

DESENVOLVIMENTO DE MUDAS DE CAFEIEIRO PRODUZIDAS EM TUBETES SOB MALHAS TERMO-REFLETORAS E MALHA NEGRA

VINÍCIUS MAIA COSTA¹; MARCOS VINÍCIUS FOLEGATTI²; ROBERTO TERUMI ATARASSI³; SÉRGIO NASCIMENTO DUARTE⁴; NILDO DA SILVA DIAS⁵ E CLAUDIO RICARDO DA SILVA⁶.

¹ Mestre em Agronomia, Depto. de Engenharia de Biossistemas, ESALQ-USP, Piracicaba – SP. E-mail: vinicius.costa@lindsay.com.br.

²Prof. Titular, Depto. de Engenharia de Biossistemas, ESALQ-USP, Piracicaba – SP. E-mail: mvfolega@usp.br.

³Instituto de Ciências Agrárias, UFU, Av. Amazonas, s/n, Bloco 2E, Campus Umuarama, 38400-902, Uberlândia-MG. E-mail: rtataras2@ig.com.br.

⁴Prof. Associado, Depto. de Engenharia de Biossistemas, ESALQ-USP, Piracicaba – SP. E-mail: snduarte@usp.br.

⁵Professor Associado 2, Departamento de Ciências Ambientais e Tecnológicas, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, RN. E-mail: nildo@ufersa.edu.br.

⁶Instituto de Ciências Agrárias, UFU, Av. Amazonas, s/n, Bloco 2E, Campus Umuarama, 38400-902, Uberlândia-MG. E-mail: rtataras2@ig.com.br.

1 RESUMO

Este experimento avaliou, em casa de vegetação, o desenvolvimento de mudas de cafeeiro produzidas em tubetes, sob o efeito de malhas utilizadas para sombreamento. Os tratamentos foram a tradicional malha negra 50% e as malhas termo-refletoras com atenuação da radiação solar de 40, 50, 60 e 70%. O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados contendo os 5 tratamentos, com 4 repetições, totalizando-se assim 20 parcelas. Os resultados mostram que temperatura do ar pouco variou no microclima protegido das parcelas, assim como a umidade relativa do ar e a transmissividade global (TRG) e fotossinteticamente ativa (TRFA). Verificou-se que malhas com menor atenuação da radiação solar apresentaram em geral maior transmissividade. A área foliar não apresentou diferença significativa entre os tratamentos; já para altura da planta e diâmetro do caule, verificou-se que as mudas produzidas sob as malhas termo-refletoras 40 e 50% foram superiores àquelas produzidas sob malha negra 50% e malhas termo-refletoras 60 e 70%, respectivamente. Nas avaliações de matéria seca, verificou-se que as mudas produzidas sob as malhas termo-refletoras 40% e 50% e malha negra 50% acumularam mais matéria seca comparativamente àquelas produzidas sob malhas termo-refletoras 60 e 70%. Assim, concluiu-se que as malhas termo-refletoras 40 e 50% e negra 50% apresentaram melhores resultados que as malhas termo-refletoras 60 e 70%.

Palavras-chave: *Coffea arábica* L., sombreamento, ambiente protegido.

COSTA, V.M.; FOLEGATTI, M.V.; ATARASSI, R.T.; DUARTE, S.N.; DIAS, N.S.; SILVA, C.R.

DEVELOPMENT OF COFFEE SEEDLINGS PRODUCED IN PLASTIC TUBES UNDER TERMO-REFLECTIVE AND BLACK SCREENS

2 ABSTRACT

This experiment evaluated, in greenhouse conditions, the development of coffee seedlings produced in plastic tubes, under the effect of screens used for shading. The treatments were the traditional black screen 50% and the thermo reflective screens with attenuation of the solar radiation of 40, 50, 60 and 70%. The adopted experimental delineation was randomized blocks with 5 treatments and 4 replicates, making up 20 parcels. The result showed that the temperature of air gently varied in the parcels, as well as the air relative humidity. Relating to global transmissivity (TRG) and photosynthetically active transmissivity (TRFA), it was verified that screens with less attenuation of the solar radiation presented higher transmissivity in general. The leaf area did not present significant difference among the treatments and seedlings height and stalk diameter, the seedlings produced under thermo-reflective screens 40% and 50% were superior to those produced under black screen 50% and thermo-reflective screen 60% and 70%. In the evaluations of dry matter, the seedlings produced under thermo-reflective screens 40% and 50%, and black screen 50% comparatively accumulated more dry matter than those produced under thermo-reflective screens 60% and 70%. Thus, it can be concluded that the thermo-reflective screens 40% and 50% and black screen 50% presented better results than the thermo-reflective screens 60% and 70%.

Keywords: *Coffea arabica* L., shading, greenhouse.

3 INTRODUÇÃO

A cafeicultura brasileira constitui-se numa das mais importantes atividades do setor agroindustrial brasileiro, sendo atualmente a maior em produção no mundo (RESENDE et al., 2009). Isso não garante ao Brasil competitividade no mercado internacional, pois aspectos qualitativos, que visam ao final um café de bebida superior, são mais importantes que a quantidade produzida na concorrência pela comercialização, pois permitem maior agregação de valor ao produto.

Tradicionalmente, a produção de mudas de cafeeiro é realizada em viveiros com cerca de 50% de sombreamento e as pesquisas tem demonstrado que a atividade do nitrato redutase, enzima essencial para o crescimento vegetal, além de ser influenciada pela temperatura e umidade do ambiente, é maior à sombra que a pleno sol em mudas de *Coffea arabica* L. com seis meses de idade (FALEIROS et al., 1975). Verificou-se também que as mudas de cafeeiro nesta idade têm um mecanismo de assimilação do nitrogênio diferente daquele das plantas adultas com 36 meses de idade, tendo-se, conseqüentemente, uma primeira opção bioquímica para explicar o melhor desenvolvimento das mudas à sombra. Na literatura, vários autores reportam o comportamento distinto do cafeeiro às mudanças do ambiente (BOTELHO et al., 2010; CILAS et al., 2010; GICHIMU; OMONDI, 2010; FERREIRA et al., 2013).

Considerando que as malhas termo-refletoras existentes no mercado, além de produzirem o sombreamento, possuem particulares características que melhoram as condições microclimáticas do ambiente submetido a elas (SOUSA NETO et al., 2010), este trabalho teve como objetivo avaliar o desenvolvimento de mudas de café, bem como o microclima do ambiente protegido sob malhas termo-refletoras em diferentes percentagens de atenuação da radiação solar.

4 MATERIAL E METODOS

O experimento foi conduzido na área experimental do Setor de Hidráulica do Departamento de Engenharia Rural da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, DER/ESALQ – USP, no município de Piracicaba – SP (22° 42’ 30’’ – latitude sul e 47° 30’ 00’’ – longitude oeste de Greenwich, a 546 m de altitude).

Para sua condução, foi utilizada uma casa de vegetação, instalada no sentido leste-oeste, com 6,40 m de largura e 17,50 m de comprimento, totalizando uma área de 112,00 m² e pé-direito de 3,00 m. Nas laterais e teto da casa de vegetação não existiram durante o período experimental fechamentos com quaisquer tipos de malhas para atenuação da radiação solar, pois cada uma das 20 parcelas recebeu, a depender do tratamento, fechamento individualizado com a respectiva malha termo-refletores ou negra, na parte superior e em suas quatro laterais. Assim, com as laterais e teto da casa de vegetação expostos somente à influência do plástico polietileno, evitou-se ao máximo interferências na qualidade e intensidade de radiação que incidiu nas parcelas, com estas ficando expostas somente ao bloqueio da respectiva malha utilizada, além da interferência entre parcelas.

O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso com cinco tratamentos e quatro parcelas, sendo os tratamentos constituídos por cinco tipos de malhas termo-refletores (40, 50, 60 e 70% de atenuação da radiação solar e a tradicional malha negra 50% - controle).

As parcelas foram constituídas por 20 bancadas confeccionadas em ferro, com dimensões 1,20 m de largura por 1,40 m de comprimento e 0,90 m de altura em relação ao solo, tendo sido dispostas em duas fileiras paralelas no sentido longitudinal da casa de vegetação. Em cada fileira o espaçamento entre bancadas foi de 0,55 m e entre fileiras de 1,40 m.

Cada parcela foi composta por 175 mudas dispostas sobre uma tela metálica com malha 4 cm x 4 cm, suficiente para suprir o apoio necessário a elas. Esta tela foi fixada através de solda à bancada. Deste total de mudas por parcelas, 14 foram utilizadas para realizar as medidas das variáveis fisiológicas, tendo-se, portanto, 161 mudas de bordadura, as quais foram distribuídas uniformemente nas laterais do espaço amostral.

No sentido longitudinal, internamente ao ambiente, à altura de 2,00 m, foram soldados dois trilhos, um em cada lateral, utilizados como guia e sustentação de uma barra de irrigação semi-automatizada para a irrigação das mudas de café. O espaçamento entre trilhos é de 6,30 m e constitui-se na largura da casa de vegetação, e correspondendo aos dois únicos pontos de apoio deste sistema de irrigação.

Em cada parcela, uma estrutura em ferro tipo vergalhão foi alocada sobre a bancada, servindo como estrutura para sustentação da respectiva malha, isolando-se lateralmente cada tratamento. Para o fechamento superior foram utilizados, em cada tratamento, arames galvanizados dispostos no sentido longitudinal da casa de vegetação, sustentados pelas estruturas das partes frontais desta. Este aparato serviu de apoio para todas as malhas superiores, possibilitando que estas permanecessem esticadas. Assim, a barra de irrigação transitava livremente entre o vão de 0,25 m formado entre o fechamento lateral e o superior, sem que houvesse o comprometimento de seu desempenho (Figura 1).

As mudas de café (cultivar Icatu-4045) foram adquiridas da Cooperativa dos Cafeicultores da Região de Garça, no estádio de desenvolvimento “orelha de onça”, ou seja, com o par de folhas cotiledonares formado, com idade de 91 dias após a semeadura. Estas foram produzidas por semeadura direta, realizada nos tubetes de 120 cm³. Como substrato, utilizou-se uma mistura composta por dois produtos comerciais orgânicos (3/4 de substrato Plantmax-Café® + 1/4 de Solomax®).

Figura 1. Montagem dos tratamentos sobre as bancadas, detalhando barra de irrigação localizada no vão entre fechamentos laterais e superiores em Piracicaba-SP.



A fertilização de base foi realizada utilizando-se o adubo de liberação controlada Basacote Plus 9M[®] na dosagem de 8,3 kg m⁻³ de substrato. Este adubo foi misturado ao substrato imediatamente antes do enchimento em máquina elétrica.

A fertirrigação foi realizada aplicando-se uma solução contendo 40 g de monoamôniofosfato (MAP) purificado, composto por 60,7% de P₂O₅ e 11,8% de N, mais 50 g de nitrato de potássio (KNO₃), contendo 13,51% de N e 45,47% de K₂O. Foi preparado um volume de 50 litros, e aplicaram-se 2,5 litros por tratamento, ou seja, uma lâmina de 3,68 mm, considerando que a aplicação foi efetuada estritamente na área ocupada pelas mudas.

A irrigação foi realizada com utilização de um equipamento semi-automatizado, desenvolvido especificamente para este experimento, constituído de uma barra transversal motorizada, que se desloca no sentido longitudinal da casa de vegetação, equipado com emissores pulverizadores de jato plano tipo "leque".

A lâmina de água aplicada foi estimativa com base no consumo hídrico diário da cultura estimado pelo método gravimétrico descrito por Costa (2004).

Durante a condução do experimento, com a finalidade de monitorar o microclima no interior de cada parcela, foram realizadas medidas da temperatura e umidade relativa do ar, bem como da radiação solar global e a radiação fotossintética ativa - PAR.

Em cada parcela do experimento foi instalado um psicrômetro, todos em mesma posição em cada bancada, visando medir possíveis variações na temperatura e umidade relativa nas parcelas ao longo do dia. Sua instalação foi feita a 0,35 m da superfície da tela de apoio dos tubetes e a cerca de 1,25 m em relação à superfície do solo. Todos os 20 psicrômetros tiveram dados de temperatura de bulbos seco e úmido coletados de 5 em 5 segundos, dos quais retiravam-se médias horárias e diárias através de um sistema de aquisição de dados (datalogger) utilizado para o recebimento e gravação destes dados. O datalogger utilizado foi o modelo CR23X, da Campbell Scientific[®], equipado com dois relês multiplexadores modelo AM416, também da Campbell Scientific[®].

Com as medições de temperatura do ar pôde-se estimar a pressão atual de vapor da atmosfera pela equação psicrométrica e, então a umidade relativa do ar conforme metodologia descrita por Pereira et al. (2002).

Foi utilizado para as estimativas de radiação global um piranômetro de silício da Kipp & Zonen®, modelo SP Lite; para as estimativas de saldo de radiação, utilizou-se um saldo radiômetro Kipp & Zonen®, modelo NR Lite e; finalmente, para as estimativas da radiação fotossinteticamente ativa, utilizou-se um sensor Li-Cor®, modelo Quantum. Para armazenar os dados destas estimativas de radiação, os sensores foram conectados a um datalogger modelo CR10X, da Campbell Scientific®.

Nas estimativas envolvendo a radiação solar, adotou-se um critério de 3 coletas de dados ao longo do dia, sendo uma no próxima às 8:00 horas, outra próxima das 12:00 horas e finalmente a terceira ao final da tarde, próxima das 16:00 horas. Assim, montou-se em uma mochila que foi carregada nas costas, um conjunto datalogger com bateria, fixados internamente à mochila, e para os sensores, desenvolveu-se com uso de uma haste em ferro tubular de 12,7 mm, o suporte de modo que facilitasse seu manuseio no experimento.

Este conjunto foi construído para possibilitar versatilidade no deslocamento até o campo, pois nos dias em que foram coletados os elementos relativos à radiação solar em cada tratamento, dentro da casa de vegetação, por 3 vezes ao dia, este equipamento foi deslocado manualmente até campo. O critério adotado para as estimativas de radiação foi estabelecido da seguinte forma: os dados de radiação coletados em todas as 20 parcelas do experimento seguiam sempre a mesma seqüência de parcela para parcela. Desta forma, coletavam-se dados no interior do tratamento submetido ao efeito das malhas, e em seguida fora do tratamento, porém próximo deste. Assim, foram então realizadas 20 coletas interiormente aos tratamentos e 20 fora deles, seguindo-se sempre a seqüência “dentro do tratamento” e “fora do tratamento”, totalizando 40 dados por coleta, todas no interior da casa de vegetação.

Para possibilitar a escolha dos momentos em que realmente se desejava que o sistema de aquisição de dados gravasse as informações, foi desenvolvido um programa possibilitando que as gravações pudessem ser realizadas mediante o acionamento de um botão. Foi programado um tempo de coleta de 10 segundos, sendo a confirmação do acionamento do sistema verificada por meio de uma lâmpada que se acendia tão logo o sistema fosse acionado, apagando-se automaticamente para acusar o desligamento do sistema.

As avaliações das variáveis fisiológicas foram efetuadas nas quatorze mudas centrais de cada parcela, ou seja, das 175 mudas presentes nas parcelas, 161 eram bordaduras. As avaliações neste espaço amostral definido foram de ordem fisiológica, e realizadas a cada 25 dias. As variáveis medidas foram altura, diâmetro do caule e área foliar das plantas.

Para a medida da altura, foi utilizada uma régua graduada, e para o diâmetro do caule foi utilizado um paquímetro digital. A área foliar foi determinada seguindo-se a metodologia proposta por Barros e Maestri (1974).

Além destas variáveis, para avaliação da matéria seca ao final do experimento, foi utilizado o método destrutivo para avaliação das variáveis fisiológicas. Para isso, separou-se a parte aérea do sistema radicular das plântulas úteis de cada parcela. Esse material, após ser preparado, foi depositado em uma estufa de ventilação forçada a 65 °C, e lá permaneceu por 48 horas, tempo suficiente para a estabilização do peso das amostras.

Os resultados foram interpretados pela análise de variância utilizando-se o programa Sisvar® (FERREIRA et al., 2008), versão 4.0 para a comparação das médias de cada variável. As médias das variáveis de produção foram analisadas pelo teste de média, com base no teste de Tukey a 5 % de probabilidade. Os dados de temperatura, umidade relativa, radiação global

e PAR foram analisados de forma a estabelecer as diferenças entre os tratamentos e, também o comportamento em relação às condições microclimáticas impostas pelo ambiente protegido.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Variáveis climáticas

Com relação à temperatura e a umidade relativa do ar, verificou-se ao longo de cada dia que estas apresentaram pequenas variações em função dos tipos de malhas estudadas (Tabela 1). A temperatura média observada às 8:00 h (T8:00) para o tratamento com atenuação da malha termo-refletora 50% diferenciou-se significativamente das demais, apresentando maior temperatura média no período avaliado, ao passo que para a variável UR8:00 não houve diferença significativa entre os tratamentos.

Tabela 1. Médias das variáveis climáticas temperatura (T) e umidade relativa do ar (UR), medidas nos horários das 8:00, 12:00 e 16:00 horas, para os diferentes tipos de malhas termo-refletoras no período de 88 dias.

Malhas	Temperatura (°C) e Umidade Relativa (%)					
	T8:00*	UR8:00*	T12:00*	UR12:00*	T16:00*	UR16:00*
Negra 50%	22,4 b	84,9 a	31,1 b	69,6 b	30,6 a	65,6 a
T. refletora 40%	22,6 b	85,9 a	31,4 a	71,4 a	30,5 a	67,7 a
T. refletora 50%	23,4 a	85,7 a	31,3 a	70,4 b	30,2 a	66,7 a
T. refletora 60%	22,6 b	86,3 a	31,0 b	72,7 a	30,5 a	68,7 a
T. refletora 70%	22,6 b	86,1 a	30,9 b	72,5 a	30,5 a	68,0 a
Resumo da ANOVA						
Quadrado Médio:						
- Malhas	0,68**	1,28 ^{ns}	0,15**	7,23*	0,08 ^{ns}	5,93 ^{ns}
- Blocos	1,53	13,44	0,039	47,11	1,13	62,17
CV (%)	1,37	1,37	0,52	2,06	1,45	2,35

* Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Para o período intermediário do dia (T12:00 e UR12:00), verificaram-se maiores diferenças significativas, observando-se para a variável T12:00, que as malhas termo-refletoras 40 e 50% apresentaram maiores médias nos valores de temperatura do ar, ao passo que a malha negra 50% e as malhas termo-refletoras 60 e 70% apresentaram comportamento diferente, com faixa de temperatura inferior. Estes dados referentes à T12:00 confirmam o fato de que as malhas termo-refletoras que mais atenuam a radiação promovem reduções na temperatura do ar. Porém, contrariamente ao esperado, a malha negra 50% apresentou para este período analisado menor média de temperatura comparativamente ao valor encontrado para a malha termo-refletora 50% (Tabela 1).

Ainda em relação a Tabela 1, para a variável UR12:00, observou-se que as malhas negra 50% e termo-refletora 50% diferenciaram-se significativamente das demais malhas estudadas, verificando-se nas primeiras, ligeira diferença para menos no valor da variável analisada. A temperatura e a umidade relativa do ar possuem comportamentos inversos, ou seja, quando o valor de uma destas variáveis aumenta, o valor da outra diminui. Porém, verifica-se para o período intermediário do dia que para a malha negra 50% ocorreu um efeito

diferente deste, pois esta malha apresentou a segunda menor média no valor da temperatura do ar, mas também, a menor média no valor de umidade relativa do ar, contrariando as expectativas de verificar maior valor médio de umidade relativa do ar.

Não obstante, para este mesmo tratamento, verifica-se para os períodos das 8:00 e 16:00 horas que o valor médio da temperatura do ar não difere substancialmente daqueles encontrados nos demais tratamentos em um mesmo período, mas, no entanto, os valores médios de umidade relativa do ar nos três períodos avaliados sempre foram menores neste tratamento. Finalmente, para as variáveis T16:00 e UR16:00, verificaram-se para ambas que não houve diferença significativa entre os tratamentos avaliados.

Barros e Maestri (1974) observaram que o crescimento de folhas em plantas de cafeeiro foi inibido por temperaturas excessivas. Medina et al. (2002) realizaram experimento comparando o desenvolvimento de mudas cítricas crescidas no interior de uma casa de vegetação, submetidas à malha termo-refletores 50%, com o desenvolvimento de outras mudas cítricas da mesma espécie, crescidas em uma segunda casa de vegetação, porém sem a respectiva malha. Foi verificado que, na casa de vegetação com a presença da malha, a temperatura das folhas foi menor, assim como a temperatura do ar.

A temperatura constitui-se um fator de maior importância, se comparado à luz, no controle do crescimento das folhas de cafeeiro. Guiselini et al. (2007), que avaliaram diferentes materiais de cobertura em ambiente protegido, verificaram que as temperaturas no interior da estufa sombreada com malha termo-refletores foram superiores as observações nas estufas sem malhas e que as malhas promovem uma barreira parcial ao movimento de convecção. Entretanto, no presente estudo, não foram verificadas nesta experimentação grandes diferenças nos valores médios, tanto para temperatura como para umidade relativa do ar nos cinco tratamentos. Possivelmente, o fato das parcelas terem pequenas áreas, além de estarem todas distribuídas no interior de uma mesma casa de vegetação, contribuiu para que ocorresse maior homogeneidade nestes valores. Pode-se assim inferir que a variável temperatura, neste experimento, possivelmente não foi um fator limitante e de diferenciação para o desenvolvimento das mudas.

Com relação às variáveis transmissividade das malhas à radiação global (TRG) e fotossinteticamente ativa (TRFA), verificou-se para as variáveis TRG e TRFA que nas coletas dos períodos da manhã e intermediário do dia, os tratamentos submetidos à malha negra 50% e às malhas termo-refletores 40 e 50% não apresentaram diferença significativa, apresentando maior transmissividade. No entanto, diferenciaram-se dos tratamentos submetidos às malhas termo-refletores 60 e 70%, que formaram outro grupo sem diferenças significativas e apresentaram menor transmissividade (Tabela 2).

Tabela 2. Média das variáveis transmissividade das malhas à radiação global (TRG) e fotossinteticamente ativa (TRFA), expressas em percentagem, para os momentos da manhã, intermediário do dia e da tarde, nos cinco diferentes tratamentos.

Malhas	TRG (MJ m^{-2})** e TRFA ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)**					
	TRG manhã*	TRFA	TRG intermediário*	TRFA	TRG tarde*	TRFA
Negra 50%	41,0 a	38,7 a	45,2 a	45,2 a	36,2 b	38,5 a
T. refletora 40%	47,0 a	45,2 a	65,2 a	61,5 a	47,7 a	44,7 a
T. refletora 50%	46,0 a	43,2 a	48,2 a	46,0 a	34,5 b	33,5 b
T. refletora 60%	31,0 b	26,5 b	32,2 b	29,7 b	29,2 b	27,0 b
T. refletora 70%	27,7 b	23,2 b	28,0 b	25,7 b	27,5 b	23,7 b

Resumo da ANOVA

Quadrado Médio:						
- Malhas	256,03**	350,29**	840,22*	773,36*	233,02*	255,69**
- Blocos	17,99	18,73	31,69	13,33	108,09	29,50
CV (%)	17,55	13,21	29,68	28,46	18,30	19,16

* Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade; ** Médias obtidas de cinco dias ao longo do experimento, para os 3 períodos de coleta.

Já para o período da tarde, observou-se uma menor diferença em relação aos períodos anteriormente citados, sendo que para a variável TRG, o tratamento submetido à malha termo-refletora 40% diferenciou-se significativamente dos demais, apresentando maior transmissividade comparativamente ao restante dos tratamentos. Finalmente, para a variável TRFA no período da tarde, verificou-se que os tratamentos submetidos às malhas negra 50% e termo-refletora 40% não se diferenciaram significativamente, porém, diferenciaram-se dos tratamentos submetidos às malhas restantes, que formaram um grupo de tratamentos que não apresentou diferença significativa, e com menor transmissividade para esta variável avaliada, comparativamente aos tratamentos anteriores (Tabela 2).

Nos períodos da manhã e da metade do dia, os resultados obtidos para as variáveis transmissividade das malhas à radiação global e à radiação fotossinteticamente ativa mostram que as malhas com menor atenuação da radiação solar, que são as malhas negra 50% e termo-refletoras 40% e 50%, apresentaram maiores valores de transmissividade comparativamente às demais malhas, que possuem, por sua vez, características de maior atenuação da radiação. Não diferentemente disso, verifica-se também que a malha termo-refletora 50% possui maior transmissividade comparativamente à malha negra 50%.

Este comportamento não foi verificado no período da tarde para ambas as variáveis, possivelmente porque ao entardecer, durante as coletas de dados, ainda existia forte radiação incidente, e no bloco 1, uma parcela com a malha negra 50% ficou localizada na casa de vegetação de forma que recebia radiação solar direta, ao passo que não houve parcela com a malha termo-refletora 50% exposta à radiação solar direta para este período de avaliação.

No experimento realizado por Medina et al. (2002), no qual foi comparado o desenvolvimento de mudas cítricas em casas de vegetação separadas, com e sem a presença de malha termo-refletora 50%, os autores verificaram que no ambiente exposto a este tipo de malha, a radiação fotossinteticamente ativa foi menor que aquela medida na casa de vegetação sem a malha termo-refletora 50%, principalmente nos períodos mais quentes do dia. Os autores verificaram também que para este tipo de malha a atenuação da radiação fotossinteticamente ativa foi da ordem de 65%. Em concordância com os resultados encontrados por Medina et al. (2002), neste experimento verificou-se para as variáveis TRG e

TRFA, nos três períodos do dia analisados, que o valor da transmissividade de cada malha termo-refletora é tanto menor quanto maior é sua percentagem de atenuação da radiação solar, característica concordante com o esperado. Já para a variável saldo de radiação (SR) não foi possível estabelecer uma relação, conforme se pode verificar na Tabela 3, pois este dado é resultado do balanço da radiação que chega e a que sai do sistema, sendo então dependente do tipo de superfície, neste caso as mudas de cafeeiro. Como nas medidas realizadas fora das parcelas a superfície existente era o próprio solo da casa de vegetação, ou seja, diferente da superfície formada pelo dossel das mudas de cafeeiro, não foi possível trabalhar estes dados comparativamente.

Tabela 3. Média da variável saldo de radiação, avaliada para os diferentes tratamentos, próxima ao horário do meio dia

Malhas	Saldo de radiação ($W m^{-2}$)**				
	14/11/03*	20/11/03*	25/11/03*	02/12/03*	03/12/03*
Negra 50%	154,8 a	325,2 a	264,6 a	385,5 a	320,2 a
T. refletora 40%	143,7 a	354,6 a	287,6 a	381,2 a	321,5 a
T. refletora 50%	148,3 a	364,3 a	210,0 a	322,6 b	394,5 a
T. refletora 60%	128,1 a	334,6 a	132,8 a	328,7 b	314,3 a
T. refletora 70%	127,2 a	324,0 a	255,7 a	288,0 b	327,7 a
Resumo da ANOVA					
Quadrado Médio:					
- Malhas	431,30 ^{ns}	1059,49 ^{ns}	19263,56 ^{ns}	6723,59*	4429,85 ^{ns}
- Blocos	5595,33	1575,79	31284,06	1612,03	17106,29
CV (%)	22,09	14,73	40,66	12,02	18,87

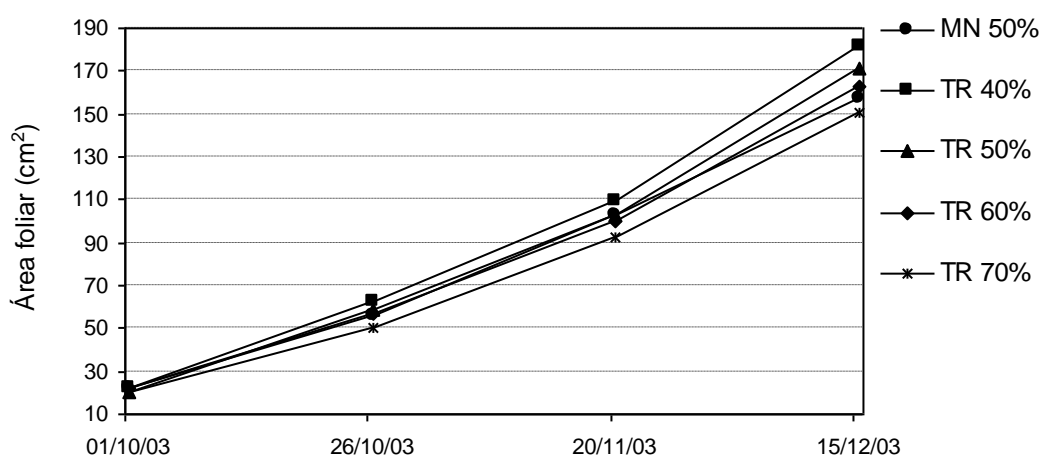
* Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade; ** Médias das quatro repetições para o horário intermediário do dia, obtidas em cinco diferentes datas, ao longo do experimento.

Observando-se a Tabela 3 com dados de saldo de radiação (SR), coletada nos períodos intermediários dos dias avaliados, apenas os dados referentes ao dia 02/12/2003 demonstraram diferenças significativas entre os tratamentos. Para este dia, pode-se notar que os tratamentos submetidos às malhas negra 50% e termo-refletora 40% apresentaram os maiores valores de SR, ao passo que as malhas restantes formaram outro grupo, em que não se verificou diferença significativa entre os tratamentos, apresentando menores valores para SR. Para as outras 4 datas avaliadas, não foram encontradas diferenças significativas entre os tratamentos.

5.2 Variáveis fisiológicas

A Figura 2 mostra o desenvolvimento da área foliar das mudas de cafeeiro, em cm^2 , com medidas realizadas em 4 diferentes datas, que são 1/10, 26/10, 20/11 e 15/12/2003, ou seja, quatro medidas para a variável área foliar realizadas nestas datas, podendo-se observar o incremento da área foliar em função da época de avaliação. Ao final do ciclo, verificou-se que não houve efeito significativo das malhas termo-refletoras e negra sobre a área foliar (Tabela 4).

Figura 2. Área foliar média das mudas de cafeeiro ao longo do ciclo para as malhas termo-refletoras e negra em Piracicaba-SP no período de 01/10/2003 a 15/12/2003



Embora não tenha sido verificada diferença significativa para a variável área foliar para os cinco tratamentos com malhas utilizados, ao longo do experimento constatou-se que as mudas produzidas sob os tratamentos com a malha termo-refletores 40% registraram valores superiores de área foliar, ao passo que, as mudas crescidas sob a malha termo-refletores 70% registram menores médias desta variável.

Tabela 4. Médias para as variáveis fisiológicas área foliar (AF), diâmetro do caule (DC) e altura de plântulas (AP) de mudas de cafeeiro medidas ao final do experimento

Malhas	Valores médios**		
	AF (cm ²)*	AP (cm)*	DC (mm)*
Negra 50%	157,07 a	17,20 b	2,07 b
T. refletora 40%	181,18 a	18,84 a	2,16 a
T. refletora 50%	171,53 a	18,15 a	2,23 a
T. refletora 60%	162,40 a	16,57 b	2,03 b
T. refletora 70%	150,72 a	15,71 b	1,99 b
Resumo da ANOVA			
Quadrado Médio:			
- Malhas termo-refletoras	576,93 ^{ns}	24,68 ^{**}	0,037 ^{**}
- Blocos	75,86	1,93	0,033
CV (%)	8,29	4,72	3,05

* Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade;

** Médias de 56 observações.

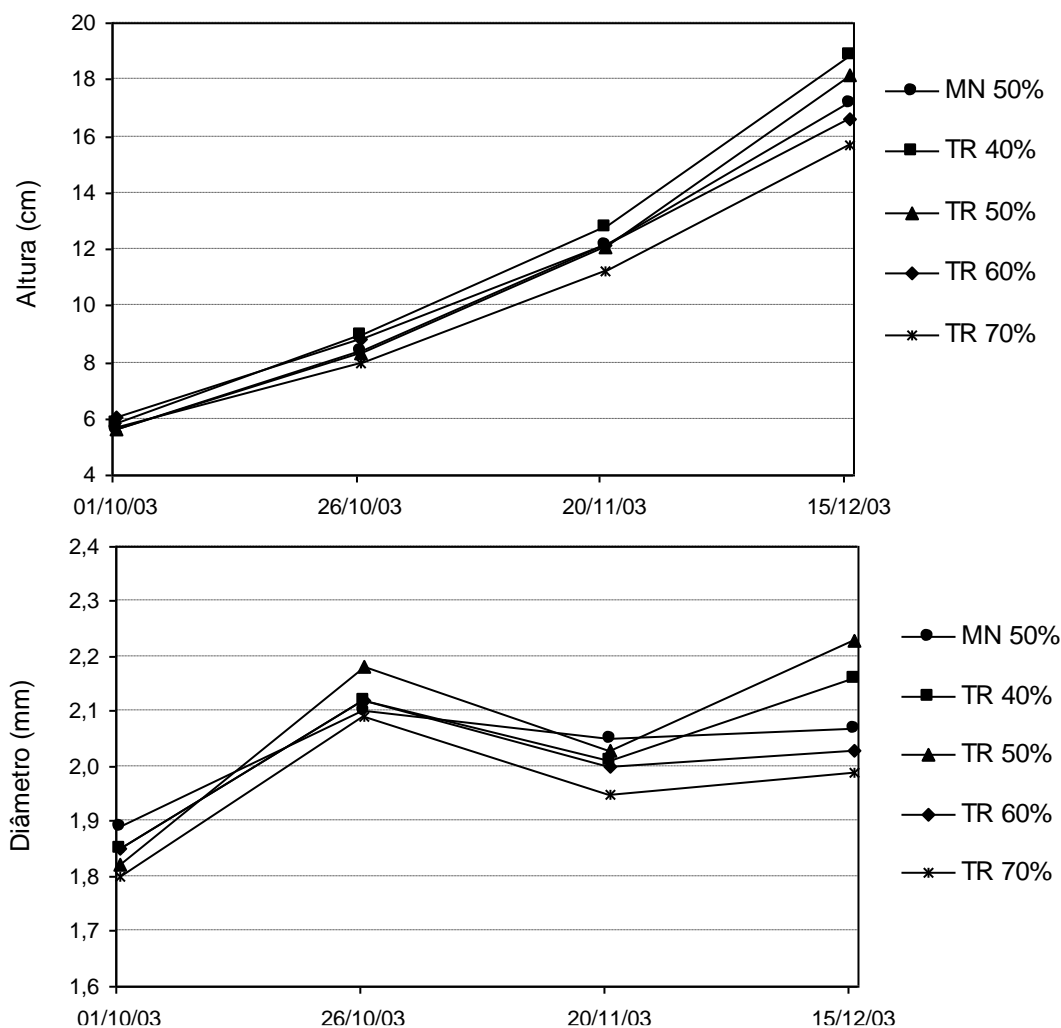
Para as variáveis altura e diâmetro do caule das mudas de café, verificaram-se diferenças significativas entre os tratamentos, sendo que as mudas de cafeeiro produzidas sob as malhas termo-refletoras 40 e 50% foram superiores em altura àquelas produzidas sob malha negra 50% e malhas termo-refletoras 60 e 70%. (Tabela 4 e Figura 3). Pode-se observar que, a partir da primeira avaliação da variável diâmetro do caule, ocorreu aumento para todos os tratamentos, naturalmente esperado. Entretanto, pode-se observar que houve uma queda do

diâmetro, verificada na terceira coleta, com retorno ao crescimento para a quarta coleta (Figura 3B).

Estudos realizados por Braun et al. (2007) concluíram que o sombreamento de 75% é a condição na qual as mudas do café conilon apresentam maior crescimento vegetativo em relação aos demais níveis de sombreamentos, propiciando a formação de mudas mais vigorosas, com maiores condições de se adaptar em campo no momento do transplântio.

Figura 3. Altura (A) e diâmetro (B) médios das mudas de cafeeiro ao longo do ciclo para as malhas termo-refletoras e negra.

A.



Nas avaliações de matéria seca, verificou-se que houve diferença significativa entre os tratamentos, observando-se que as mudas de cafeeiro produzidas sob as malhas termo-refletoras 40 e 50%, e malha negra 50%, desenvolveram-se melhor, tendo maior acúmulo de massa de matéria seca comparativamente àquelas produzidas sob malhas termo-refletoras 60 e 70% (Tabela 5).

Tabela 5. Médias da massa de matéria seca da parte aérea, do sistema radicular e total, de mudas de cafeeiro, obtidas por análise destrutiva ao final do experimento

Malhas	Valores médios***					
	MSPA**	ΔP^*	MSSR**	ΔP^*	MST**	ΔP^*
Negra 50%	11,23 a	100,0	2,84 a	100,0	14,07 a	100,0
T. refletora 40%	12,68 a	112,9	3,30 a	116,2	15,98 a	113,6
T. refletora 50%	12,16 a	108,3	2,64 a	92,9	14,80 a	105,2
T. refletora 60%	9,92 b	88,3	1,96 b	69,0	11,88 b	84,4
T. refletora 70%	9,11 b	81,1	1,57 b	55,3	10,68 b	75,9
Resumo da ANOVA						
Quadrado Médio:						
- Malhas termo-refletoras	57,13**		1,99**		24,68**	
- Blocos	10,04		0,041		3,23	
CV (%)	13,22		23,54		11,29	

* Variação percentual em relação à malha negra; ** Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade; *** Médias de 56 observações.

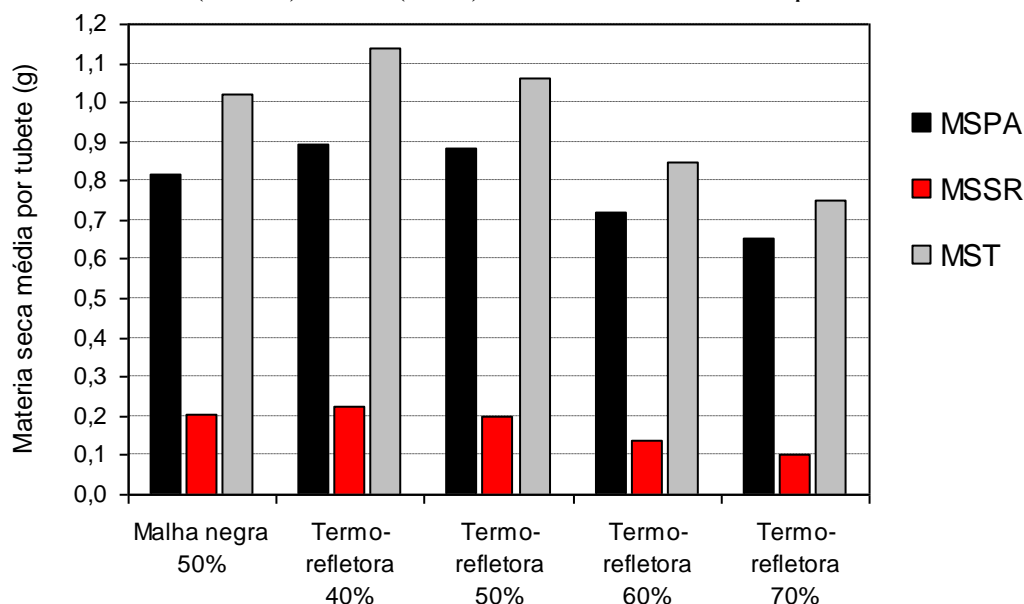
Pode-se verificar que houve maior produção de matéria seca da parte aérea, do sistema radicular e matéria seca total nas mudas crescidas sob a malha termo-refletora 40%, seguida da malha termo-refletora 50%, para a produção de matéria seca da parte aérea e total, verificando-se, porém, para esta malha, que a produção de matéria seca do sistema radicular foi menor que a das mudas crescidas sob malha negra 50% (Figura 4).

A malha negra 50% seguida da malha termo-refletora 50% as que proporcionaram maiores massas de matéria seca de mudas de cafeeiro. Verifica-se também que os menores resultados para estas variáveis foram encontrados nas mudas crescidas sob as malhas termo-refletoras de maior atenuação da radiação solar (60 e 70%) (Tabela 5).

Pode-se verificar que as mudas de café cultivadas sob a malha termo-refletora 40% tiveram maior desenvolvimento em sua parte aérea, ao passo que aquelas produzidas sob o alta atenuação de radiação, ou seja, sob a malha termo-refletora 70%, registraram menores desenvolvimento.

Resultados similares foram encontrados por Paiva e Guimarães (2003) e Andrade Netto et al. (2004), os quais observaram que mudas de cafeeiro produzidas em ambiente com sombreamento ao redor de 50% apresentaram maior média de área foliar, altura e produção de matéria seca, ao passo que o excesso de sombra ou de luminosidade prejudicaram o desenvolvimento das mesmas.

Figura 4. Valores médios por tubete das matérias secas da parte aérea (MSPA), do sistema radicular (MSSR) e total (MST) avaliados ao final do experimento.



As malhas não afetaram significativamente a temperatura e a umidade relativa do ar no microclima protegido das parcelas, principalmente nos períodos da manhã e da tarde.

As diferenças entre as transmissividades das malhas termo-refletoras foram verificadas em todas as avaliações realizadas, observando-se que quanto menor a atenuação da radiação solar, maior a transmissividade da malha. A malha termo-refletora 50% apresentou maior transmissividade que a malha negra 50%.

As malhas termo-refletoras 40 e 50% e a malha negra 50% propiciaram maior desenvolvimento de mudas de cafeeiro em relação à produção de matéria seca, à altura e ao diâmetro do caule.

7 REFERÊNCIAS

ANDRADE NETTO, J. F.; FAVARIN, J. L.; BERNARDES, M. S.; DOURADO NETO, D. Parâmetros fisiológicos em função da espécie de café e da luminosidade natural. **Revista de Agricultura**, v.79, n.2, p.177-188, 2004.

BARROS, R.S.; MAESTRI, M. Influência dos fatores climáticos sobre a periodicidade de crescimento vegetativo do café (*Coffea arabica* L.). **Revista Ceres**, v.20, p.268-279, 1974.

BOTELHO, C.E.; MENDES, A.N.G.; CARVALHO, G.R.; BARTHOLO, G.F.; CARVALHO, S.P. Seleção de progênies F4 de cafeeiro obtidas pelo cruzamento de Icatu com Catimor. **Revista Ceres**, v.57, n.3, p.274-281, 2010.

BRAUN, H.; ZONTA, J.H.; LIMA, J.S.S.; REIS, E.F. Produção de mudas de café 'conilon' propagadas vegetativamente em diferentes níveis de sombreamento. **Idesia**, v.25, n.3, p.85-91, 2007.

CILAS, C.; MONTAGNON, C.; BAR-HEN, A. Yield stability in clones of *Coffea canephora* in the short and medium term: longitudinal data analyses and measures of stability over time. **Tree Genetics and Genome**, v.7, p.421-429, 2010.

COSTA, V.M. Desenvolvimento de mudas de cafeeiro produzidas em tubetes, sob malhas termo-refletoras e malha negra. Piracicaba, 2004. 64p. Dissertação (Mestrado) – Universidade São Paulo, Escola Superior de Agricultura ‘Luiz de Queiroz’.

FALEIROS, R.R.S.; MELO, W.J.; CARVALHO, F.; MIRANDA NETO, A.T. Atividade da nitrato redutase e desenvolvimento de mudas de *Coffea arabica* L. (café). **Científica**, v.3, p.277-283, 1975.

FERREIRA, A.D.; CARVALHO, G.R.; REZENDE, J.C.; BOTELHO, C.E.; REZENDE, R.M.; CARVALHO, A.M. Desempenho agrônômico de seleções de café Bourbon Vermelho e Bourbon Amarelo de diferentes origens. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.48, n.4, p.388-394, 2013.

GICHIMU, B.M.; OMONDI, C.O. Early performance of five newly developed lines of Arabica coffee under varying environment and spacing in Kenya. **Agriculture and Biology Journal of North America**, v.1, p.32-39, 2010.

GUISELINI, C.; SENTELHAS, P.C.; PANDORFI, H.; HOLCMAN, E. Temperatura e umidade do ar em ambientes protegidos cobertos com plástico transparente associado à malha termorefletora, instalada externa e internamente. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.15, n.1, p.157-162, 2007.

MEDINA, C.L.; SOUZA R.P.; MACHADO, E.C et al. Photosynthetic response of citrus grown under reflective aluminized polypropylene shading nets. **Scientia Horticulturae**, v.96, p.115-125, 2002.

PAIVA, L.C.; GUIMARÃES, R.J. Influencia de diferentes níveis de sombreamento sobre o crescimento de mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, v.27, n.1, p.134-140, 2003.

PEREIRA, A.R.; ANGELOCCI, L.R.; SENTELHAS, P.C. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas**. Guaíba: Livraria e Editora Agropecuária, 2002. 478p.

RESENDE, O.; ARCANJO, R.V.; SIQUEIRA, V.C.; RODRIGUES, S. Modelagem matemática para a secagem de clones de café (*Coffea canéfora* Pierre) em terreiro de concreto. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.31, n.2, p.189-196, 2009.

SOUSA NETO, O. N.; DIAS, N. S.; ATARASSI, R. T.; REBOLÇAS, J.R.L.; OLIVEIRA, A. M. Produção de alface hidropônica e microclima de ambiente protegido sob malhas termo-refletoras. **Revista Caatinga**, v.24, n.1, p.84-90, 2010.