umidade relativa sob diferentes níveis de intensidade luminosa a que foram expostas mudas micropropagadas de bananeira cultivar Grande Naine, ao processo do segundo estágio da aclimação.

## MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram instalados em área experimental de coordenadas 22°48'57"S, 47°03'33"W e altitude de 640m acima do nível do mar, tendo sido iniciados os de verão, em dezembro de 2004, e concluídos em fevereiro de 2005. Os de inverno foram realizados no período de junho a agosto de 2005.

Os ambientes experimentais foram compostos de 5 casas de vegetação, do tipo minitúnel, instaladas na orientação leste-oeste, com espaçamento de 2,0m entre elas e cada uma com 2,0m de largura (na altura das bancadas), 10,5m de comprimento e 2,0m de altura total. Elas foram cobertas, externamente, com filme PEBD de 100µm de espessura, aditivado contra raios ultravioleta (UV) e, internamente, em 4 delas, com diferentes malhas de sombreamento conforme descrição a seguir e, em uma, apenas com este filme:

A1 - Ambiente 1: malha Polysack ChromatiNet® vermelha 70, com superfície de cobertura, segundo o fabricante, de 71 a 75%;

A2 - Ambiente 2: malha Polysack plástica preta, com superfície de cobertura, segundo o fabricante, de 50 a 55%;

A3 - Ambiente 3: malha Polysack ChromatiNet® vermelha 50, com superfície de cobertura, segundo o fabricante, de 51 a 55%;

A4 - Ambiente 4: Sem qualquer tipo de malha, contando apenas com a cobertura de filme PEBD de 100µm;

A5 - Ambiente 5: malha Polysack ChromatiNet® vermelha 30, com superfície de cobertura, segundo o fabricante, de 28 a 32%.

Cada ambiente contou com bancada de 6,24m de comprimento, 2,0m de largura, 0,8m de altura em relação ao solo, e 2cm de espessura, sendo dispostas sobre cada uma delas 24 bandejas (3 para cada bloco) localizadas ao centro da estrutura e com limites a 2,18m de suas extremidades leste e oeste, distância suficiente para se evitar a incidência direta da luz solar (Leal, 2003). Cada bandeja continha 24 mudas pré-aclimatadas de 10 a 12cm de altura, perfazendo um total de 576 mudas, sendo 192 úteis.

Ao término dos experimentos com plantas, durante os meses de abril/2005 e maio/2005, para a caracterização da transmitância, refletância e absortância de cada uma das coberturas dos ambientes, foram conduzidas análises espectro-

radiométricas a partir de amostras das diversas telas e filmes plásticos utilizados, que compuseram cada um dos diferentes conjuntos de sombreamento. Para tanto, 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 um dos ambientes, 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 de espectro radiômetro LI-COR mod. LI-1800 com o acessório LI-1800 12S (“External Integrating Sphere”). Assim, as análises foram executadas, tomando-se 5 repetições das amostras conjuntas (tela e filme), exceto para o A4, constituído apenas do filme.

Para a manutenção da temperatura interna do ar dentro da faixa recomendada, foi instalado sistema de resfriamento “meio poroso-ventilador”, que contou com cinco resfriadores evaporativos, marca Ecobrisa, modelo EB 50, um para cada ambiente, disposto na extremidade leste de cada um, regulados para acionamento a 28°C e parada aos 25°C.

Visando a manter a umidade relativa do ar nos níveis desejados, foi instalado sistema de nebulização composto de conjunto motobomba (KSB, mod. P1000, de 1 CV), ligado por tubulação de PVC (25mm de diâmetro) a 5 conjuntos (um para cada ambiente), compostos de 5 nebulizadores cada (modelo Fogger de vazão de 7L/h sob pressão de 4,0kgf/cm<sup>2</sup>). O sistema era acionado durante o dia (das 8 h às 18 h) por umidostato e temporizador intermitente (6 s a cada 40 s) sempre que a umidade relativa do ar interno aos ambientes fosse inferior a 75%.

Os dados de temperatura e de umidade relativa 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, 3 unidades para cada ambiente, além de mais uma para avaliação do ar externo.

Cada psicrômetro foi construído com tecnologia e materiais relativamente simples, utilizando-se de tubo de PVC de 100mm, com 40cm de comprimento, sendo internamente fixado à sua parede outro tubo de menor diâmetro (50mm), de apenas 20cm de comprimento, fechado na extremidade inferior para função de reservatório de água. Nesse tubo menor, foi fixado um cordão de algodão de 0,5cm de diâmetro por 20cm de comprimento, tendo uma das extremidades imersa em água destilada presente no reservatório, repostada diariamente até o seu limite superior. A outra extremidade do cordão foi mantida fora do reservatório, com o objetivo de, por capilaridade, manter-se constantemente umedecida. Dentro do tubo maior, foram fixados 2 termopares do Tipo T, sendo 1 fixado na extremidade externa do cordão, para tomadas de temperatura de bulbo úmido, e outro suspenso no centro do tubo, para tomadas de temperatura de bulbo seco. Na extremidade superior do tubo maior, foi fixado um micro-ventilador, modelo 4x4 DC 12V, com o objetivo do fornecimento de fluxo constante de ar para proporcionar evaporação da água no cordão, possibilitando, assim, tomadas corretas de temperatura de bulbo úmido. Todo o conjunto foi revestido externamente por filme refletivo para eliminar a influência de aquecimento pela radiação solar incidente.

Para o cálculo da umidade relativa do ar, utilizaram-se as

temperaturas de bulbo seco e bulbo úmido, que, aplicadas ao software GRAPSI 6.0 (Melo et al., 2004), revelaram dados da umidade relativa do ar.

Os dados de temperatura e de umidade relativa do ar foram submetidos a ANOVA, utilizando-se do pacote estatístico Statgraphics v.4.1, e as médias diárias entre cada ambiente, comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

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 9h, 12h e 15h, em 2 situações distintas de insolação: céu claro e céu encoberto e, respeitada cada situação, em 3 dias escolhidos ao acaso ao longo da execução dos experimentos. As tomadas foram feitas utilizando-se de um conjunto composto de 2 sensores LI-COR instalados sobre a bancada e na porção mediana de cada ambiente (um, sensor Quantum LI-190SA, para medir a RFA na faixa visível de 400 a 700nm, e o outro, sensor piranômetro LI-200SZ, para medir a radiação solar global na faixa de 400 a 1.100nm) conectados à Data-Logger LI-COR, modelo LI-1.400. Para comparações com o meio externo, outro conjunto idêntico foi instalado simultaneamente do lado de fora de cada ambiente. Dessa forma, foi possível estabelecer relações de redução da luminosidade proporcionada pelo tipo de cobertura de cada ambiente.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 apresenta os valores pontuais de interceptação da luz ao longo do espectro na faixa da RFA, obtido por espectrorradiometria com resolução espectral de 2nm, proporcionados pelos materiais utilizados nos diferentes ambientes.

A Tabela 1 apresenta o comparativo entre os dados médios, na faixa da RFA, obtidos por meio do espectrorradiômetro a partir de amostras dos materiais novos e aqueles apresentados pelo fabricante. Para as malhas, os valores médios obtidos encontram-se muito próximos àqueles fornecidos pelo fabricante, enquanto para o filme, o valor médio obtido encontra-se dentro da faixa (Martin & Robledo, 1981).

A Figura 2 apresenta as características de transmitância e reflectância de cada um dos conjuntos, malha e filme, exceto para o ambiente 4 (A4), constituído apenas do filme.

As relações de redução da luminosidade proporcionada pelo tipo de cobertura de cada ambiente, baseadas na coleta de dados instantâneos de irradiâncias dentro e fora de estufas, simultaneamente, encontram referências em trabalho de Frisina et al., 2000. Tais relações estão ilustradas na Figura 3, que mostra que, dentro da região da RFA, os percentuais médios de redução da transmitância proporcionados pelas malhas vermelhas (ambientes A1, A3 e A5) são maiores do que aqueles na região da radiação global, o que está de acordo com o que se pode observar na Figura 2, que apresenta transmitâncias obtidas por espectrorradiometria.

Diferentemente, para o ambiente A2, de malha preta, esse diferencial não é observado na Figura 3, fato também verificado

na resposta linear de transmitância da Figura 2.

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 que a malha vermelha atua como filtro até a região dos 570nm, transmitindo e refletindo, a partir dessa faixa, cerca de 20% mais radiação que a malha preta.

Os dados médios de temperatura e de umidade relativa coletados durante a realização dos experimentos de verão (de 15-12-04 a 17-02-05) e de inverno (de 22-06-05 a 24-08-05) encontram-se nas Figuras 4 e 5. Eles revelam que o controle ambiental proporcionado apresentou resultados satisfatórios do ponto de vista de exigências da planta (Souza et al., 1997; Hoffmann, 2002), embora tenham sido encontradas diferenças significativas entre os ambientes (Tabela 2) quando comparados pelas médias diárias.

Considerando-se que os fatores que influenciam na temperatura do ar no interior dos ambientes, tais como tamanho e volume de cada um, 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 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 os ambientes A2 e A3, de sombreamento intermediário, apresentaram temperaturas também intermediárias.

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

**TABELA 1-** Características das malhas e filme utilizados.

Material	Superfície de cobertura (%) (*)	Interceptação da radiação (**)
ChromatiNet® vermelha 30	28-32	29,73
ChromatiNet® vermelha 50	51-55	50,73
ChromatiNet® vermelha 70	71-75	69,92
Preta 50	50-55	57,77
Filme PEED 100 m	Transparente	12,74

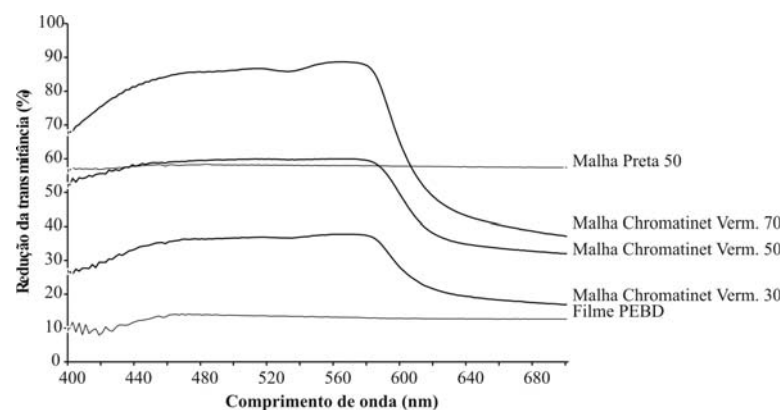
(\*) especificações do fabricante. (\*\*) Obtida por espectrorradiometria (LI-1800) com esfera externa (LI-1800 12S).

**TABELA 2-** Médias diárias de temperatura (bulbo seco) e de umidade relativa 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)
1	24,6 <sup>d</sup>	88,0 <sup>a</sup>	2,731	3,102	19,8 <sup>d</sup>	79,4 <sup>a</sup>	1,830	2,306
2	25,9 <sup>c</sup>	84,9 <sup>bc</sup>	2,845	3,349	21,7 <sup>b</sup>	73,4 <sup>c</sup>	1,908	2,598
3	26,0 <sup>c</sup>	87,5 <sup>a</sup>	2,938	3,357	21,1 <sup>c</sup>	75,4 <sup>b</sup>	1,892	2,509
4	26,9 <sup>a</sup>	85,9 <sup>b</sup>	3,053	3,551	22,1 <sup>a</sup>	72,7 <sup>c</sup>	1,933	2,661
5	26,6 <sup>b</sup>	84,3 <sup>c</sup>	2,941	3,488	22,1 <sup>a</sup>	75,2 <sup>b</sup>	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 v1.4 (Mendes, 1997).



**FIGURA 1** – Sombreamento proporcionado pelos materiais utilizados nos diferentes ambientes, obtido por espectro-radiometria na faixa da RFA.

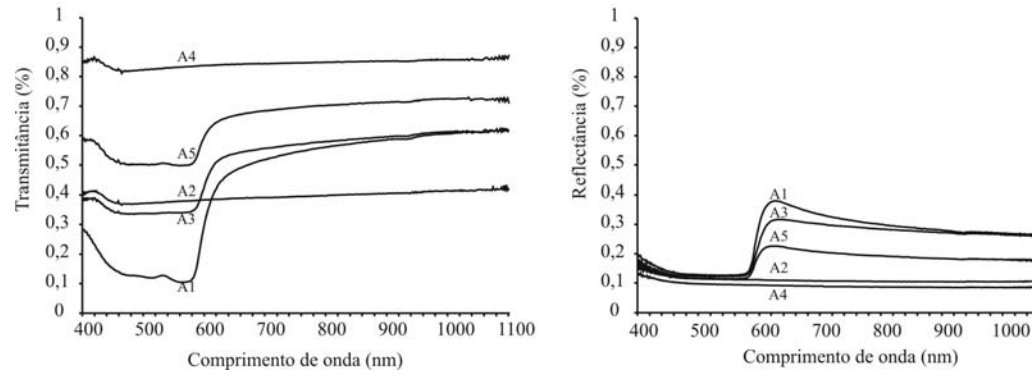


FIGURA 2 – Transmittância e reflectância obtidas por espectro-radiometria em cada um dos ambientes.

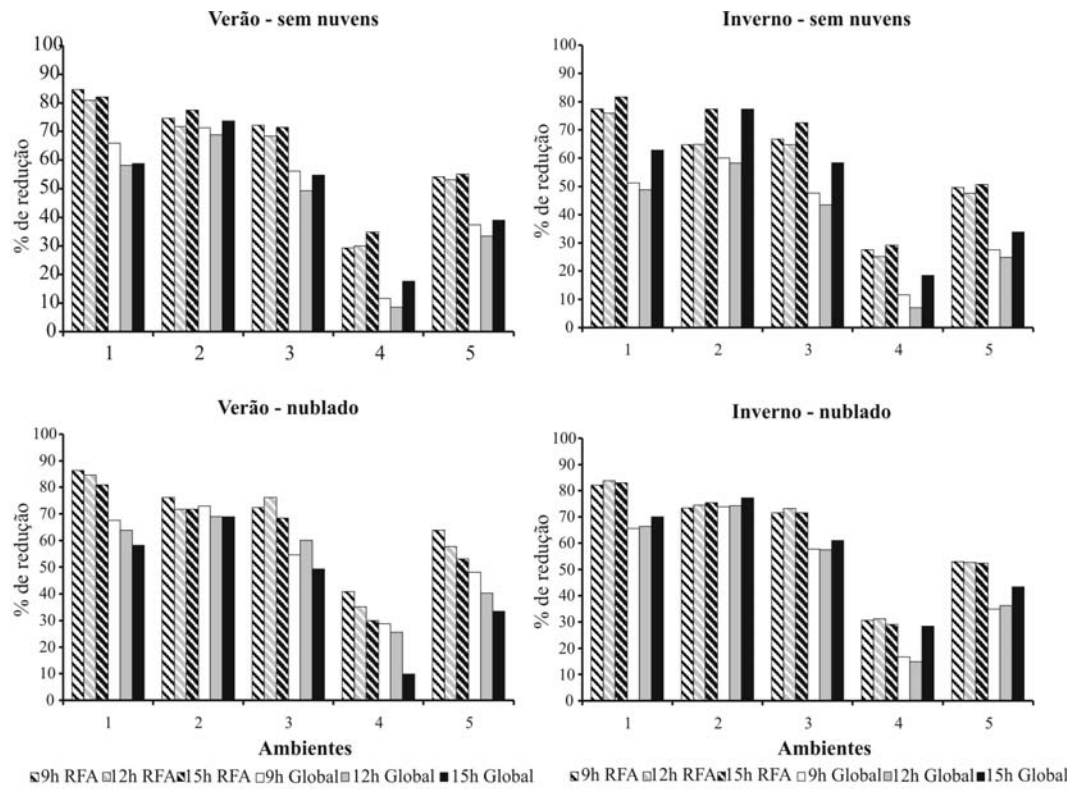


FIGURA 3 – Redução média da radiação Global e RFA, medidas por meio de sensores fotovoltaicos em cada ambiente, comparada ao meio externo em condições de inexistência de nuvens e de céu nublado, durante os experimentos de verão e inverno em casas de vegetação.

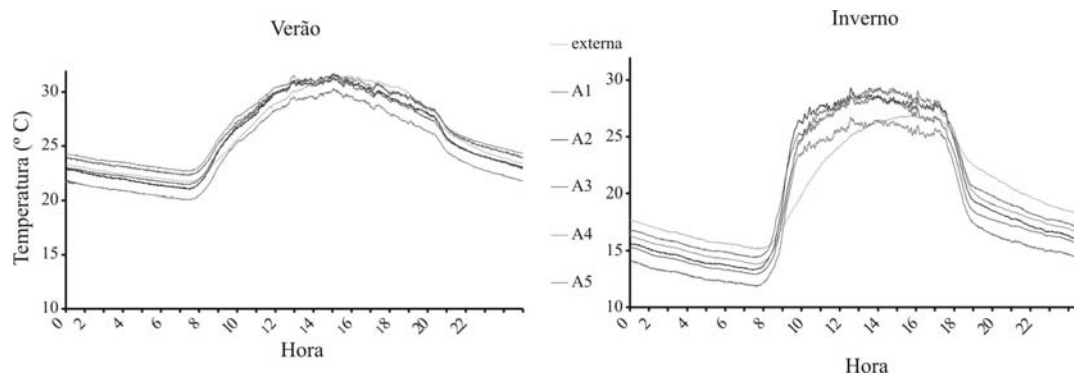
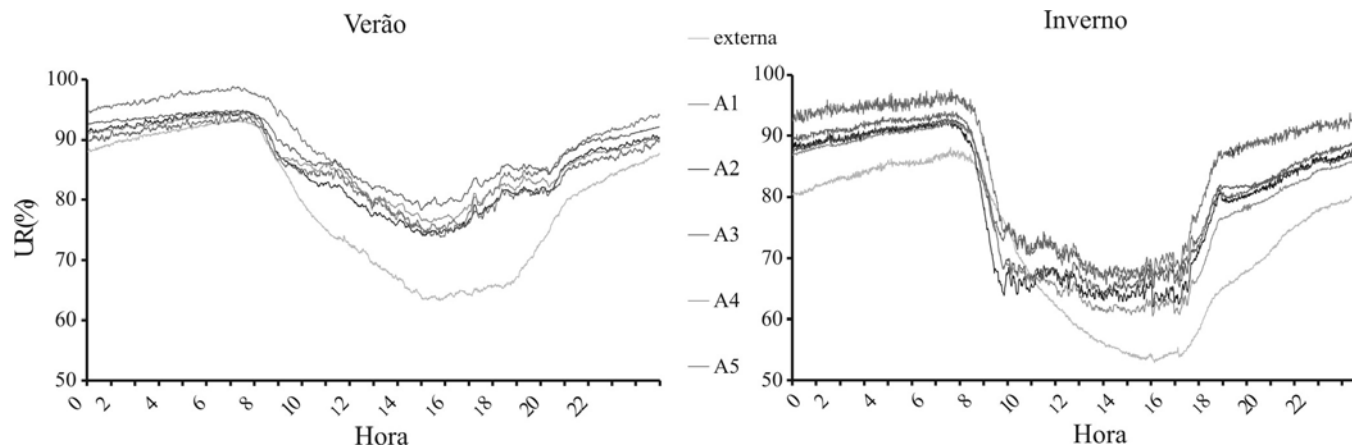


FIGURA 4 – Médias de temperatura em cada ambiente ao longo do dia, durante 9 semanas de aclimação no verão (de 15-12-04 a 17-02-05) e no inverno (de 22-06-05 a 24-08-05).



**FIGURA 5** – Médias de umidade relativa em cada ambiente ao longo do dia, durante 9 semanas de aclimação no verão (de 15-12-04 a 17-02-05) e no inverno (de 22-06-05 a 24-08-05).

## CONCLUSÕES

Nas condições em que foram conduzidos os trabalhos:

1-As malhas vermelhas utilizadas apresentaram transmitâncias diferenciadas ao longo do espectro da radiação fotossinteticamente ativa, com picos de redução ao redor dos 570nm, constituindo-se assim em interessantes materiais nos estudos sobre aclimação. Resultados comparativos com o meio externo, por meio de sensores fotovoltaicos, mostraram maiores reduções na faixa RFA para as telas vermelhas, independentemente do horário, insolação e estação do ano, concordantes com aqueles obtidos por espectrorradiômetro.

2-Considerando os sistemas de resfriamento evaporativo e de nebulização intermitente utilizados, iguais em todos os ambientes, o nível de sombreamento oferecido é inversamente proporcional à temperatura e diretamente proporcional à umidade relativa interna do ar. Embora com comportamentos diferentes quanto à temperatura e umidade, todos os ambientes estudados ofereceram as condições requeridas pelas plantas de bananeira, sob o 2º estágio de aclimação.

## REFERÊNCIAS

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. 51p. (Documentos, 59).

BUCKLIN, R.A.; LEARY, J.D.; MCCONNELL, D.B.; WILKERSON, E.G. **Fan and pad greenhouse evaporative cooling systems**. Gainesville: Department of Agricultural and Biological Engineering, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida. 2003 (Circular, 1135). Disponível em: <<http://edis.ifas.ufl.edu/AE069>>. Acesso em: 16 abr. 2004.

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

FARIA JUNIOR, M. J. A.; LIMA, A. M. Uso de Sombreamento em Estufa Coberta com Polietileno e com ventilação natural: efeitos sobre variáveis climáticas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 29., 2000, Fortaleza. **Anais...** 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**, Campinas, v.1, n.1, p.51-62, 1993.

FRISINA, V.A.; ESCOBEDO, J.F.; GOMES, E.N. Estimativa da radiação fotossinteticamente ativa (PAR) em estufa de polietileno. In: ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL, 3., 2000, Campinas. Disponível em: <[http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=MSC0000000220000002000056&lng=en&nrm=abn](http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=MSC0000000220000002000056&lng=en&nrm=abn)>. Acesso em: 18 maio 2006.

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

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

LEAL, P.A.M. **Radiação solar: curso estudo dirigido em construções rurais e ambiência**. Campinas: Faculdade de Engenharia Agrícola, 2003. 36 f. Notas de aula.

MARIE, P. **L'acclimatation des vitroplants de bananiers de Grandee Naine**. Montpellier: CIRAD-FLHOR, 1995. 21 p.

- MARTIN, E.C.; ROBLEDO, L.V. **Aplicación de los plásticos en la agricultura**. Madrid: Mund-Pressa, 1981.55p.
- MARTINS, S.R.; GONZALEZ, J.F. Avaliação do resfriamento em estufa plástica mediante sistema de ventilação e nebulização. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Campinas, v. 3, p. 13-18, 1995.
- 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, 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**. Florianópolis: Laboratório de Eficiência Energética em Edificações. Universidade Federal de Santa Catarina, 1997. Disponível em: <<http://www.labee.ufsc.br/software/psychros.html>>. Acesso em: 04 jul. 2006.
- MONTERO, J.I.; CASTILLA, N.; GUTIERREZ de RAVÉ, E.; BRETONES, F. Climate under plastic in the Almeria. **Acta Horticulturae**, Wageningen, 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**, Wageningen, n.281, p.199-209, 1990.
- MONTERO, J.I.; ANTÓN, A. Greenhouse cooling during warm periods. **Acta Horticulturae**, Wageningen, v. 357, p. 49-61, 1994.
- SEEMAN, J. Greenhouse climate. In: Seeman, J.; Chirkov, Y.I.; Lomas, J.; Primault, B. **Agrometeorology**. Berlin : Springer-Verlag Berlin, 1979. p.165-178.
- 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**, Wageningen, v.636, p. 609-616, 2004.
- 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.
- 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, 1997. p.151-195.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719p.
- TOYOMATSU, T.; KAWAIDE, H.; INOUE, Y.; KAMIYA, Y. Phytochrome regulates gibberellin biosynthesis during germination of photoblastic lettuce seeds. **Plant Physiology**, Stuttgart, v. 118, p.1517-23, 1998.
- WHITAKER, J.H. **Agricultural building and structure**. Heston: Heston Publishing Company, 1979. 289 p.