



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
FACULDADE DE AGRONOMIA ELISEU MACIEL

AMBIÊNCIA E RESPOSTA AGRONÔMICA DE
MELOEIRO (*Cucumis melo* L.) CULTIVADO SOB
ADUBAÇÃO ORGÂNICA EM AMBIENTE PROTEGIDO

GUSTAVO SCHIEDECK

Tese apresentada à Universidade Federal de Pelotas, sob orientação do Prof. Sergio Roberto Martins, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Agronomia, área de concentração Produção Vegetal, para a obtenção do título de Doutor em Ciências.

PELOTAS
Rio Grande do Sul – Brasil
Abril de 2002

Dados de catalogação na fonte:
(Marlene Cravo Castillo – CRB-10/744)

S332a Schiedeck, Gustavo

Ambiência e resposta agrônômica de meloeiro (*Cucumis melo* L.) cultivado sob adubação orgânica em ambiente protegido / Gustavo Schiedeck. ; orientador Sergio Roberto Martins. – Pelotas, 2002. – 100 f. : il. Tese (Doutorado). Produção Vegetal . Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2002.

1. *Cucumis melo* 2. Agroecologia 3. Cultivo protegido 4. Ambiência 5. Radiação global 6. Radiação PAR I Martins, Sergio Roberto (orientador) II . Título.

CDD 635.611

**AMBIÊNCIA E RESPOSTA AGRONÔMICA DE
MELOEIRO (*Cucumis melo* L.) CULTIVADO SOB
ADUBAÇÃO ORGÂNICA EM AMBIENTE PROTEGIDO**

GUSTAVO SCHIEDECK
Engenheiro Agrônomo - UPF

TESE

Submetida como parte dos requisitos para a obtenção do grau de

DOUTOR EM CIÊNCIAS

Programa de Pós-graduação em Agronomia
Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel
Universidade Federal de Pelotas
Pelotas (RS) - Brasil

APROVADA: 19 de abril de 2002

Homologada em: ___/___/___

Pela banca examinadora

Prof. Dr. SERGIO R. MARTINS
Orientador
PPGA – Fitotecnia – FAEM – UFPel

JOÃO LUIZ CARVALHO FARIA
Coordenador do Curso de
Pós-graduação em Agronomia

Ext. Rural Dr. JOSÉ A. COSTABEBER
Emater – Santa Maria

Prof^a. Dr^a. MARTA E. G. MENDEZ
PPGA – Fitotecnia – FAEM – UFPel

Prof. Dr. LUIS A. V. CORREIA
PPGA – Fitotecnia – FAEM – UFPel

CESAR VALMOR ROMBALDI
Diretor da Faculdade de
Agronomia Eliseu Maciel – FAEM

Prof^a. Dr^a. Tânia B. G. A. Morselli
PPGA – Solos – FAEM – UFPel

...um mundo onde caibam muitos mundos, um mundo onde, para todos, haja sempre: pão para iluminar a mesa, saúde para espantar a morte, conhecimento para aliviar a ignorância, terra para colher o futuro, teto para abrigar a esperança e trabalho para fazer dignas nossas mãos.

Índios zapatistas de Chiapas, México

AGRADECIMENTOS

Ao professor Dr. Sergio Roberto Martins e sua esposa Maria Luisa, pela orientação, amizade e, acima de tudo, pelo exemplo de vida. Com certeza, os laços que tramamos nem o tempo será capaz de desfazer.

Às professoras Dr^a. Heloísa Santos Fernandes e Dr^a. Marta Elena Gonzales Mendez, pelo companheirismo, confiança e pelos bons momentos que tivemos, dentro e fora da sala de aula.

Ao meu grande amigo e colega Marcelino Hoppe pelo exemplo profissional, e a sua família, Rosemara, Dani e Guto, pela convivência e paciência ao longo dos anos.

Às minhas “mandinhas” Ana Celí e Ana Cristina e à Dona Sônia, Seu Hélio e Alemão, pela acolhida carinhosa e por me ensinarem um novo significado para a palavra amizade. O quê seria de mim sem vocês?

Aos amigos da Estação Agroclimatológica da UFPel/Embrapa-CPACT, Dr. Sílvio Steinmetz, Paulo Miori, Denise e Hamilton, pelo apoio incondicional e colaboração nos momentos necessários.

Ao CNPq, pelo auxílio financeiro que viabilizou a realização desse projeto.

Ao Programa de Pós-graduação em Agronomia, pela oportunidade de me tornar um profissional e um ser humano melhor.

Aos professores e servidores do Departamento de Fitotecnia, por toda a atenção a mim dispensada durante minha passagem pela casa.

Aos colegas da pós-graduação, cuja amizade foi tão importante quanto o próprio curso.

Aos impagáveis Ricardo, Aldair Gaiardo e “Caio” André Costa pela ajuda inestimável e pelas gargalhadas que ajudaram suportar os árduos trabalhos de campo. Um dia voltaremos a nos encontrar ... e ainda estaremos rindo.

Aos meus pais Luiz e Selma, minhas irmãs Cláudia e Silvia e minha avó Lyra, pelo entusiasmo nos bons momentos e pela tolerância e carinho nos maus. Sou galho desse cerne.

A todas as pessoas que em algum momento cruzaram pela minha vida e contribuíram de alguma forma, mesmo sem saber, para que essa jornada se tornasse mais leve.

À Deus, pela vida.

ÍNDICE

	Página
Lista de tabelas.....	ix
Lista de figuras.....	xi
Sumário.....	xiv
Summary.....	xvi
1. Introdução geral.....	1
2. Metodologia geral.....	5
2.1. Área experimental.....	5
2.1.1. Localização e clima.....	5
2.1.2. Estufa plástica.....	5
2.2. Condução do experimento.....	6
2.2.1. Sistema de produção de mudas, cultivar e semeadura.....	6
2.2.2. Delineamento da área experimental, tratamentos e análises do solo.....	7
2.2.3. Condução das plantas e práticas culturais.....	8
2.2.3.1. Transplante, espaçamento, cobertura plástica dos canteiros, tutoramento e polinização.....	8
2.2.3.2. Sistema de irrigação.....	9
2.2.3.3. Manejo fitossanitário.....	9
2.2.3.4. Poda, desponte e carga de frutos.....	10
2.3. Determinações.....	10

2.3.1. Elementos físicos do ambiente.....	10
2.3.1.1. Temperatura do ar e do solo.....	11
2.3.1.2. Umidade relativa do ar.....	11
2.3.1.3. Potencial matricial de água no solo.....	12
2.3.1.4. Evaporação e evapotranspiração de referência.....	12
2.3.1.5. Radiação fotossinteticamente ativa.....	13
2.3.1.6. Radiação líquida.....	13
2.3.1.7. Radiação global e radiação refletida.....	14
2.3.1.8. Balanço de radiação.....	15
2.3.1.9. Sistema automático de aquisição de dados e programação.....	15
2.3.2. Respostas agronômicas.....	16
2.3.2.1. Índice de área foliar.....	16
2.3.2.2. Fenologia.....	16
2.3.2.3. Crescimento e desenvolvimento dos frutos.....	17
2.3.2.4. Componentes do rendimento.....	17
2.3.2.5. Procedimento estatístico.....	18
3. Aspectos da radiação solar em estufa plástica tipo Túnel Alto em Pelotas, RS.....	19
Resumo.....	20
Abstract.....	21
Introdução.....	21
Material e métodos.....	23
Resultados e discussão.....	24
Conclusões.....	36
Referências bibliográficas.....	36
4. Balanço de radiação em meloeiro cultivado em estufa plástica.....	39
Resumo.....	40
Abstract.....	41
Introdução.....	41
Material e métodos.....	44
Resultados e discussão.....	46
Conclusões.....	55

Referências bibliográficas.....	55
5. Produção de meloeiro sob adubação orgânica em estufa plástica em Pelotas, RS.....	58
Resumo.....	59
Abstract.....	60
Introdução.....	60
Material e métodos.....	63
Resultados e discussão.....	67
Conclusões.....	81
Referências bibliográficas.....	81
6. Conclusões gerais.....	84
7. Referências bibliográficas gerais.....	87
8. Apêndices.....	89

LISTA DE TABELAS

	Página
Metodologia geral	
TABELA 1 – Tratamentos testados e respectiva descrição; jan/00 a abr/00, Pelotas, RS.....	8
Aspectos da radiação solar em estufa plástica tipo Túnel Alto em Pelotas, RS	
TABELA 1 – Comparação de médias quinqüidiais da radiação solar global (R_g), desvio padrão (s), coeficiente de variação (CV) e variação percentual em relação à média, obtidas em diferentes pontos no interior de estufa plástica tipo Túnel Alto, de fev/00 a abr/00. Pelotas, RS.....	25
TABELA 2 – Comparação de médias quinqüidiais da radiação solar global (R_g), desvio padrão (s), coeficiente de variação (CV) e diferença mínima significativa (d.m.s) para diferentes regiões no interior de estufa plástica tipo Túnel Alto, de fev/00 a abr/00. Pelotas, RS.....	27
Balanço de radiação em meloeiro cultivado em estufa plástica	
TABELA 1 – Equações de regressão e coeficientes de determinação (r^2) para a estimativa da radiação líquida no período de 24 horas (R_{n24h}) e radiação líquida diurna (R_{nd}), montadas a partir dos valores diários da radiação global interna (R_{gint}), externa (R_{gext}) e balanço de radiação de ondas curtas interno (B_{ocint}), para todo o período e nos diferentes estádios de desenvolvimento do meloeiro cultivado em estufa plástica tipo Túnel Alto, com	

respectivos número de dias e albedo médio (a); de fev/00 a abr/00. Pelotas, RS.....	49
TABELA 2 – Equações de regressão e coeficientes de determinação (r^2) para a estimativa da radiação líquida no período de 24 horas (R_{n24h}) e radiação líquida diurna (R_{nd}), montadas a partir dos valores horários da radiação global interna (R_{gint}) e balanço de radiação de ondas curtas internas (B_{ocint}), para meloeiro cultivado em estufa plástica tipo Túnel Alto, com respectivos albedo médio diário (a); em Pelotas, RS.....	54
Produção de meloeiro sob adubação orgânica em estufa plástica em Pelotas, RS	
TABELA 1 – Tratamentos testados e respectiva descrição; jan/00 a abr/00, Pelotas, RS.....	64
TABELA 2 – Comparação de médias ¹ dos componentes de rendimento massa fresca e número médio de frutos, totais e comerciais, observados em meloeiros cultivados sob diferentes fontes de adubação em estufa plástica, de jan/00 a abr/00. Pelotas, RS.....	75
TABELA 3 – Componentes do rendimento, considerando o número total de frutos e número de frutos comerciais, observados em meloeiros cultivados sob diferentes fontes de adubação em estufa plástica, de jan/00 a abr/00. Pelotas, RS.....	77

LISTA DE FIGURAS

	Página
Aspectos da radiação solar em estufa plástica tipo Túnel Alto em Pelotas, RS	
FIGURA 1 – Croqui da distribuição espacial dos tubos solarímetros na região central da estufa plástica. fev/00 a abr/00, em Pelotas, RS.....	26
FIGURA 2 – Valores médios horários da radiação solar global (R_g) no interior de estufa plástica tipo Túnel Alto, analisados nas metades Norte (N) e Sul (S) [A] e nos lados Leste (L) e Oeste (O) [B], de fev/00 e abr/00 em Pelotas, RS...	28
FIGURA 3 – Valores integrais diários da radiação solar global (R_g) [A] e radiação PAR (PAR) [B] em estufa plástica tipo Túnel Alto e a céu aberto, de fev/00 e abr/00 em Pelotas, RS.....	31
FIGURA 4 – Equações de regressão e coeficientes de determinação (r^2) para a estimativa da radiação fotossinteticamente ativa (PAR) no interior de estufa plástica tipo Túnel Alto, a partir da radiação solar global interna ($R_g\ int$) [A] e externa ($R_g\ ext$) [B], de fev/00 e abr/00 em Pelotas, RS..	31
FIGURA 5 – Transmitância da radiação solar global (R_g) e radiação fotossinteticamente ativa (PAR) no interior de estufa plástica tipo Túnel Alto, de fev/00 e abr/00 em Pelotas, RS.....	33
FIGURA 6 – Radiação global interna (R_g), radiação PAR interna (PAR) e relação PAR/ R_g no interior de estufa plástica tipo Túnel Alto, de fev/00 e abr/00 em Pelotas, RS.....	35

Balanço de radiação em meloeiro cultivado em estufa plástica

- FIGURA 1 – Médias quinqüidiais dos valores diários da radiação global (R_g), radiação líquida no período de 24 horas (R_{n24h}), balanço de ondas curtas (B_{OC}), balanço de ondas longas (B_{OL}), albedo (a) e índice de área foliar (IAF) de meloeiro sob adubação orgânica, cultivado em estufa plástica tipo Túnel Alto, de fev/00 a abr/00. Pelotas, RS..... 47
- FIGURA 2 – Médias diárias da radiação líquida horária (R_n) [A], albedo (a) [B], balanço de ondas curtas (B_{OC}) [C] e balanço de ondas longas (B_{OL}) [D], no interior de estufa plástica tipo Túnel Alto, cultivado com meloeiro sob adubação orgânica, em dias com condições meteorológicas características e na média do experimento, em março de 2000. Pelotas, RS..... 51
- Produção de meloeiro sob adubação orgânica em estufa plástica em Pelotas, RS
- FIGURA 1 – Médias diárias da radiação global (R_g) no interior da estufa plástica em comparação ao limite trófico (2325 W.m^{-2}), durante a produção de mudas e desenvolvimento de meloeiro sob adubação orgânica, de jan/00 a abr/00. Pelotas, RS..... 68
- FIGURA 2 – Valores máximos absolutos (Máx.abs), mínimos absolutos (Mín.abs) e médios (Média) da temperatura do ar, em comparação aos limites superior (Lim.sup.), inferior (Lim.inf.) e faixa ótima (Ótimo), durante a produção de mudas e no desenvolvimento do meloeiro sob adubação orgânica em estufa plástica, de jan/00 a abr/00. Pelotas, RS..... 68
- FIGURA 3 – Valores máximos absolutos (Máx.abs), mínimos absolutos (Mín.abs) e médios da temperatura do solo, em comparação aos limites superior (Lim.sup.), inferior (Lim.inf.) e ótimo, durante o desenvolvimento de meloeiro sob adubação orgânica, cultivado em estufa plástica tipo Túnel Alto, de fev/00 a abr/00. Pelotas, RS..... 69
- FIGURA 4 – Valores máximos absolutos (Máx.abs), mínimos absolutos (Mín.abs) e médios da umidade relativa do ar, em comparação aos limites superior (Lim.sup.), inferior (Lim.inf.) e ótimo, durante o desenvolvimento de meloeiro sob adubação orgânica, cultivado em estufa plástica, de jan/00 a abr/00. Pelotas, RS..... 69

FIGURA 5 – Curvas de crescimento em circunferência média e peso médio de frutos de meloeiro cultivados em estufa plástica, de jan/00 a abr/00. Pelotas, RS.....	72
FIGURA 6 – Evolução do desenvolvimento da área foliar média em meloeiros cultivados sob diferentes fontes de adubação em estufa plástica, de fev/00 a abr/00. Pelotas, RS.....	80

SUMÁRIO

SCHIEDECK, GUSTAVO. D.S., Universidade Federal de Pelotas, março de 2002.
*Ambiência e resposta agrônômica do meloeiro (**Cucumis melo** L.) cultivado sob adubação orgânica em ambiente protegido.* Professor Orientador: Sergio Roberto Martins. Co-orientadora: Heloísa Santos Fernandes.

Entre janeiro e abril de 2000 foi realizado um experimento no campus da Universidade Federal de Pelotas, RS, com o objetivo de caracterizar a ambiência do abrigo plástico e verificar sua interação com o cultivo de meloeiro (*Cucumis melo* L.) sob adubação orgânica em comparação à adubação mineral. Foi utilizada uma estufa plástica tipo Túnel Alto, com área de 307,3 m² e 941,3 m³ de volume, disposta no sentido Norte-Sul e coberta com PEBD de 150µ. Foram testados 8 tratamentos à base de vermicomposto bovino, cinza de casca de arroz e adubo mineral, seguindo a recomendação oficial de adubação. A cultivar utilizada foi a híbrida Trusty SLS, conduzida tutorada, na densidade de 4 plantas.m⁻², em canteiros cobertos com plástico preto de 50µ. A semeadura foi realizada em 27 de janeiro, o transplante entre 24 e 28 de fevereiro e a poda nos dias 5 e 6 de abril. As variáveis meteorológicas internas foram medidas com equipamentos de leitura manual e sensores eletrônicos instalados na região central do abrigo, sendo estes conectados a um micrologger programado para fazer leituras a cada 10 segundos

e agrupá-las em médias a cada 15 minutos. Os valores médios diários de radiação solar global, temperatura do ar e do solo e umidade relativa do ar foram 3675 Wh.m⁻², 24,8°C, 26,2°C e 81% respectivamente. A distribuição horizontal da radiação global no abrigo não foi uniforme, sendo significativamente superior na metade Norte e lado Leste em comparação a metade Sul e lado Oeste. A transmitância média à radiação global foi de 84% e à radiação PAR de 76,6%. As radiações PAR e líquida representaram em média 43% e 53% da radiação global interna. O albedo variou de 0,24 nos estádios iniciais da cultura até 0,30 nos dias anteriores a poda, baixando para 0,19 no final do ciclo. A colheita foi realizada em 20 de abril, com duração do período semeadura-colheita de 85 dias e do período transplante-colheita de 57 dias. A maior produtividade média foi atingida pelo tratamento adubado organicamente com vermicomposto bovino e cinza de casca de arroz que supriu 100% das necessidades de N e K, com 3,85 kg.m⁻² de frutos totais e 2,64 kg.m⁻² de frutos comerciais. O padrão potencial de fruto obtido pela média de todos os tratamentos apresentou 736 g de massa e 377 mm de circunferência.

SUMMARY

SCHIEDECK, GUSTAVO. D.S., Universidade Federal de Pelotas, March of 2002. *Ambience and agronomic response of melon plants (*Cucumis melo* L.) cultivated under organic fertilizer in protected ambient*. Adviser: Sergio Roberto Martins. Co-adviser: Heloisa Santos Fernandes.

It was carried out an experiment from January and April, 2000, in the Campus of the Universidade Federal de Pelotas, RS, to characterize the ambience of the polyethylene greenhouse and to verify its interaction with the melon cultivation (*Cucumis melo* L.) under different fertilizer sources compared to mineral fertilizer. It was used a polyethylene greenhouse type High Tunnel, with an area of 307,3 m², volume of 941,3 m³, placed in the North-South direction, and covered by 150μ thickness PEBD. It was tested eight treatments based on the solid bovine manure vermicompost, ash of rice husk and mineral fertilizer, according to the official fertilizer recommendation. It was used the hybrid variety Trusty SLS, led vertically, in stonemasons covered by 50μ thickness black plastic, with 4 plant.m⁻². The seeding was carried out on January, 27, the transplant between February, 24 to 28, and the pruning on April, 5 and 6. The inner meteorological variables were measured through manual reading equipments and electronic sensors installed in the central area of the greenhouse and they were connected to a micrologger programmed to make readings every 10 seconds and to group the averages every 15 minutes. The average daily values of global radiation, air and soil temperature and air

humidity were 3675 Wh.m^{-2} , $24,8^{\circ}\text{C}$, $26,2^{\circ}\text{C}$ and 81% respectively. The horizontal distribution of the global radiation in the greenhouse was not uniform, being significantly higher in the North half and East side compared to the South half and West side. The medium transmittance to the global radiation was of 84% and to the PAR radiation of $76,6\%$. The average of the PAR and net radiations represented 43% and 53% of the inner global radiation. The albedo varied from $0,24$, at the beginning of the culture stadiums, to $0,30$ in the days before the pruning, and decreased to $0,19$ at the end of the cycle. The crop was carried out on April, 20, in a total of 85 days from the seeding and 57 days from the transplant. The highest average productivity was reached through organically fertilized treatment with vermicompost and ash of rice husk which supplied 100% of the needs of N and K, with $3,85 \text{ kg.m}^{-2}$ of total fruits and $2,64 \text{ kg.m}^{-2}$ of commercial fruits. The medium potential pattern of the fruit showed 763 g of the mass and 377 mm of circumference.

1. INTRODUÇÃO GERAL

A expressão *desenvolvimento sustentável*, apesar da atual banalização do seu emprego, associado quase que exclusivamente à modernização industrial, competitividade de mercado e crescimento econômico, ainda é a que melhor exprime o espírito de mudança e de esperança no futuro que a sociedade do século XXI tanto anseia. Enquanto o termo *desenvolvimento* pode ser interpretado como a busca por uma mudança favorável a partir de um sentimento de insatisfação, o conceito de *sustentabilidade* ainda é impreciso, controverso e em muitos casos até paradoxal conforme sua origem, uma vez que está diretamente relacionado ao contexto social, cultural, econômico e ambiental de quem o formula. Contudo, há um certo consenso de que o desenvolvimento sustentável exprime a idéia de *tempo* associado à preservação das fontes geradoras e/ou mantenedoras dos recursos e distribuição eqüitativa dos recursos e bens produzidos, ou seja, uma noção de compromisso com o futuro e de harmonia com a natureza e com a sociedade. Sob esse prisma, o manejo do ambiente de produção torna-se uma peça chave no sucesso de qualquer atividade econômica, seja industrial ou agrícola.

Mesmo com os recentes avanços tecnológicos, o setor primário é invariavelmente abalado por fenômenos ou comportamentos climáticos que interferem de forma direta no desenvolvimento das culturas. Algumas técnicas como a irrigação, a hidroponia e o cultivo em ambientes protegidos podem, em maior ou menor grau de controle, superar essas adversidades.

Nos estados do sul do Brasil, o cultivo em ambiente protegido surgiu no princípio da década de 80 como uma alternativa para a produção de hortaliças, que nos anos de inverno intenso e de verão chuvoso ou seco, condicionam grandes prejuízos aos agricultores. O baixo custo das primeiras estruturas, construídas praticamente com materiais disponíveis nas propriedades, aliado à possibilidade de ampliar o período de cultivo de espécies tradicionais e de implementar o cultivo daquelas que não se adaptariam às condições climáticas naturais da região, foram fatores que popularizaram a plasticultura. Dessa forma, a partir da segunda metade dos anos 80, o cultivo sob plásticos começou a ser estudado em vários centros de pesquisa no Brasil, passando a ser uma técnica reconhecidamente eficaz do ponto de vista agrônômico, com resultados produtivos muito acima da média obtida nos cultivos a céu aberto.

Contudo, embora os ótimos resultados de produtividade sejam fundamentais para um maior impulso da técnica, Martins (1996) salienta que é necessário averiguar sua sustentabilidade ao longo do tempo e questionar sobre o tipo de plasticultura que interessa ser desenvolvida no País. É imprescindível avaliar tanto o sistema de produção adotado quanto a própria demanda da sociedade por alimentos produzidos com tecnologias limpas.

O mercado de alimentos orgânicos (também chamados *bio*), produzidos sem a utilização de agrotóxicos ou adubos minerais, têm aumentado vertiginosamente em todo o mundo. Alguns dados indicam que esse segmento cresce anualmente cerca de 20% no Estados Unidos, 40% na Europa e 50% no Brasil. Para comprovar tais índices, basta verificar a proliferação das feiras de produtores ecológicos nas cidades, o aumento dos espaços para esses produtos nas gôndolas das grandes redes de supermercados e os movimentos ambientalistas e de consumidores que buscam uma alimentação mais saudável.

Mas essa demanda durante muito tempo foi reprimida, quando, a partir dos anos 70, a produção hortícola no Brasil substituiu os tradicionais métodos de cultivo pelas orientações da Revolução Verde e seus pacotes tecnológicos. A atividade tornou-se então um sumidouro de energia, com monocultivos sucessivos baseados na aplicação maciça de insumos industriais, principalmente os fertilizantes nitrogenados e os agrotóxicos. Com o surgimento da plasticultura essas práticas foram automaticamente incorporadas às estufas, potencializando ainda mais os riscos ao ambiente e à

saúde de produtores e consumidores. Tal realidade se confirma nos níveis absurdos de salinidade e de empobrecimento da microvida registrados nos solos cultivados no interior de estufas plásticas, fatos que por vezes inviabilizam a utilização da mesma área, e na quase inexistência de estudos sobre o impacto dos agrotóxicos aplicados nos cultivos sob plásticos.

A própria utilização dos plásticos, derivados do petróleo (recurso não renovável) e de baixa degradação no ambiente, têm sido questionada, forçando a pesquisa aos poucos buscar novas soluções, como a produção de plásticos biodegradáveis produzidos a partir de elementos orgânicos. Seja da forma que for, para Martins (1996), o futuro aponta a necessidade de uma plasticultura mais inteligente, que atinja a sustentabilidade desejada alicerçando-se nos princípios da viabilidade econômica, da justiça social e da adequação ecológica.

Dentro desse quadro, a Agroecologia surge como uma ciência capaz de criar alternativas tecnológicas que minimizem os impactos das atividades antrópicas. A Agroecologia, segundo Guzmán Casado et al. (2000), foi “redescoberta” no final dos anos 70 e, longe de ser uma disciplina específica, se constitui num enfoque que afeta e agrupa vários campos do conhecimento, sustentados por reflexões teóricas e avanços tecnológicos.

Conforme Altieri (2000), a Agroecologia subsidia uma metodologia de trabalho que permite a compreensão mais profunda tanto da natureza dos agroecossistemas como dos princípios que os regem. Segundo o autor, trata-se de uma nova abordagem na qual são contemplados os preceitos agronômicos, ecológicos e sócio-econômicos necessários à compreensão e avaliação do impacto das tecnologias sobre os sistemas agrícolas e sociais como um todo. Para Gliessman (2000), o enfoque agroecológico corresponde à aplicação dos conceitos e princípios da Ecologia no manejo e desenho de agroecossistemas sustentáveis.

De uma forma geral, a Agroecologia valoriza e aplica os conhecimentos localmente disponíveis, baseando grande parte da sua ação em práticas consideradas simples, como a diversificação de culturas, o aumento da biodiversidade, a integração lavoura-pecuária, a fertilização orgânica do solo, a rotação de cultivos, o controle biológico de pragas, plantas invasoras e doenças e a redução do consumo energético e de insumos industriais. Não

obstante, toda e qualquer intervenção deve respeitar as especificidades, potencialidades e limitações de cada ecossistema.

Para compreender essas limitações, uma das grandes questões que a Agroecologia busca desvendar refere-se à complexa interação co-evolutiva entre genótipo e ambiente. As alterações micrometeorológicas proporcionadas pelo material de cobertura das estufas plásticas em comparação com os cultivos a campo, afetam significativamente a resposta das plantas em seu interior, assim como a evolução dos processos químicos, físicos e biológicos do solo, sugerindo uma dinâmica de manejo ainda pouco conhecida.

A utilização de fontes de matéria orgânica como adubo e de práticas alternativas de controle de pragas e doenças em estufas plásticas, pode proporcionar um modelo de plasticultura desejável sob o prisma da conservação ambiental, condizente com as premissas da agricultura sustentável.

O presente trabalho, dividido em artigos interrelacionados, tem como objetivo verificar as interações entre o ambiente protegido e o cultivo de meloeiro (*Cucumis melo* L.) sob diferentes fontes e níveis de adubos orgânicos, comparados à recomendação oficial para adubação mineral. No primeiro artigo serão abordados alguns dos principais aspectos relacionados à radiação solar no interior dos abrigos, tais como a transmitância da cobertura plástica à luz e a uniformidade de distribuição no interior do abrigo e sua importância no processo produtivo e de pesquisa.

O artigo seguinte fará uma análise do balanço de radiação do cultivo de meloeiro sob adubação orgânica em ambiente protegido, analisando seus principais elementos ao longo do experimento e em dias característicos, seus reflexos sobre as variáveis meteorológicas internas e sua interação com o cultivo em desenvolvimento.

O comportamento do meloeiro sob práticas agroecológicas em estufa plástica será caracterizado no terceiro artigo. Nesse momento serão analisadas a relação entre a ambiência¹ do abrigo plástico e a ontogenia do meloeiro, bem como os resultados agrônômicos alcançados com a utilização da adubação orgânica em comparação com os obtidos com a adubação mineral.

¹Nesse trabalho o termo *ambiência* é definido como o conjunto das variáveis ambientais que constituem um meio físico, especialmente preparado e organizado pelo homem para o desenvolvimento da atividade agrícola, e que atuam sobre os organismos vivos ali presentes.

2. METODOLOGIA GERAL

2.1. Área experimental

2.1.1. Localização e clima

Os trabalhos foram conduzidos de janeiro a abril de 2000, no campus da Universidade Federal de Pelotas (UFPel), município de Capão do Leão, Rio Grande do Sul, localizado geograficamente na latitude 31°52'32" Sul, longitude 52°21'24" Oeste e à altitude média de 13 m acima do nível do mar.

O clima da região é Cfa pela classificação de Köppen, ou seja, clima temperado, de chuvas bem distribuídas e verão quente (Moreno, 1961).

As principais normais climáticas que caracterizam a região, referentes ao período de 1971 até 2000, observadas na Estação Agroclimatológica da UFPel/Embrapa-CPACT, distantes 600 m do local do trabalho, podem ser vistas no Apêndice 1. No Apêndice 2 são apresentadas as observações mensais ocorridas durante o período de realização do experimento.

2.1.2. Estufa plástica

O cultivo foi desenvolvido sob uma estrutura de arcos de ferro galvanizado tipo Túnel Alto, com 7,8 m de largura, 39,4 m de comprimento e 3,9 m de altura, compreendendo uma área de 307,3 m² e um volume de 941,3 m³ e disposta no sentido Norte-Sul.

A estufa não possuía janelas laterais nem janelas zenitais. A ventilação era passiva e realizada exclusivamente pela abertura dos portões localizados nas cabeceiras da estufa. Esses portões compreendiam o vão do terreno até o ponto central mais alto da estrutura e, uma vez abertos, propiciavam a entrada de ar em todo o perfil vertical. O formato e as dimensões da estufa são apresentados no Apêndice 3.

A estufa foi coberta três meses antes do início do experimento com filme de polietileno transparente de baixa densidade (PEBD). Esse filme tinha espessura de 150 μ e era aditivado contra os raios ultravioleta.

Em dias ensolarados ou encobertos, os portões da estufa eram abertos por volta das 7:15 horas e fechados ao redor das 16:15 horas. Em dias de precipitação ou ventos fortes, era aberto apenas um portão em cada extremidade da estufa, permitindo um mínimo de ventilação e remoção do excesso de umidade do ambiente. Nessas condições, o fechamento dos portões ocorria geralmente mais cedo, próximo às 15:30 horas.

2.2. Condução do experimento

2.2.1. Sistema de produção de mudas, cultivar e semeadura

A produção de mudas foi realizada em uma pequena estufa de 85 m², disposta no sentido Leste-Oeste e localizada a 20 metros da estufa principal. Essa estufa possuía o teto em arco e não apresentava nenhum sistema automatizado de controle ambiental, sendo a ventilação realizada de forma passiva através dos portões de entrada e saída e por janelas laterais móveis. A estufa foi coberta um mês antes da semeadura com PEBD de 150 μ , aditivado contra os raios ultravioleta.

As mudas foram produzidas em sistema “float” (Apêndice 4), no qual o desenvolvimento das plântulas ocorre em bandejas de isopor preenchidas com substrato, as quais são mantidas flutuando sobre uma lâmina d’água.

A cultivar de melão escolhida para o trabalho foi o híbrido Trusty SLS, tipo Cantaloupe, subtipo Cantaloupe Americano (*Cucumis melo* L. var. *reticulatus*). A empresa produtora da semente ainda classifica a cultivar como Melão Longa Vida Tipo “Western Shipping”. A escolha foi baseada nas características agronômicas (ciclo curto, casca rendilhada, polpa alaranjada, cavidade interior

pequena) e resistência ao oídio (*Erysiphe cichoracearum* f. sp. *cucurbitatum* De Candolle).

O preenchimento das bandejas de semeadura foi feito com substrato comercial, composto de uma mistura processada e enriquecida de cascas vegetais e turfa e de vermiculita e perlita expandidas. Segundo o fabricante, esse material apresenta as seguintes características: umidade entre 50 e 60%, capacidade mínima de retenção de água de 150%, condutividade elétrica entre 0,5 e 1,0 mS/cm e pH ao redor de 5,5 e 6,2.

A semeadura foi realizada no dia 27 de janeiro, sendo colocada uma semente por célula. Foram utilizadas 13 bandejas de isopor de 72 células e consumidos cerca de 75 kg de substrato e 20 g de sementes.

Até a emergência das plântulas, 6 dias após a semeadura, as bandejas permaneceram sob um pequeno telado de sombrite para evitar a ação de pássaros.

2.2.2. Delineamento da área experimental, tratamentos e análises do solo

Foi adotado o delineamento experimental de blocos ao acaso, com 3 repetições e 8 tratamentos. Dessa forma, as mudas transplantadas foram distribuídas em 24 canteiros de 6 m² cada, sendo estes divididos em três blocos de 8 canteiros, que compreenderam as regiões norte, centro e sul da estufa.

Os tratamentos testados foram baseados na comparação isolada e combinada de diferentes materiais orgânicos em relação à adubação mineral. Como fontes orgânicas de nutrientes foram utilizados vermicomposto bovino (húmus de minhoca), obtido a partir de minhoca vermelha-da-califórnia (*Eisenia foetida*), e cinza de casca de arroz, para suplementação potássica. A adubação mineral constou de uréia (45% de N), superfosfato triplo (42% de P₂O₅) e cloreto de potássio (58% de K₂O). As quantidades incorporadas em cada canteiro foram determinadas através de análises de solo seguindo as recomendações da Rede Oficial de Laboratórios de Análise de Solos (ROLAS) para o Estado do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (COMISSÃO, 1994) e a aplicação foi feita toda no momento do plantio. Na Tabela 1 são apresentados os tratamentos testados e no Apêndice 5 o resultado da análise do solo nos

canteiros, a análise nutricional dos materiais orgânicos utilizados, as quantidades recomendadas de nutrientes em cada tratamento e as quantidades de material incorporadas ao solo.

TABELA 1 – Tratamentos testados e respectiva descrição; jan/00 a abr/00, Pelotas, RS

Tratamento	Legenda	Descrição
T1	T	Testemunha sem adubação;
T2	M	Adubação mineral completa, com nitrogênio, fósforo e potássio conforme recomendação da ROLAS;
T3	$\frac{1}{2} V + \frac{1}{2} C$	Adubação com vermicomposto para suprir 50% das necessidades de nitrogênio e cinza de casca de arroz para suprir 50% das necessidades de potássio;
T4	$\frac{1}{2} V + 1 C$	Adubação com vermicomposto para suprir 50% das necessidades de nitrogênio e cinza de casca de arroz para suprir 100% as necessidades de potássio;
T5	$1 V + \frac{1}{2} C$	Adubação com vermicomposto para suprir 100% as necessidades de nitrogênio e cinza de casca de arroz para suprir 50% das necessidades de potássio;
T6	$1 V + 1 C$	Adubação com vermicomposto para suprir 100% as necessidades de nitrogênio e cinza de casca de arroz para suprir 100% as necessidades de potássio;
T7	1 V	Adubação com vermicomposto para suprir 100% as necessidades de nitrogênio;
T8	1 C	Adubação com cinza de casca de arroz para suprir 100% as necessidades de potássio;

2.2.3. Condução das plantas e práticas culturais

2.2.3.1. Transplante, espaçamento, cobertura plástica dos canteiros, tutoramento e polinização

O transplante nos blocos norte e centro foi realizado nos dias 24 e 25 de fevereiro, enquanto no bloco sul foi no dia 28 de fevereiro. Para melhor aclimatar as mudas, o transplante foi efetuado sempre após às 15:00 horas e cada canteiro irrigado com 45 mm, distribuídos nos 3 primeiros dias.

O espaçamento adotado foi de 0,5 m entre filas e 0,5 m entre plantas, com duas linhas por canteiro. Cada canteiro foi constituído por 24 plantas, numa densidade de 0,25 planta/m² ou 40.000 plantas/ha. Após o transplante, os canteiros foram cobertos com filme de PEBD preto de 50µ.

As plantas foram conduzidas em haste única, sendo o tutoramento iniciado no dia 2 de março e utilizado como tutor uma fita de rafia. A cada semana foram feitos repasses nos canteiros e as plantas que apresentavam a porção apical pendente eram então enroladas ao tutor.

Para aumentar a eficiência na polinização foi instalada uma caixa tipo Americana com abelhas africanizadas no lado externo da estufa, localizada cerca de 10 m do portão no lado norte.

2.2.3.2. Sistema de irrigação

A irrigação nos canteiros foi realizada com mangueiras gotejadoras, dotadas de sistema interno de compensação de pressão. Em cada canteiro foram dispostas duas linhas de mangueiras que acompanhavam as linhas de cultivo. As mangueiras ficaram sob o plástico de cobertura do solo durante todo o experimento.

A água de irrigação foi armazenada em um depósito de 1.000 L, localizado no lado externo da estufa e à 2 m de altura. A água ia aos canteiros por gravidade, passando por um sistema simples de filtragem e um higrômetro.

Durante o trabalho procurou-se manter a tensão de água entre -0,003 MPa e -0,03 MPa. No total, o bloco norte foi irrigado com 119,5 mm, o bloco central com 119,2 mm e o bloco sul com 116,3 mm.

2.2.3.3. Manejo fitossanitário

Para o controle de pulgões e ácaros nas plantas no interior da estufa foi preparada calda de pó de fumo (restos de fumo varridos do chão de fábrica), adotando a metodologia recomendada por Guerra (1985). Foram realizadas aplicações localizadas nos focos nos dias 23 e 31 de março e uma aplicação em todos os canteiros da estufa no dia 7 de abril.

No final do cultivo foi detectada a ocorrência de míldio (*Pseudoperonospora cubensis* [Berk. et Curtis] Rostowzew). Em função da severidade e rapidez da propagação da doença nas plantas não foi adotada nenhuma medida de controle.

2.2.3.4. Poda, desponte e carga de frutos

A poda das plantas foi realizada nos dias 5 e 6 de abril nos blocos norte e centro e no dia 13 de abril no bloco sul. O atraso da poda no bloco sul deveu-se ao menor desenvolvimento das plantas em comparação aos blocos anteriores.

Foram eliminadas todas as ramificações secundárias localizadas até o 4º entrenó da haste principal, aproximadamente 30 cm da altura, melhorando assim a ventilação na parte inferior dos canteiros. Entre o 5º e o 8º entrenós os ramos secundários foram deixados com 4 ou 5 folhas e a partir do 9º entrenó a poda foi feita após a primeira folha. Ao atingir o arame de sustentação a 2 m de altura, as plantas foram despontadas para limitar seu crescimento. Como medida preventiva à disseminação de doenças entre as plantas podadas, os canivetes e tesouras utilizados eram mergulhados em álcool hidratado.

Foi determinada uma carga máxima de 2 frutos por planta, fixados preferencialmente no terço central, mas sendo tolerado até 3 frutos nas plantas que apresentavam um maior vigor. Procurou-se manter um espaço de dois a três entrenós entre os frutinhos selecionados para evitar a concorrência por fotoassimilados. Após a fixação dos frutos eleitos, os novos frutinhos que surgiram foram eliminados manualmente.

2.3. Determinações

2.3.1. Elementos físicos do ambiente

A caracterização do ambiente no interior da estufa foi determinada através de instrumentos de leitura diária manual, de registro semanal e de registro contínuo automático. No Apêndice 6 é apresentado o croqui da estufa plástica e a localização espacial de todos os instrumentos de monitoramento ambiental utilizados durante o experimento.

As variáveis meteorológicas externas ocorridas durante o experimento foram observadas na Estação Agroclimatológica da UFPel/Embrapa-CPACT, distante 600 m do local dos trabalhos.

2.3.1.1. Temperatura do ar e do solo

Durante a produção de mudas a temperatura do ar foi medida com um termohigrógrafo da marca Lambrecht, de registro semanal, instalado em abrigo meteorológico no centro da estufa, a 1,5 m de altura. Na estufa de desenvolvimento e produção de frutos a temperatura do ar foi medida através de sensores termistores, marca Campbell Sci., modelo 107.

Foram instalados oito sensores no bloco central da estufa, sendo um em cada canteiro, a 1 m de altura. Os sensores foram protegidos da luz direta do sol por um miniabrigo plástico, com aletas de ventilação. Para verificar a temperatura do ar entre o topo do dossel e o teto da estufa, foi instalado um sensor com miniabrigo plástico a 3,2 m de altura. O Apêndice 7, Figura 7A, mostra o formato e a instalação do sensor de temperatura com o miniabrigo plástico.

A temperatura do solo foi medida através de um sensor instalado a 15 cm de profundidade, em um dos canteiros centrais da estufa plástica.

O valor médio diário da temperatura do ar e do solo foi obtido por meio da seguinte expressão:

$$T_{m\u00e9dia} = \frac{(T_{9horas} + 2 \times T_{21horas} + T_{m\u00e1x} + T_{m\u00edn})}{5}$$

onde T ($^{\circ}\text{C}$) é temperatura, $T_{m\u00e1x}$ e $T_{m\u00edn}$ as temperaturas máxima e mínima diárias e 9 horas e 21 horas os horários da observação da leitura.

2.3.1.2. Umidade relativa do ar

A umidade relativa do ar, tanto na fase de produção de mudas quanto na fase de desenvolvimento e produção de frutos, foi obtida através de um termohigrógrafo de registro semanal, marca Lambrecht. Os valores médios diários foram calculados pela equação

$$UR_{m\u00e9dia} = \frac{(UR_{9horas} + UR_{15horas} + 2 \times UR_{21horas})}{4}$$

onde UR (%) é a umidade relativa e 9 horas, 15 horas e 21 horas são os horários de observação da leitura.

2.3.1.3. Potencial matricial de água no solo

O potencial matricial de água no solo foi obtido através de sensores de umidade Watermark 200, modelo 257, da marca Irrometer Company. Foram instalados oito sensores no bloco central da estufa, um em cada canteiro, a 15 cm de profundidade. No Apêndice 7, figura 7B, é mostrado o aspecto físico do sensor de umidade do solo utilizado no experimento.

O sensor realiza a leitura medindo a resistência elétrica do solo (kOhms), sendo necessário converter o resultado para megapascal (MPa). A conversão foi efetuada conforme a equação adaptada de Thompson e Armstrong citados por Campbell Scientific (1996):

$$\Psi_m = \left(\frac{R_s}{0,01306(1,062[34,21 - T_s + 0,01060 \times T_s^2] - R_s)} \times 0,01 \right) \div 10330$$

onde R_s (KOhm) é a resistência medida no solo e T_s (°C) é a temperatura do solo no momento da observação da resistência.

2.3.1.4. Evaporação e evapotranspiração de referência

Na região central da estufa foi instalado um tanque de evaporação "Classe A" sobre um estrado de madeira. As leituras de evaporação foram feitas diariamente entre as 7:00 horas e 7:30 horas com o auxílio do parafuso micrométrico.

Para a determinação da evapotranspiração de referência foi utilizada a seguinte equação

$$ET_o = Kp \times Eca$$

onde ET_o (mm) é a evapotranspiração de referência (mm), Kp é o coeficiente do tanque e Eca (mm) é a evaporação diária medida no tanque.

2.3.1.5. Radiação fotossinteticamente ativa

Para medir a radiação fotossinteticamente ativa (PAR) no interior da estufa plástica foi usado um quantômetro marca LI-COR, modelo LI190SB. O quantômetro foi instalado na região central da estufa, a 2,20 m de altura, sobre uma base de alumínio anodizado, com 7,6 cm de diâmetro, equipada com três parafusos niveladores e nível de bolha.

A PAR externa diária foi estimada pela equação de regressão apresentada por Assis & Mendez (1989) a partir de dados da radiação global obtidos na Estação Agroclimatológica da UFPel/Embrapa-CPACT. A equação é descrita da seguinte forma:

$$PAR = 2,23 \times (R_g) - 0,93$$

onde PAR ($E.m^{-2}.dia^{-1}$) é a radiação fotossinteticamente ativa e R_g ($MJ.m^{-2}.dia^{-1}$) é a radiação global diária. O coeficiente de determinação (r^2) da equação é de 0,974.

2.3.1.6. Radiação líquida

Foi instalado um saldorradiômetro, marca REBS (Radiation Energy Balance Systems), modelo Q-7.1, a 2 m de altura, sobre um dos canteiros centrais da estufa. O saldorradiômetro apresenta um braço de suporte de 75 cm de comprimento, cuja função é afastar o elemento sensor das estruturas de fixação, e um nível de bolha na base de elemento sensor para nivelamento do mesmo. Um sistema de junta de torção permite manter o equipamento no plano horizontal.

A integração dos dados da radiação líquida foi realizada levando em conta tanto o período total de 24 horas ($R_n 24h$) quanto apenas o período diurno (R_{nd}), ou seja, aqueles valores de $R_n 24h$ simultâneos aos valores registrados de radiação global superiores a zero. A radiação líquida horária foi simbolizada apenas como R_n . A integração da radiação líquida pode ser descrita pelos seguintes modelos:

$$R_n 24h = \int_{0h}^{24h} R_n \quad R_{nd} = \int_{R_g > 0} R_n 24h$$

2.3.1.7 – Radiação global e radiação refletida

Para medir a radiação global no interior da estufa plástica sobre o dossel vegetativo do meloeiro, foram construídos artesanalmente 16 tubos solarímetros, conforme modelo proposto por Steinmetz & Miori (1997). No Apêndice 7, Figura 7C, são ilustradas detalhadamente as dimensões do sensor, seus componentes e a forma de montagem do sistema de vedação.

Após a confecção, os tubos solarímetros foram calibrados com o auxílio de um tubo solarímetro de fabricação industrial, marca Delta T, modelo TSL e de um piranômetro de cúpula dupla, marca Zipp & Zonen, modelo CM 6B. O período de calibração dos equipamentos foi de 7 dias, sendo o ajuste da resposta feito individualmente nos tubos artesanais através de um resistor ligado em paralelo no fio de saída do elemento sensor. Ao final, foi obtido um coeficiente médio de determinação de 0,99 (r^2) entre os tubos artesanais e o tubo industrial e o piranômetro. O desvio individual de cada tubo artesanal em relação ao tubo industrial foi usado como fator de correção na tabulação final dos dados.

Os tubos solarímetros foram dispostos dois a dois nos oito canteiros do bloco central da estufa, ficando um voltado para cima, para medir a radiação incidente sobre o dossel, e outro voltado para baixo, para medir a radiação refletida pelo dossel (Apêndice 8, Figuras 8A e 8B).

Os tubos solarímetros foram sustentados por um sistema composto por dois canos metálicos e pequenos batoques retangulares de madeira. Os canos foram enterrados à profundidade de 50 cm nos canteiros, ficando paralelos entre si, no sentido Norte-Sul e à altura máxima de 2,5 m. Nos batoques foram fixadas 3 braçadeiras, sendo duas opostas em ângulo de 180° e a terceira perpendicular a essas. Enquanto as braçadeiras opostas sustentavam os tubos solarímetros, a braçadeira perpendicular prendia o batoque ao cano de metal. Esse sistema permitiu manter os tubos solarímetros sempre nivelados e paralelos, além de possibilitar sua fácil e rápida movimentação.

Os tubos solarímetros foram instalados inicialmente a 1 m de altura, mas aos 40 dias após o transplante, com o desenvolvimento das plantas, foram passados para a altura de 2 m, onde permaneceram até o final dos trabalhos.

2.3.1.8. Balanço de radiação

O balanço de radiação diário e seus elementos foram calculados através das seguintes equações:

$$R_n 24h = B_{OC} + B_{OL}$$

$$B_{OC} = (1 - \alpha) R_g$$

$$a = R_r / R_g$$

$$B_{OL} = R_n 24h - B_{OC}$$

onde $R_n 24h$ é a radiação líquida diária no período de 24 horas, B_{OC} é o balanço de ondas curtas, B_{OL} é o balanço de ondas longas, 'a' é o coeficiente de reflexão (albedo), R_g é a radiação solar global incidente e R_r é a radiação solar refletida.

Para análise do balanço de radiação e seus elementos em dias típicos foram escolhidas três datas no mês de março: dia 07, parcialmente encoberto (5858,2 Wh.m⁻², razão de insolação 0,85 e sem precipitação); dia 21, encoberto (1769,8 Wh.m⁻², razão de insolação 0,02 e sem precipitação); dia 27, encoberto com precipitação (885,8 Wh.m⁻², razão de insolação 0,0 e 9,4 mm de precipitação). Durante o período em que o experimento foi desenvolvido, não ocorreram dias com razão de insolação superior à 0,9, sempre havendo a presença de nebulosidade, especialmente no turno da tarde.

2.3.1.9. Sistema automático de aquisição de dados e programação

Foi utilizado um sistema automático de aquisição de dados tipo micrologger, marca Campbell Scientific, modelo 21XL. Para possibilitar uma maior autonomia de dias em funcionamento, o equipamento foi conectado a uma bateria de automóvel de 12 V.

Em função do grande número de sensores, foi acoplado ao micrologger um multiplexador, também da Campbell Scientific, modelo AM416, que permitiu ampliar o número de entradas analógicas. No total foram conectados 36

sensores de radiação solar, temperatura e umidade do solo, sendo 12 no micrologger e 24 no multiplexador.

A programação do sistema foi feita em um computador, através do software PC208W, da Campbell Scientific. O programa com as instruções de funcionamento do sistema foi transferido para o micrologger através de uma interface SC32A RS-232, da mesma marca, conectada na porta serial. O sistema foi programado para operar em intervalos de 10 segundos e agrupar os dados de trabalho em valores médios a cada 15 minutos.

A retirada e salvamento dos dados foi realizada em intervalos de 3 a 4 dias, evitando a sobreposição de registros na memória do micrologger. O computador era conectado ao micrologger e, através do software PC208W, os dados eram salvos em arquivos. Posteriormente esses arquivos eram convertidos em um formato compatível para utilização em planilhas eletrônicas.

No Apêndice 9 é mostrada a ligação dos sensores ao micrologger e ao multiplexador e a conexão entre o sistema automático de aquisição de dados e o computador utilizado na coleta periódica dos dados.

2.3.2. Respostas agronômicas

2.3.2.1. Índice de área foliar

O índice de área foliar (IAF) foi avaliado em quatro momentos do desenvolvimento da cultura. Na primeira avaliação a área foliar foi obtida pela média de 10 mudas no estádio do transplante (25/fev) e nas demais vezes (16/mar, 05/abr e 20/abr) foi selecionada uma planta representativa do dossel em cada canteiro, arrancada inteira e levada para análise em laboratório, onde as folhas eram separadas dos ramos e pecíolo. Assim, a média de cada tratamento foi composta pelos dados de três plantas inteiras.

A área foliar foi determinada com auxílio de um integrador de mesa da marca LI-Cor, modelo LI-3100.

2.3.2.2. Fenologia

Os estádios fenológicos do meloeiro foram observados ao longo do experimento conforme a caracterização proposta por Marouelli et al. (1996), onde:

- a) Fase 1: corresponde ao período da emergência até 10% do desenvolvimento vegetativo;
- b) Fase 2: do final da fase 1 até 70% a 80% do desenvolvimento vegetativo (início do florescimento);
- c) Fase 3: do final da fase 2 até o início da maturação;
- d) Fase 4: do final da fase 3 até a colheita.

Como critério para determinação do estágio de desenvolvimento vegetativo foi considerada a altura de 2 m, momento no qual as plantas foram despontadas. Para a determinação do início do florescimento foi estabelecido a presença de flores abertas em mais de 50% das plantas em cada canteiro. Foi considerado como início da maturação o estágio no qual o rendimento dos frutos estava completamente formado. A data de colheita foi determinada pelo momento no qual a ocorrência de míldio passou a comprometer a área foliar das plantas.

2.3.2.3. Crescimento e desenvolvimento dos frutos

O crescimento e desenvolvimento dos frutos foi acompanhado semanalmente através da medição da circunferência transversal dos mesmos. O monitoramento foi realizado a partir de frutinhas jovens, com circunferência inferior a 60 mm e em duas datas: 15 e 22 de março. Na primeira data foram monitorados 22 frutos e na segunda 27 frutos, sendo as curvas de crescimento de cada data formadas pela média dos respectivos frutos.

O desenvolvimento em massa dos frutos foi estimado por meio de equações de regressão, específicas para cada data, montadas a partir dos dados de massa e circunferência obtidos na colheita.

2.3.2.4. Componentes do rendimento

Para cada tratamento testado foram determinados os seguintes componentes do rendimento:

- a) Média de massa fresca total e comercial de frutos: foram considerados comerciais os frutos que atingiram massa acima de 500 g e não comerciais os que ficaram abaixo desse valor. Na análise de

produção total foi considerada a massa de todos os frutos produzidos, independentemente da classificação.

- b) Média de número total e comercial de frutos por planta: a análise total do número de frutos produzidos por planta foi feita independentemente da massa. A contagem dos frutos comerciais levou em consideração apenas aqueles com massa superior a 500 g.
- c) Número total e massa total de frutos totais e comerciais: foi analisado em cada tratamento a massa e o número total de frutos produzidos, desconsiderando a média dos blocos, porém classificando-os em totais e comerciais.
- d) Carga média ($\text{frutos.planta}^{-1}$), massa média (kg.fruto^{-1}) e produtividade média (kg.m^{-2}) de frutos totais e comerciais: a carga média foi determinada pela contagem do número de frutos totais e comerciais produzidos por planta em cada tratamento. A massa média foi obtida pela verificação da massa total e comercial obtida por número de frutos totais e comerciais respectivamente. A produtividade média foi determinada através da massa total e comercial produzida por metro quadrado de área interna.

2.3.3. Procedimento estatístico

O procedimento estatístico aplicado na caracterização das variáveis ambientais foi realizado inicialmente através de análise de variância, seguida de teste de comparação de médias.

Para o estudo da distribuição espacial da radiação solar no interior da estufa plástica, os dados foram agrupados em 12 quinquídios e estes considerados como repetições na análise de variância. Após, foi aplicado o teste de Tukey a 1% de probabilidade para a comparação de médias.

Na análise dos componentes do rendimento nos tratamentos testados foi utilizada a análise de co-variância, considerando como variável auxiliar o número total de plantas vivas em cada parcela no momento da colheita. A comparação de médias foi realizada por meio do teste de Duncan a 5% de probabilidade.

3. ASPECTOS DA RADIAÇÃO SOLAR EM ESTUFA PLÁSTICA TIPO TÚNEL ALTO EM PELOTAS, RS

ASPECTOS DA RADIAÇÃO SOLAR EM ESTUFA PLÁSTICA
TIPO TÚNEL ALTO EM PELOTAS, RS

ASPECT OF SOLAR RADIATION IN PLASTIC GREENHOUSE
TYPE HIGH TUNNEL IN PELOTAS, RS

Gustavo Schiedeck¹

RESUMO

Foi realizado um experimento no campus da Universidade Federal de Pelotas, RS, entre fevereiro e abril de 2000, com o objetivo de analisar aspectos da radiação solar no interior de estufa plástica. Foi utilizada uma estrutura tipo Túnel Alto com área de 307,3 m² e volume de 941 m³, coberta com PEBD de 150 μ de espessura e disposta no sentido Norte-Sul. Foram instalados na região central da estufa 8 tubos solarímetros artesanais e um sensor quantômetro, todos conectados a um micrologger programado para fazer leituras a cada 10 segundos e agrupá-las em médias a cada 15 minutos. Houve diferença significativa entre os tubos solarímetros, sendo que em geral, os tubos localizados mais ao Norte e ao Leste da estufa apresentaram valores da radiação global superiores aos tubos mais ao Sul e ao Oeste. A estimativa da radiação PAR através da radiação global interna e externa apresentou coeficientes de determinação (r^2) de 0,988 e 0,9816 respectivamente. A transmitância média da radiação global foi de 84,8%, variando entre 94% até 76,2%, enquanto a transmitância média da radiação PAR foi de 76,6%, com variações entre 98,6% e 67,4%. Em dias com baixa disponibilidade radiante e com elevada umidade relativa média do ar, a transmitância da radiação PAR foi sensivelmente elevada, tornando-se superior à da radiação global. No interior da estufa plástica a radiação PAR representou cerca de 43% da radiação global, variando esse valor entre 57% e 36,4%.

Palavras-chave: cultivo protegido, radiação global, radiação PAR, transmitância, distribuição espacial da radiação, equações de regressão.

¹ Engenheiro Agrônomo, Dr., UFPel – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel – PPGA, Dept° de Agronomia, Caixa postal 354, CEP 96077-170, Pelotas, RS. E-mail: gschiedk@italnet.com.br

ABSTRACT

It was carried out an experiment in the campus of Universidade Federal de Pelotas, RS, from February to April, 2000, to analyze aspects of the solar radiation inside polyethylene greenhouse. It was used a plastic greenhouse type High Tunnel with an area of 307,3 m², volume of 941 m³, and covered by 150 μ thickness PEBD and arranged in the North-South orientation. It was installed eight handmade solarimeters tubes and one quantum sensor in the central area of the greenhouse. They were connected to a micrologger, which was programmed to make readings every 10 seconds and to group the averages every 15 minutes. There was significant difference among the solarimeters tubes, and in general, the tubes placed more to the North and the East of the greenhouse presented higher values of global radiation than the tubes more to the South and the West. The PAR radiation estimated through the inner and outer global radiation showed coefficients of determination (r^2) of 0,988 and 0,9816 respectively. The transmittance average of the global radiation was of 84,8%, varying between 94% and 76,2%, while the transmittance average of the PAR radiation was of 76,6%, with variations between 98,6% and 67,4%. In days with low radiant availability and with high relative humidity average of the air, the transmittance of the PAR radiation was sensibly high, becoming higher to the global radiation. Inside the plastic greenhouse the PAR radiation represented about 43% of the global radiation, varying between 57% and 36,4%.

Key words: protected cultivated, global radiation, PAR radiation, transmittance, spacial distribution of radiation, regression equations.

INTRODUÇÃO

As estufas plásticas, em função do seu formato, dimensões, orientação geográfica, material de cobertura e manejo, modificam sensivelmente as variáveis meteorológicas em relação ao meio externo. Para Garzoli (1989), os efeitos sobre os principais parâmetros climáticos modificados pelos abrigos plásticos são o aumento da temperatura do ar, das plantas e do solo, o aumento da umidade relativa do ar e a redução dos níveis de radiação solar,

CO₂ e movimento do ar. A intensidade com que essas alterações se processam e o grau de inter-relação entre elas é que determinará a eficiência energética do agroecossistema "estufa plástica".

A radiação solar é o principal fator limitante do rendimento das espécies cultivadas e ao mesmo tempo o de mais difícil manipulação em ambientes protegidos. Martins et al. (1999) citam que, de uma forma geral, a redução de energia radiante no interior dos abrigos plásticos nas diferentes regiões do Brasil varia entre 5% e 35%. Grande parte dessa redução é condicionada pelas propriedades refletivas e absorptivas do material plástico de cobertura e das características estruturais do abrigo. A reflexão e absorção são determinadas por condições como idade do material, espessura, deposição de poeiras, acúmulo de vapor d'água na superfície interna da estufa e pelo ângulo de incidência da radiação solar.

Lorenzo Mínguez (1998) cita que é possível melhorar substancialmente a luminosidade no interior dos abrigos instalando a estrutura na melhor orientação geográfica e otimizando o ângulo de incidência da radiação solar sobre a cobertura. Em Botucatu, Assis (1998) verificou que a estufa orientada no sentido Norte-Sul apresentou transmitância média anual de 65% á radiação global enquanto na orientada no sentido Leste-Oeste esse valor foi de 74%.

A transmitância da cobertura plástica é inversamente relacionada com o ângulo de incidência da radiação solar, ou seja, quanto menor o ângulo de incidência, menor a reflexão da cobertura e conseqüentemente maior a transmitância. Nessa perspectiva, as estruturas hemisféricas ou semicirculares são as que apresentam o formato mais favorável à transmissão da luz solar (Keveren, 1973; Harnett et al., 1979; Alpi & Tognoni, 1991).

Contudo, a questão dos ventos predominantes no local também deve ser levada em conta no momento de definir a orientação da instalação e na escolha do tipo e formato da estufa plástica. Esses detalhes tornam-se importantes já que podem comprometer tanto o desenvolvimento das plantas quanto a integridade estrutural do abrigo. Embora as estufas tipo Túnel Alto contemplem características essenciais para a transmitância luminosa e a resistência aos ventos, seu potencial de utilização ainda é pouco explorado.

O presente estudo tem como objetivo analisar os principais aspectos qualitativos e quantitativos da radiação solar em estufa plástica tipo "Túnel

Alto", comparando as alterações ocorridas sobre a radiação solar no seu interior em relação ao ambiente externo, e enfatizar sua importância no processo produtivo e de pesquisa.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido entre 24 de fevereiro e 20 de abril de 2000, no Campus da Universidade Federal de Pelotas (UFPel), RS, localizado na latitude 31°52'32" Sul e longitude 52°21'24" Oeste, com altitude média de 13 m acima do nível do mar. O clima da região é Cfa pela classificação de Köppen, ou seja, clima temperado com chuvas bem distribuídas e verão quente (Moreno, 1961).

Foi utilizada uma estrutura de arcos de ferro galvanizado tipo "Túnel Alto", disposta no sentido Norte-Sul, com 7,80 m de largura, 39,4 m de comprimento e 3,9 m de altura, compreendendo uma área de 307,3 m² e 941,34 m³ de volume. Para cobertura foi utilizado filme de polietileno de baixa densidade (PEBD) com espessura de 150 μ e aditivado contra raios ultra violeta.

No interior da estufa foi cultivado meloeiro (*Cucumis melo* L.), cultivar híbrida Trusty SLS, em 24 canteiros de 6 m² cada, cobertos com PEBD preto de 50 μ de espessura. As plantas foram conduzidas num espaçamento de 0,5 m por 0,5 m e tutoradas por meio de um fio de rafia até a altura de 2 m. Os canteiros foram divididos em 3 blocos, compreendendo as regiões norte, centro e sul da estufa.

A estufa não possuía janelas laterais nem zenitais. A ventilação era passiva, provida apenas pela abertura dos portões localizados nas cabeceiras da estrutura. Esses portões abriam-se do chão até o ponto mais alto da estufa e propiciavam a ventilação em todo o perfil vertical da estufa.

O manejo da estufa foi realizado abrindo-se os portões por volta das 7:15 horas nos dias ensolarados ou encobertos e fechando-os ao redor das 16:15 horas. Em dias de precipitação ou ventos fortes, os portões eram abertos parcialmente para permitir um mínimo de ventilação e remoção do excesso de umidade no ambiente. Nessas condições, os portões eram fechados mais cedo, próximo às 15:30 horas.

A radiação solar global foi medida através de tubos solarímetros construídos artesanalmente, conforme modelo proposto por Steinmetz & Miori

(1997). Os tubos artesanais foram calibrados com o auxílio de um tubo solarímetro marca Delta T, modelo TSL, obtendo-se um coeficiente médio de determinação de 0,99 (r^2). Foi instalado um tubo sobre cada canteiro central, orientado no sentido norte-sul e posicionado a 1 m de altura. Posteriormente, com o desenvolvimento da cultura, os tubos foram levantados para 2 m de altura.

A radiação fotossinteticamente ativa (*PAR*) interna foi medida com um quantômetro marca LI-COR, modelo LI190SB, instalado também na região central da estufa, a 2 m de altura. A radiação *PAR* externa ($E.m^{-2}.dia^{-1}$) foi estimada a partir da equação de regressão apresentada por Assis & Mendez (1989) e descrita da seguinte forma

$$PAR = 2,23 \times (R_g) - 0,93$$

onde R_g é a radiação global verificada no ambiente externo, dada em $MJ.m^{-2}.dia^{-1}$. A relação entre radiação *PAR* e radiação global foi calculada utilizando o fator de conversão de $4,57 E.J^{-1}$ (McCree apud Assis & Mendez, 1989).

Foi utilizado um sistema automático de aquisição de dados tipo micrologger, marca Campbell Scientific, modelo 21 XL, no qual foi acoplado um multiplexador da mesma marca, modelo AM416, para aumentar o número de entradas analógicas. O micrologger foi programado para operar com um intervalo de execução de 10 segundos e agrupar os dados de trabalho em valores médios a cada 15 minutos.

As variáveis meteorológicas externas ocorridas durante o experimento foram observadas na Estação Agroclimatológica da UFPel/Embrapa-CPACT, distante 600 m do local do trabalho.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 é apresentada a análise de variância para a radiação solar global obtida em diferentes pontos no interior da estufa plástica e na Figura 1 é mostrado o croqui da distribuição espacial dos tubos solarímetros.

TABELA 1 – Comparação de médias quinqüidiais da radiação solar global (R_g), desvio padrão (s), coeficiente de variação (CV) e variação percentual em relação à média, obtidas em diferentes pontos no interior de estufa plástica tipo Túnel Alto, de fev/00 a abr/00. Pelotas, RS

Tubo solarímetro	R_g média * (Wh.m ⁻² .dia ⁻¹)		Variação em relação à média (%)
TS 18	3416,59	a	+ 5,04
TS 19	3397,21	a	+ 4,45
TS 23	3320,70	a b	+ 2,09
TS 24	3308,64	a b	+ 1,72
TS 20	3253,39	b c	+ 0,02
TS 17	3201,91	b c	- 1,56
TS 22	3151,75	c	- 3,10
TS 21	2970,58	d	- 8,67
Média	3252,60		
s	87,29		
d.m.s.	131,28		
CV (%)	2,68		

*médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey à 1%.

A análise estatística revelou uma diferença altamente significativa quanto ao recebimento de luz entre os diferentes pontos no interior da estufa. De acordo com os resultados obtidos, a distribuição horizontal interna da radiação solar global não é uniforme, havendo um gradiente decrescente da posição nordeste para a sudoeste.

Os tubos TS 18 e TS 19, situados na metade Norte e posição central apresentaram os maiores valores médios, porém não diferindo dos tubos TS 23 e TS 24. O tubo TS 21, localizado na metade Sul e lado Oeste, foi o que obteve a menor média quinqüidial, com variação de -8,67% em relação à média geral e superior a -13% em relação à média do tubo TS 18. Os tubos solarímetros localizados ao lado da parede plástica apresentaram valores médios inferiores aos tubos localizados mais ao centro do abrigo. Esse fato é explicado pelo ângulo formado entre os tubos solarímetros e a cobertura plástica, maior nas laterais e menor no centro, que proporcionava diferentes coeficientes de reflexão relativos a posição de cada tubo.

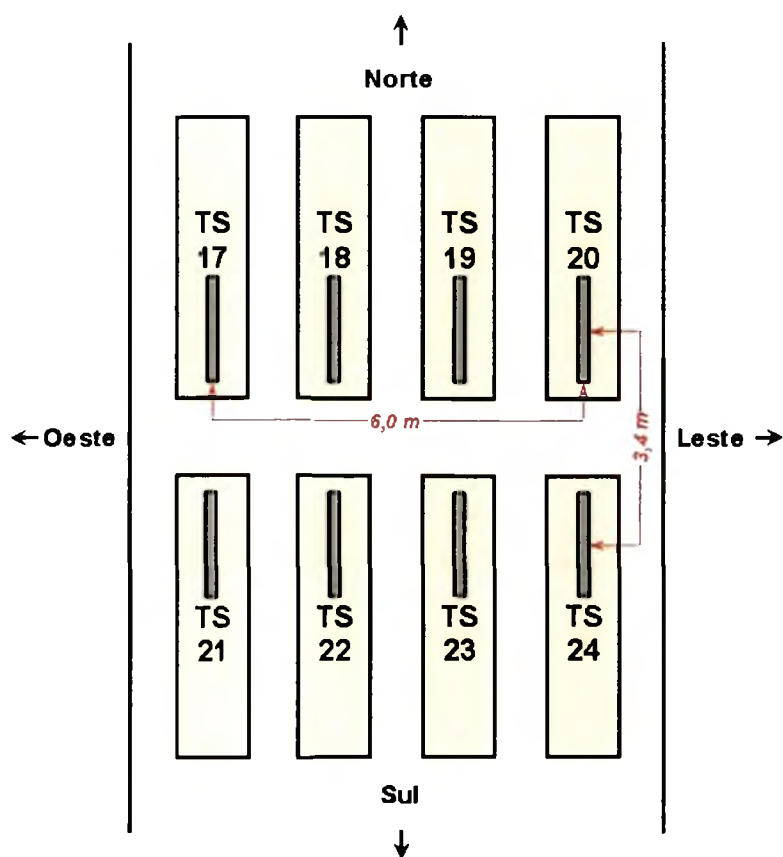


FIGURA 1 – Croqui da distribuição espacial dos tubos solarímetros na região central da estufa plástica. Fev/00 a abr/00, em Pelotas, RS.

A condensação de vapor d'água verificada na face interna do filme plástico nas primeiras horas da manhã também contribuiu para reduzir a radiação solar captada pelos tubos nas laterais da estufa. Jaffrin & Morisot (1994) determinaram que a reflexão dos raios solares é causada por cerca de 40% da área de uma gota hemisférica, embora essa área aumente conforme o ângulo de incidência da radiação e com a ocorrência de gotículas entre as gotas de tamanho normal. Daponte (1987) cita que a condensação do vapor d'água pode reduzir a transmitância do filme plástico entre 15% e 20%.

De uma forma geral, as diferenças entre as metades Norte e Sul aumentaram em direção ao lado Oeste. Numa comparação pareada percebe-se que não há diferença estatística entre os tubos TS 20 e TS 24 ou entre os tubos TS 19 e TS 23. Entretanto, entre os tubos TS 18 e TS 22 e os tubos TS 17 e TS 21 a diferença é altamente significativa. Esse efeito pode ser explicado pelo fato do lado Oeste da estufa plástica, na sua região central, estar mais danificado pela ação dos ventos, apresentando diversos arcos da estrutura tortos. Como consequência, o túnel não possuía uma perfeita simetria entre seus lados Leste e Oeste, indispensável para favorecer a distribuição igualitária da luz no seu interior.

Para verificar as diferenças existentes entre as metades Norte e Sul e os lados Leste e Oeste, os tubos solarímetros foram agrupados quatro a quatro, formando contrastes entre as regiões no interior da estufa. Os resultados obtidos são apresentados na Tabela 2 e na Figura 2.

TABELA 2 – Comparação de médias quinqüidiais da radiação solar global (R_g), desvio padrão (s), coeficiente de variação (CV) e diferença mínima significativa (d.m.s) para diferentes regiões no interior de estufa plástica tipo Túnel Alto, de fev/00 a abr/00. Pelotas, RS

Região	Tubos solarímetros	R_g média* (Wh.m ⁻² .dia ⁻¹)	s (Wh.m ⁻² .dia ⁻¹)	d.m.s (Wh.m ⁻² .dia ⁻¹)	CV (%)
Norte	TS 17 – TS 18 – TS 19 – TS 20	3317,27 a	71,53	90,65	2,20
Sul	TS 21 – TS 22 – TS 23 – TS 24	3187,92 b			
Leste	TS 19 – TS 20 – TS 23 – TS 24	3319,98 a	49,76	63,06	1,53
Oeste	TS 17 – TS 18 – TS 21 – TS 22	3185,21 b			
média		3252,60			

*médias seguidas pela mesma letra na coluna das respectivas comparações pareadas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey à 1%.

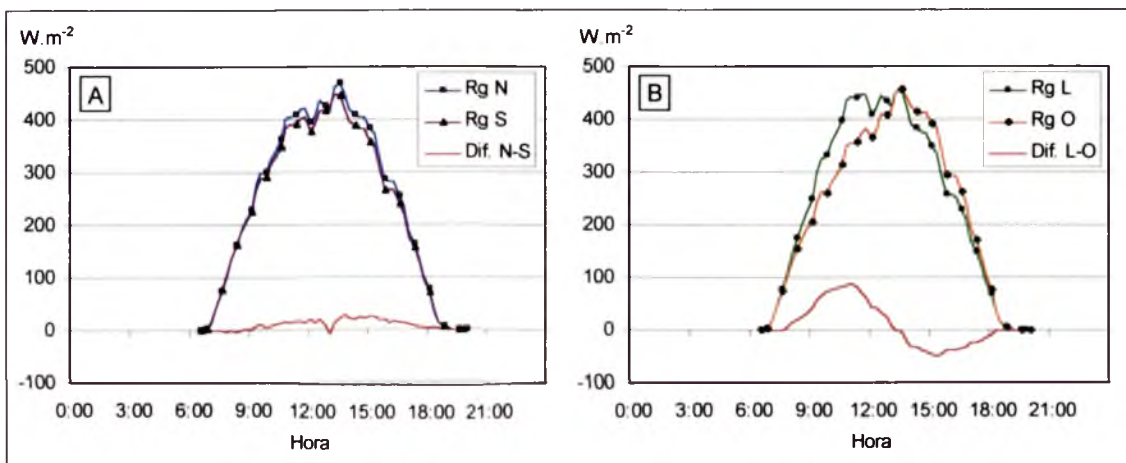


FIGURA 2 – Valores médios horários da radiação solar global (R_g) no interior de estufa plástica tipo Túnel Alto, analisados nas metades Norte (N) e Sul (S) [A] e nos lados Leste (L) e Oeste (O) [B], de fev/00 e abr/00 em Pelotas, RS.

Ao longo do experimento, a metade Sul da estufa recebeu em média 96,1% da radiação solar global diária recebida pela metade Norte. Por sua vez, o lado Oeste apresentou valores médios diários de 95,9% em relação ao lado Leste. Dessa forma, a metade Norte e o lado Leste apresentaram, respectivamente, um valor médio diário de 129,35 Wh.m⁻² e 134,77 Wh.m⁻² maior em relação ao obtido na metade Sul e no lado Oeste.

A análise horária permitiu verificar o comportamento da radiação solar global nas diferentes regiões no interior do túnel. A amplitude na diferença de recebimento de radiação foi maior entre os lados Leste e Oeste em comparação às metades Norte e Sul, o que se explica pelo arranjo espacial dos grupos de tubos solarímetros. A metade Norte recebia mais radiação solar do que a metade Sul durante todo o dia, exceto por volta das 13:00 horas, quando a radiação na metade Sul era levemente superior. Esse fato é atribuído ao sombreamento de algum tubo solarímetro na metade Norte causado por elementos estruturais do abrigo. Contudo, entre os lados Leste e Oeste se verificava uma inversão diária de comportamento: o lado Leste apresentava valores superiores até próximo às 13:15 horas, quando então o lado Oeste passava a receber maior quantidade de radiação solar global.

A não uniformidade no recebimento de luz em diferentes pontos no interior das estufas plásticas também é documentada em outros estudos. López-Galvéz et al. (1993), trabalhando na Espanha (hemisfério Norte) em uma estufa plástica tipo "Parral Almería", de 24 m de largura e disposta no sentido Leste-Oeste, verificaram que ao meio-dia a radiação PAR na metade Norte correspondeu a valores médios entre 83,2% e 94,3% da radiação observada na metade Sul. Já no Brasil, em Botucatu, Souza et al. (2000) observaram que no interior das estufas plásticas, a evaporação era significativamente superior nas regiões mais ao Norte e ao Leste em comparação com as regiões mais ao Sul e Oeste. Considerando que a radiação solar é responsável por cerca de 80% da evaporação, pode-se inferir que nas regiões de maior evaporação os valores de radiação solar também foram superiores.

Esses estudos também comprovaram que as diferenças no recebimento de radiação solar no interior das estufas se refletiram sobre o resultado fenológico e produtivo dos cultivos. Alguns autores atribuem que para determinados cultivos como tomate e pepino, nas altas latitudes, reduções de

luminosidade na ordem de 1% refletem reduções de 1% a 3% na produção final (Verhaegh apud Cockshull, 1985; Cockshull, 1988). Na Espanha, López-Galvéz et al. (1993) observaram que a produção de meloeiro foi maior na metade Sul do que na metade Norte. A precocidade foi afetada significativamente entre as duas regiões, tendo a colheita mais precoce ocorrido na condição de maior incidência luminosa. Trabalhando com alface, Souza et al. (2000) encontraram maiores valores de matéria fresca nos canteiros onde a evaporação foi superior, ou seja, onde houve maior exposição das plantas à radiação solar.

Com o aumento das dimensões dos abrigos plásticos nas produções hortícolas comerciais, há a tendência do agravamento dessa desuniformidade na distribuição luminosa. Assim sendo, existe a possibilidade de trabalhar o escalonamento de produção, mais concentrado ou mais esparsa, através da combinação de diferentes níveis da radiação verificados no interior da estufa plástica com cultivares de diferentes características fenológicas. Não obstante, a pesquisa em ambientes protegidos também deve estar atenta para essa particularidade, evitando que resultados de produção e fenologia sejam mascarados por delineamentos experimentais que não contemplem a uniformidade da luz.

Outro aspecto importante é a quantidade e qualidade da luz que penetra no interior do abrigo plástico. Os valores da radiação solar global e da radiação PAR são apresentados na Figura 3. Foi considerada como a radiação global interna o valor médio obtido através dos 8 tubos solarímetros.

A radiação solar global e radiação PAR verificadas a céu aberto apresentaram médias diárias de 3878,21 Wh.m⁻² e 30,20 E.m⁻², respectivamente. No interior da estufa plástica esses valores foram de 3321,54 Wh.m⁻² e 22,98 E.m⁻². Os resultados obtidos foram diretamente influenciados pelas condições meteorológicas externas vigentes e pela natural redução da elevação solar devido a proximidade do outono.

A partir dos valores da radiação solar global interna e externa foram montadas equações de regressão para estimar a radiação PAR interna, as quais são apresentadas na Figura 4. Os modelos propostos apresentaram elevados coeficientes de determinação (r^2) para a estimativa da radiação PAR, tanto pela radiação global interna (0,988) quanto pela radiação global externa (0,9816). Como a radiação PAR normalmente não é avaliada no interior das estufas

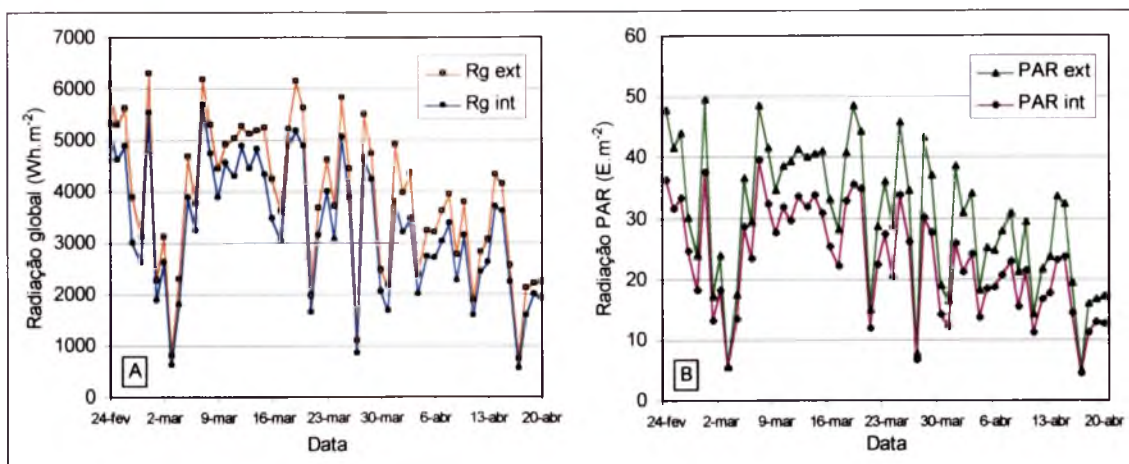


FIGURA 3 – Valores integrais diários da radiação solar global (R_g) [A] e radiação PAR (PAR) [B] em estufa plástica tipo Túnel Alto e a céu aberto, de fev/00 e abr/00 em Pelotas, RS.

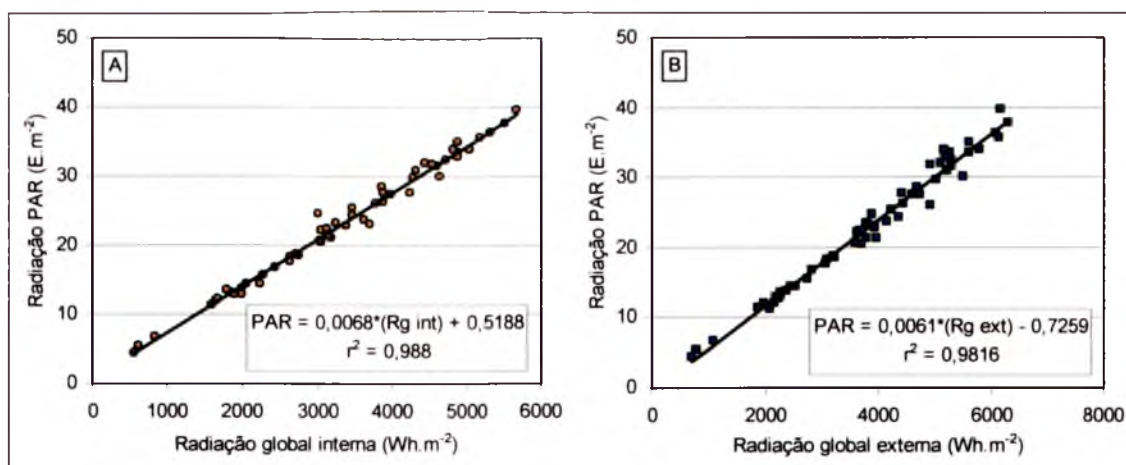


FIGURA 4 – Equações de regressão e coeficientes de determinação (r^2) para a estimativa da radiação fotossinteticamente ativa (PAR) no interior de estufa plástica tipo Túnel Alto, a partir da radiação solar global interna ($R_g \text{ int}$) [A] e externa ($R_g \text{ ext}$) [B], de fev/00 e abr/00 em Pelotas, RS.

plásticas, esses valores indicam a possibilidade de estimá-la com boa precisão a partir dos dados da radiação global obtida na Estação Agroclimatológica localizada próxima ao local o trabalho.

Na Figura 5 é apresentada transmitância da cobertura plástica do abrigo à radiação global e à radiação PAR. A transmitância média da radiação global foi de 84,8%, variando entre 94% e 76,2%, enquanto a transmitância média da radiação PAR foi de 76,6%, com variações entre 98,6% e 67,4%.

Resultados similares de transmitância da cobertura à radiação global foram encontrados por Farias et al. (1993), que trabalhando com estufa plástica tipo Capela, no mesmo local, observaram valores médios de 83%, com transmitância máxima de 90% e mínima de 65%. Por sua vez, Camacho et al. (1995), em estufa tipo Túnel Alto, também na mesma área, verificaram uma transmitância média de 78%, variando entre 89% e 65%. Contudo, é importante ressaltar as condições em que esses estudos foram realizados: os primeiros autores trabalharam durante 11 dias na primavera, realizando medições apenas no intervalo entre às 11:00 e 13:00 horas e em um abrigo com formato menos eficiente na transmissão da luz, porém com um filme de 100 μ de espessura; já os segundos, com uma estrutura mais eficiente à transmissão luminosa e com filme plástico também de 100 μ , abrangeram um período de trabalho superior a 1 ano, efetuando leituras quinzenais entre às 8:00 e às 18:00 horas.

Quanto à radiação PAR, a transmitância média ao longo do experimento foi cerca de 8,8% menor que a transmitância à radiação global. Uma diferença similar de 9% também foi observada por López Hemandéz (1995), que trabalhando com PEBD de 200 μ , obteve uma transmitância média de 61% para a radiação global, variando entre 68% e 54%, e de 52% para a radiação PAR, com valor máximo de 63% e mínimo de 44%. Giacomelli (1991) estudando a transmitância do PEBD à diferentes comprimentos de onda, verificou que reduções mais significativas ocorriam nas radiações com comprimento de onda mais baixo. Em seu trabalho, obteve transmitância média de 73,3% nos comprimentos de onda entre 400 e 700 nm (PAR) e de 79% entre 700 e 1100 nm.

Um dos fatores que contribuem para menor transmitância da cobertura plástica à radiação PAR está relacionada à condensação do vapor d'água em forma de gotículas na face interna do filme plástico de cobertura. Essa situação

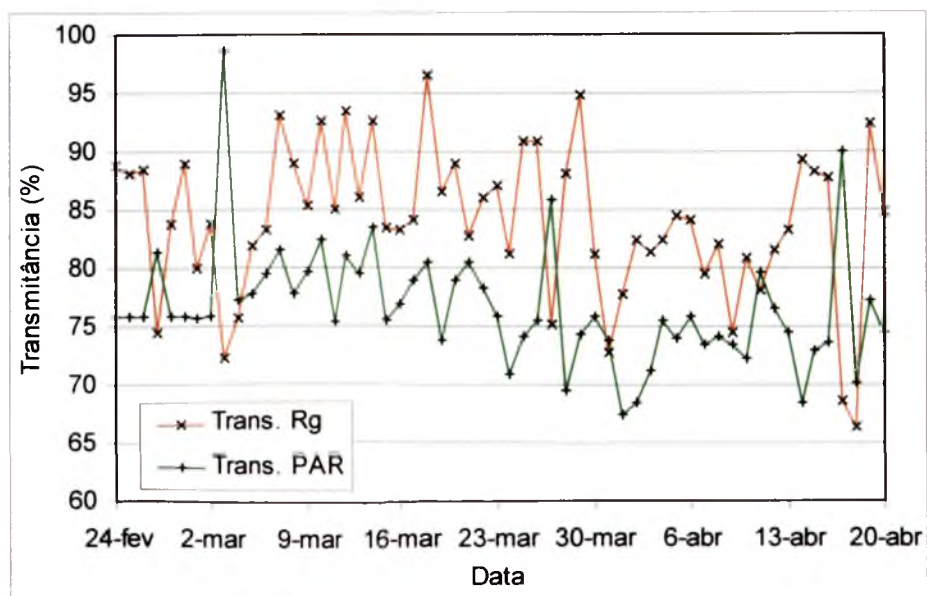


FIGURA 5 – Transmitância da radiação solar global (R_g) e radiação fotossinteticamente ativa (PAR) no interior de estufa plástica tipo Túnel Alto, de fev/00 e abr/00 em Pelotas, RS.

é importante principalmente nas primeiras horas da manhã, quando a relação radiação PAR/R_g é maior. De acordo com Pieters (1996), a condensação pode reduzir em até 15% a transmitância da radiação PAR em abrigos plásticos.

Embora a transmitância à radiação PAR seja citada em diversos estudos como inferior à transmitância à radiação global, nota-se que em determinados dias houve a inversão desse comportamento. De uma forma mais marcante, é possível notar que nos dias 27 de fevereiro, 3 e 27 de março e 17 de abril, enquanto a transmitância à radiação global foi reduzida pela baixa disponibilidade de radiação solar direta, a transmitância à radiação PAR foi sensivelmente elevada, tomando-se superior à radiação global. Esse fato pode ser explicado pelas condições meteorológicas ocorridas, que associaram baixos valores de radiação global incidente e elevada média diária de umidade relativa do ar, com alta precipitação pluviométrica. Nesses dias, a radiação global incidente, a umidade relativa média do ar e o volume de precipitação pluviométrica foram respectivamente: 2894 Wh.m⁻², 85,0% e 30,2 mm; 579 Wh.m⁻², 92,8% e 48 mm; 813 Wh.m⁻², 92,3% e 9,4 mm; e 495 Wh.m⁻², 95,5% e 21,8 mm.

As características da atmosfera interferem diretamente sobre a radiação eletromagnética proveniente do sol, alterando seletivamente em cada comprimento de onda, os processos de absorção e espalhamento (difusão). De acordo com Monteith & Unsworth (1991), os comprimentos de onda entre 900 nm e 3000 nm são fortemente absorvidos pelo vapor d'água, aumentando dessa forma a fração de radiação PAR ou visível (400 nm a 700 nm) em relação à radiação global. Esse fenômeno pode ser facilmente visualizado na Figura 6, onde é apresentada a relação entre radiação PAR e radiação global no interior da estufa plástica ao longo do experimento.

No interior da estufa plástica a radiação PAR representou cerca de 43% da radiação global, variando esse valor entre 57% e 36,4%. Na Espanha, em estufa plástica coberta com filme de 200 μ , López Hemandéz (1995) também observou uma relação média de 43%, porém numa amplitude menor, entre 46% e 39%.

A radiação PAR é geralmente estimada como uma fração constante do espectro eletromagnético, representando em média um valor entre 50% (Van Heemst apud França et al., 1997) e 45% (Monteith & Unsworth, 1991). Assis & Mendez (1989) estimaram a relação PAR/R_g média a céu aberto, no mesmo local do presente experimento, em 47,4%.

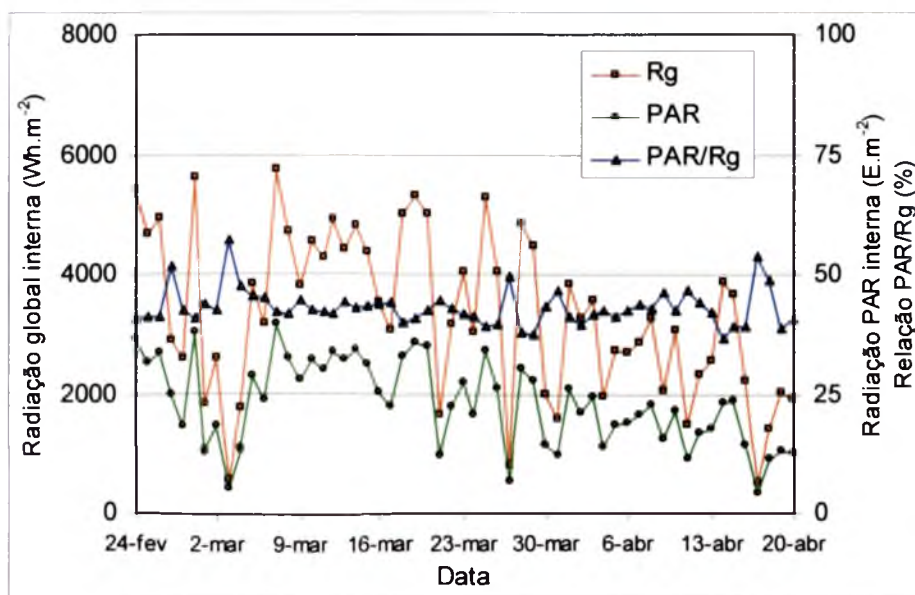


FIGURA 6 – Radiação global interna (R_g), radiação PAR interna (PAR) e relação PAR/R_g no interior de estufa plástica tipo Túnel Alto, de fev/00 e abr/00 em Pelotas, RS.

Nos dias 27 de fevereiro, 3 e 27 de março e 17 de abril, a relação PAR/R_g no interior da estufa foi relativamente alta, tendo apresentado os respectivos valores de 51,8%, 57,1%, 49,7% e 53,7%. Assim, a maior transmitância observada para a radiação PAR nesses dias deveu-se à maior proporção dessa faixa de comprimento de onda dentro do espectro solar incidente.

A relação PAR/R_g é denominada por Andriolo (1999) como *eficiência climática* e estimada em torno de $2,02 \mu\text{mol.MJ}^{-1}$, ou seja, aproximadamente 44%. Dessa forma, verifica-se que a eficiência climática média da estufa plástica foi muito próxima àquela considerada ideal, embora tenha sido inferior a esse limite em praticamente 75% dos dias do experimento. Entretanto, deve-se considerar que a realização de estudos a partir de meados da primavera e princípio do verão, quando a elevação solar é maior, provavelmente resultarão em relações PAR/R_g superiores.

CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos pode-se concluir que:

- 1) Há uma diferença significativa na distribuição espacial da luz no interior do abrigo plástico, com favorecimento à metade Norte e lado Leste em relação a metade Sul e lado Oeste;
- 2) É possível estimar a radiação PAR interna a partir da radiação global interna ou externa com elevada confiabilidade;
- 3) A transmitância da cobertura plástica à radiação PAR é inferior à radiação global, embora em dias com elevada umidade relativa do ar esse comportamento tenda a se inverter;

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALPI, A.; TOGNONI, F. *Cultivo en invernadero*. 3.ed. Madrid: Mundi Prensa. 1991. 347 p.
- ANDRIOLO, J.L. *Fisiologia das culturas protegidas*. Santa Maria: UFSM, 1999. 142p. (Série Divulgação Científica).
- ASSIS, F.N. de; MENDEZ, M.E.G. Relação entre radiação fotossinteticamente ativa e radiação global. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. Brasília, v.24, n.7. 1989. p.797-800

- ASSIS, S.V. de. *Radiação solar global, difusa e albedo em estufas de polietileno, nas orientações norte-sul e leste-oeste*. Botucatu: UNESP. 1998. 109p. Tese de Doutorado em Agronomia.
- CAMACHO, M.J.; ASSIS, F.N.; MARTINS, S.R.; MENDEZ, M.E.G. Avaliação de elementos meteorológicos em estufa plástica em Pelotas (RS). *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, v.3, n.1. 1995. p.19-24.
- COCKSHULL, K.E. Greenhouse climate and crop response. *Acta Horticulturae*, n.174. 1985. p.285-292.
- COCKSHULL, K.E. The interation of plant physiology with physical chances in the greenhouse climate. *Acta Horticulturae*, n.229. 1988. p.113-123.
- DAPONTE, T. Experiences with anti-fog heatscreens in heated glass greenhouses. In: INTERNATIONAL CONGRESS ON PLASTICS IN AGRICULTURE, 10., 1987, Budapest. *Resumes...*Budapest, 1987. p.6-7.
- FARIAS, J.R.B.; BERGAMASCHI, H.; MARTINS, S.R.; BERLATO, M.A. Efeito da cobertura plástica de estufa sobre a radiação solar. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, v.1, n.1, 1993. p.31-36.
- FRANÇA, S.; ROSA, L.M.G.; BERGAMASCHI, H.; NABINGER, C.; SPANENBERG, P. Radiação fotossinteticamente ativa e sua relação com a radiação solar em dossel de alfafa, em função do índice de área foliar. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, v.5, n.2, 1997. p.147-153.
- GARZOLI, K. V. Energy efficient greenhouses. *Acta Horticulturae: The Hague*, n.245. 1989. p.53-62.
- GIACOMELLI, G.A. Transmission spécifique des couvertures de serre film polyéthylène em fonction de la longueur d'onde. *Plasticulture* , Paris, n.91, 1991. p.17-22.
- HARNETT, R.F.; SIMS, T.V.; BOWMAN, G.E. Comparison of glasshouse types and their orientation. *Experimental Horticulturae*, v.31. 1979. p.59-66.
- JAFFRIN, A.; MORISOT, A. Rôle de la structure porteuse, de la poussière et de la condensation sur la transmission lumineuse de films de couverture de serre. *Plasticulture*, Paris, v.1, n.101, 1994. p.33-34.
- KEVEREN, R.I. *Plastics in horticultural structures*. Rapra. 1973. 236p.
- LÓPEZ GALVÉZ, J.; LÓPEZ HERNÁNDEZ, J.C.; GALLEGO, A.; BRETONES, F. Densidad de siembra: respuesta productiva del melón en los invernaderos de Almería. *Hortofruticultura*. n.12, 1993. p.34-36.
- LÓPEZ HERNANDEZ, J.C. Radiación de onda corta y larga bajo una cubierta de polietileno termoaislante. In: SIMPOSIUM IBEROAMERICANO SOBRE APLICACIÓN DE LOS PLÁSTICOS EN LAS TECNOLOGÍAS AGRARIAS, 1., 1995, El Ejido-Almería. *Actas...*El Ejido-Almería: CEPLAS/FIAPA, 1995. p.355-361.
- LORENZO MÍNGUEZ, P. Los determinantes microclimáticos de la horticultura intensiva en el sur mediterráneo. In: PÉREZ PARRA, J.; CUADRADO GOMES, I.M. (ed.). *Tecnología de invernaderos II: curso superior de especialización*. 2.ed. Almería: DGIFA/FIAPA/CRA, 1998. p.25-44.

- MARTINS, S.R.; FERNANDES, H.S.; ASSIS, F.N. de; MENDEZ, M.E.G. Caracterização climática e manejo de ambientes protegidos: a experiência brasileira. *Informe Agropecuário*. Belo Horizonte, v.20, n.200/201, set./dez. 1999. p.15-23.
- MONTEITH, J.L.; UNSWORTH, M. *Principles of environmental physics*. 2.ed. Londres: Arnold, 1991. 291p.
- MORENO, J.A. *Clima do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961. 42p.
- PIETERS, J.G. Condensation et transmittance PAR dans les serres. *Plasticulture*, Paris, n.112, 1996. p.23-31.
- SOUZA, C.M.P. de; KLAR, A.E.; SILVA, A.A.G. da; DUENHAS, L.H. Influência da orientação geográfica de estufas de polietileno cultivadas com alface sobre as variáveis micrometeorológicas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 40., 2000, São Pedro, SP. *Trabalhos apresentados e palestras...*Horticultura Brasileira, Brasília: SOB/FCAV-UNESP, v.18, 2000. p. 252-254. Suplemento.
- STEINMETZ, S.; MIORI, P.R.B. Melhoria no sistema de vedação de tubos solarímetros construídos com placas de circuito impresso. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 10.,1997, Piracicaba, *Anais...* Piracicaba: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1997. p.207-209.

4. BALANÇO DE RADIAÇÃO EM MELOEIRO CULTIVADO EM ESTUFA PLÁSTICA

BALANÇO DE RADIAÇÃO EM MELOEIRO
CULTIVADO EM ESTUFA PLÁSTICA

RADIATION BALANCE IN MELON PLANTS
CULTIVATED IN POLYETHYLENE GREENHOUSE

Gustavo Schiedeck¹

RESUMO

Foi realizado um experimento no campus da Universidade Federal de Pelotas, RS, entre fevereiro e abril de 2000, com o objetivo de analisar os fluxos do balanço de radiação durante o ciclo da cultura do meloeiro em estufa plástica. Foi utilizada uma estufa plástica tipo Túnel Alto com área de 307,3 m² e volume de 941 m³, coberta com PEBD de 150 μ de espessura. Foi utilizada a cultivar híbrida Trusty SLS conduzida tutorada na densidade de 4 plantas.m⁻². Os fluxos radiantes foram medidos com tubos solarímetros artesanais e um saldorradiômetro, conectados a um micrologger programado para fazer leituras a cada 10 segundos e agrupá-las em médias a cada 15 minutos. Os elementos do balanço de radiação interno foram fortemente influenciados pelas condições meteorológicas externas, material de cobertura, manejo e estado sanitário das plantas. A radiação líquida diária representou em média 53% da radiação global e 70% do balanço de ondas curtas interno. O albedo variou de 0,24 nos estádios iniciais da cultura até 0,30 nos dias anteriores a poda, sendo reduzido no final do ciclo para 0,19. A estimativa da radiação líquida em 24 horas e diurna através da radiação global interna, balanço de ondas curtas interno e da radiação global externa apresentaram coeficientes de determinação elevados e em geral superiores a 0,90. Dias com elevada nebulosidade proporcionaram valores mais elevados de r^2 em comparação a dias parcialmente encobertos.

Palavras-chave: *Cucumis melo*, saldo de radiação, albedo, equações de estimativa, cultivo protegido.

¹ Engenheiro Agrônomo, Dr., UFPel – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel – PPGA, Deptº de Agronomia, Caixa postal 354, CEP 96077-170, Pelotas, RS. E-mail: gschiedk@italnet.com.br

ABSTRACT

It was carried out an experiment in the campus of Universidade Federal de Pelotas, RS, from February to April, 2000, to analyze the radiation balance component flows during a melon cycle cultivated in a polyethylene greenhouse. It was used a polyethylene greenhouse type high tunnel with area of 307,3 m², volume of 941 m³, and covered by 150μ thickness PEBD. The hybrid Trusty SLS was cultivated and led vertically with 4 plant.m⁻² density. The radiant flows were measured by solarimeters tubes and by a net radiometer, both of them connected to a micrologger, which was programmed to make readings every 10 second periods and to group the averages every 15 minutes. The elements of the inner radiation balance were influenced strongly by the outer meteorological conditions, covering material and management and sanitarian state of the plants. The daily net radiation gave an average of 53% of the inner global radiation and 70% of the inner short-wave balance. The albedo varied from 0,24 in the beginning of the culture stadiums to 0,30 in the days before the pruning, and decreased to 0,19 in the end of the cycle. The 24 hour and daily estimated net radiation through the inner and outer global radiation and the inner short-wave balance showed higher coefficients of determination, in general higher than 0,90. Days with elevated cloudiness provided higher values of r² in comparison to the partially hidden days.

Key words: *Cucumis melo*, radiation balance, albedo, valuation equations, protected cultivated.

INTRODUÇÃO

Uma das grandes questões que a Agroecologia busca desvendar diz respeito à complexa interação co-evolutiva entre genótipo e ambiente. Ao mesmo tempo em que as variáveis ambientais afetam a fisiologia das plantas, estas, ao responderem a esses estímulos, alteram o ambiente em que vivem e as próprias variáveis que as condicionam.

A utilização de estufas plásticas na agricultura surgiu como uma forma de superar as limitações climáticas dos cultivos em determinadas regiões.

Contudo, o comportamento das plantas às modificações microclimáticas provocadas pelo uso do plástico ainda são pouco conhecidas.

De todos os fatores que afetam a eficiência fotossintética, alguns como a temperatura e o dióxido de carbono podem ser facilmente manipulados no interior das estufas. Contudo, o fator luz não pode ser precisamente administrado, sendo sua intensidade no interior sempre menor do que no exterior e muito dependente desta (Mermier & Baille, 1988).

Nas diferentes regiões do Brasil, estudos comprovaram uma redução de radiação solar no interior das estufas plásticas em relação ao exterior que varia entre 5% e 35% (Martins et al., 1999). Essa redução ocorre em grande parte pela reflexão e absorção do material plástico de cobertura, que por sua vez é determinada por condições como idade e espessura do material, deposição de poeiras, acúmulo de vapor d'água na superfície interna da estufa e pelo ângulo de incidência da radiação solar.

Alguns autores atribuem que para determinados cultivos como tomate e pepino, especialmente em altas latitudes, reduções de luminosidade na ordem de 1% refletem reduções de 1% até 3% na produção final (Verhaegh apud Cockshull, 1985; Cockshull, 1988). Contudo, ao contrário do que se poderia esperar, os rendimentos obtidos, mesmo em estufas não climatizadas, têm sido superiores em torno de 1,5 até 6 vezes aos verificados no campo, conforme a espécie (Martins, 1996).

Uma das técnicas que têm sido utilizadas para melhor compreender os fenômenos de trocas energéticas e de massa no sistema solo-planta-atmosfera é a do balanço de energia, baseado no princípio físico da conservação da energia, ou seja, a energia que o sistema recebe é igual à energia que o sistema perde (Fontana et al., 1991). Uma das principais aplicações do método está relacionada aos estudos da evapotranspiração das culturas.

O balanço de energia de uma superfície vegetada pode ser descrito de várias formas (Monteith & Unsworth, 1990; Villa Nova apud Alves et al., 1998), sendo uma das mais conhecidas a apresentada pela equação

$$R_n + H + LE + S + M \cong 0$$

onde R_n é a radiação líquida disponível ao sistema; H é a transferência de energia calorífica sensível para o ar; LE é o fluxo de energia latente de evapotranspiração; S é o fluxo de calor para o solo; e M é a energia consumida ou gerada pelos processos fotossintéticos e metabólicos das plantas. Esse último termo geralmente é desconsiderado nos estudos de balanço de energia, pois apresenta uma magnitude muito pequena em relação à radiação líquida, raramente excedendo 2% a 5% (Monteith & Unsworth, 1990; Frisina & Escobedo, 1999). Segundo Bergamaschi et al. (1988), a equação considera apenas as trocas verticais de energia, uma vez que os estudos são efetuados a baixa altura e dentro de uma área tampão relativamente extensa, tomando as trocas horizontais de calor latente e sensível (energia advectiva) pouco significativas.

Após todas as trocas verticais de radiação, a energia radiante ainda remanescente é a radiação líquida, sendo portanto o principal aporte energético natural de um agroecossistema. A radiação líquida é a energia que está disponível para o processo de evapotranspiração, de aquecimento do ar e do solo e para a fotossíntese e metabolismo das plantas.

Nos ambientes protegidos, as propriedades físicas dos materiais plásticos de cobertura, interferem sobremaneira nos elementos que determinam o balanço de radiação, proporcionando condições muito diferentes daquelas verificadas em seu exterior. Apenas recentemente novos trabalhos vêm sendo realizados para tentar caracterizar o balanço de radiação no interior de estufas plásticas (Pezzopane et al., 1995; Souza & Escobedo, 1997; Frisina & Escobedo, 1999; Souza et al., 1999), o qual deve levar em conta não somente as propriedades do filme plástico, como também a estrutura do abrigo e as características do cultivo implantado no seu interior.

Dessa forma, o presente trabalho tem por objetivo analisar o balanço de radiação do cultivo de meloeiro sob adubação orgânica no interior de estufa plástica tipo Túnel Alto, verificando o comportamento dos seus principais elementos ao longo do período e em dias característicos, seus reflexos sobre as variáveis meteorológicas internas e sua interação com o cultivo em desenvolvimento.

MATERIAL E MÉTODOS

Os trabalhos foram conduzidos de 24 de fevereiro a 20 de abril de 2000, no Campus da Universidade Federal de Pelotas (UFPEL), RS, localizado na latitude 31°52'32" Sul e longitude 52°21'24" Oeste, com altitude média de 13 m acima do nível do mar. O clima da região é Cfa pela classificação de Köppen, ou seja, clima temperado, com chuvas bem distribuídas e verão quente (Moreno, 1961).

Foi utilizada uma estrutura de arcos de ferro galvanizado tipo "Túnel Alto", disposta no sentido Norte-Sul, com 7,80 m de largura, 39,4 m de comprimento e 3,9 m de altura, compreendendo uma área de 307,3 m² e 941,34 m³ de volume. Para cobertura foi utilizado filme de polietileno transparente de baixa densidade (PEBD), aditivado contra raios ultravioleta e com espessura de 150μ.

No interior da estufa foi cultivado meloeiro (*Cucumis melo* L.), cultivar híbrida Trusty SLS, em 24 canteiros de 6 m² cada, cobertos com PEBD preto de 50μ. O transplante das mudas foi realizado em 24 de fevereiro, adotando o espaçamento de 0,5 m por 0,5 m. As plantas foram tutoradas por meio de um fio de ráfia até a altura de 2 m, sendo no dia 5 de abril realizada a poda das plantas.

A estufa não possuía janelas laterais nem zenitais. A ventilação era passiva, provida apenas pela abertura dos portões localizados nas cabeceiras da estrutura. Esses portões abriam-se do chão até o ponto mais alto da estufa e propiciavam a ventilação em todo o perfil vertical.

Para medir a radiação solar global no interior da estufa foram construídos artesanalmente tubos solarímetros, conforme modelo proposto por Steinmetz & Miori (1997) e calibrados com o auxílio de um tubo solarímetro da marca Delta T, modelo TSL. Entre os tubos artesanais e o tubo industrial foi obtido um coeficiente médio de determinação de 0,99 (r^2). Foi instalado um conjunto de dois tubos, no sentido norte-sul, sobre um dos canteiros cultivados no centro da estufa, cuja adubação de base constou de vermicomposto bovino e cinza de casca de arroz, buscando atender 100% das necessidades em nitrogênio e potássio, conforme a recomendação da Comissão de Fertilidade do Solo – RS/SC (1994). O tubo superior foi virado para cima para captar a radiação global incidente enquanto o inferior foi virado para baixo para registrar a radiação refletida. Os tubos foram instalados inicialmente a 1 m de altura sobre

o dossel e, com o desenvolvimento das plantas, levantados para 2 m, o que ocorreu no dia 4 de abril.

A radiação líquida foi medida através de um saldorradiômetro, marca REBS (Radiation Energy Balance Systems), modelo Q-7.1, a 2 m de altura, sobre o mesmo canteiro onde foram instalados os tubos solarímetros.

Foi utilizado um sistema automático de aquisição de dados tipo micrologger, marca Campbell Scientific, modelo 21XL, acoplado a um multiplexador, da mesma marca, modelo AM416. A programação do sistema foi feita em um computador, através do software PC208W, com instrução para operar em intervalos de 10 segundos e agrupar os dados de trabalho em valores médios a cada 15 minutos.

O balanço de radiação diário e seus elementos foram calculados através das seguintes equações:

$$R_n 24h = B_{OC} + B_{OL}$$

$$B_{OC} = (1 - a)R_g$$

$$a = R_r / R_g$$

$$B_{OL} = R_n 24h - B_{OC}$$

onde $R_n 24h$ é a radiação líquida diária no período de 24 horas, B_{OC} é o balanço de ondas curtas, B_{OL} é o balanço de ondas longas, 'a' é o coeficiente de reflexão (albedo), R_g é a radiação solar global incidente e R_r é a radiação solar refletida. Para efeito de comparação também foi verificada a radiação líquida diurna (R_{nd}), onde foi levado em conta apenas os valores de $R_n 24h$ simultâneos aos valores de R_g , ou seja, durante o intervalo de horas em que o tubo solarímetro superior registrou radiação. A radiação líquida horária foi considerada apenas R_n .

Para análise do balanço de radiação e seus elementos em dias típicos foram escolhidas 3 datas no mês de março: dia 07, parcialmente encoberto (5858,2 Wh.m⁻², razão de insolação 0,85 e sem precipitação); dia 21, encoberto (1769,8 Wh.m⁻², razão de insolação 0,02 e sem precipitação); dia 27, encoberto com precipitação (885,8 Wh.m⁻², razão de insolação 0,0 e 9,4 mm de precipitação).

O índice de área foliar (IAF) foi avaliado em quatro momentos do desenvolvimento da cultura e apenas no canteiro onde foram instalados os sensores de radiação. Na primeira avaliação a área foliar foi obtida pela média de 10 mudas no estágio do transplante (25/02) e nas demais vezes (16/03, 05/04 e 20/04), foi escolhida uma planta representativa do dossel, arrancada inteira e levada para análise em laboratório. A medição foi realizada com auxílio de um integrador de área foliar da marca LI-Cor, modelo LI-3100.

Os estádios fenológicos do meloeiro foram observados ao longo do trabalho seguindo a caracterização proposta por Marouelli et al. (1996), sendo estes: fase I, da emergência até 10% do desenvolvimento vegetativo; fase II, do final da fase I até 70% a 80% do desenvolvimento vegetativo (início do florescimento); fase III, do final do fase II até o início da maturação; fase IV, do final da fase III até a colheita.

As variáveis meteorológicas externas ocorridas durante o experimento foram observadas na Estação Agroclimatológica da UFPel/Embrapa-CPACT, distantes 600 m do local dos trabalhos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 são apresentadas as médias quinqüidiais dos valores diários de radiação global (R_g), líquida (R_n24h), o balanço de ondas curtas (B_{OC}) e balanço de ondas longas (B_{OL}), o albedo (a) e o índice de área foliar (IAF) em meloeiros cultivados sob adubação orgânica no interior da estufa plástica.

A R_n24h representou cerca de 53% da R_g , variando entre 60% e 46%, enquanto em relação ao B_{OC} representou em média 70%, oscilando entre 84% e 61%. O B_{OC} correspondeu em média a 76% da R_g , variando entre 81% e 70%. Por sua vez, o B_{OL} teve comportamento inverso ao da R_g e do B_{OC} , aumentando seus valores com o decorrer do tempo. Em média as perdas de radiação através do B_{OL} foram de 705 Wh.m^{-2} e representaram em módulo 21% da R_g e 28% do B_{OC} .

Com o desenvolvimento das plantas e conseqüente aumento do índice de área foliar (IAF) até o nono quinqüídio, o albedo foi aumentando progressivamente de 0,24 até 0,28. Com a realização da poda, o IAF passou de 6,75 para 5,15, reduzindo o albedo para 0,25. A partir desse momento, o

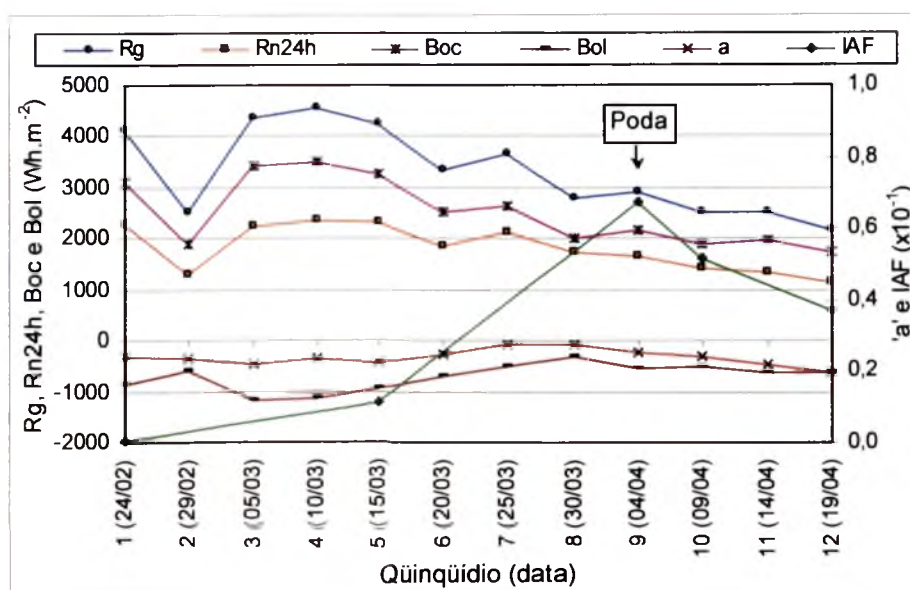


FIGURA 1 – Médias qüinqüidiais dos valores diários da radiação global (R_g), radiação líquida no período de 24 horas (R_{n24h}), balanço de ondas curtas (B_{OC}), balanço de ondas longas (B_{OL}), albedo (a) e índice de área foliar (IAF) de meloeiro sob adubação orgânica, cultivado em estufa plástica tipo Túnel Alto, de fev/00 a abr/00. Pelotas, RS.

albedo continuou baixando, até atingir o valor de 0,20 no décimo segundo quinqüídio. Além do processo de senescência, com a mudança de coloração e queda natural das folhas, essa redução após a poda foi agravada pela ocorrência de míldio (*Pseudoperonospora cubensis* [Berk. et Curtis] Rostowzew), que de forma gradual antecipou a redução da área foliar das plantas.

Observando os valores diários ao longo do experimento, o albedo médio foi de 0,24, com valor máximo de 0,30 nos dias que antecederam a poda e mínimo de 0,19 no final do experimento, quando as plantas já estavam bastante debilitadas pela doença. Alves et al. (1998) trabalhando com meloeiro a campo sem tutoramento, encontrou um valor inferior, com média de 0,20 ao longo do experimento, valor mínimo de 0,18 no início do cultivo e máximo de 0,23 no estágio de maior desenvolvimento vegetativo. Contudo, essa diferença pode ser atribuída à época de realização do trabalho que foi de outubro a janeiro, período no qual a elevação solar aumenta, e pelo método de cultivo rasteiro, com semeadura direta no campo e sem mulching plástico. Outra variável a ser considerada é a maior fração de radiação difusa no interior das estufas plásticas, que proporciona também um aumento da R_r (Frisina & Escobedo, 1999). Conforme alguns autores, a fração difusa da R_g no interior de estufa plástica varia entre 45% e 55%, enquanto no exterior esse percentual fica entre 24% e 45% (Farias et al., 1993; Camacho et al., 1995).

A medida que se avançou em direção ao outono a R_g foi fortemente reduzida devido a menor elevação solar, sendo diminuída em 47,3% entre o primeiro e o último quinqüídio. No décimo segundo quinqüídio a R_g interna foi de 2173 Wh.m⁻², resultado inferior a 2325 Wh.m⁻², considerado pela FAO (1990) como sendo o limite trófico, abaixo do qual as hortaliças de verão como tomate, pimentão e melão não conseguem suprir a demanda mínima de fotoassimilados para sua própria manutenção.

A baixa R_g verificada no segundo quinqüídio afetou diretamente a R_r e a $R_{n,24h}$ no interior do abrigo. Nesse quinqüídio houve uma seqüência de dias com elevada nebulosidade e baixa razão de insolação, que culminaram em níveis de R_g muito inferiores aos que vinham ocorrendo. A média no primeiro e terceiro quinqüídio foi de 4123 Wh.m⁻² e 4380 Wh.m⁻² respectivamente, enquanto no segundo quinqüídio esse valor foi de apenas 2522 Wh.m⁻². No dia 3 de março foi de 650 Wh.m⁻², com razão de insolação igual a zero.

O B_{OL} também foi afetado pela variação estacional no decorrer do experimento. É possível notar que o B_{OL} foi aumentando gradativamente seus valores a medida em que se passava do verão para o outono. Conforme Monteith & Unsworth (1990), pela Lei de Stefan-Boltzmann, a emitância de um corpo é proporcional à quarta potência de sua temperatura absoluta, o que explica as maiores perdas de onda longa ocorridas nos primeiros quinqüídios, quando o meio se encontrava mais aquecido.

Na Tabela 1 são apresentadas equações de regressão para a estimativa da R_{n24h} e R_{nd} , obtidas a partir dos dados diários de R_g interna, B_{OC} interno e R_g externa, para o todo período do experimento e para as diferentes fases do estágio de desenvolvimento do cultivo.

TABELA 1 – Equações de regressão e coeficientes de determinação (r^2) para a estimativa da radiação líquida no período de 24 horas (R_{n24h}) e radiação líquida diurna (R_{nd}), montadas a partir dos valores diários da radiação global interna (R_{gint}), externa (R_{gext}) e balanço de radiação de ondas curtas interno (B_{OCint}), para todo o período e nos diferentes estádios de desenvolvimento do meloeiro cultivado em estufa plástica tipo Túnel Alto, com respectivos número de dias e albedo médio (a); de fev/00 a abr/00. Pelotas, RS

Variável	Fase*	N° de dias	a	Equações de regressão			
				Radição líquida interna		Radição líquida externa	
				24 horas (R_{n24h})	r^2	Diurna (R_{nd})	r^2
R_{gint}	Ciclo	57	0,24	$R_{n24h} = 0,5723(R_{gint}) - 88,903$	0,9559	$R_{nd} = 0,6177(R_{gint}) - 28,205$	0,9699
	1	10	0,24	$R_{n24h} = 0,6006(R_{gint}) - 200,24$	0,9985	$R_{nd} = 0,6247(R_{gint}) - 57,502$	0,9994
	2	10	0,23	$R_{n24h} = 0,431(R_{gint}) + 368,91$	0,9026	$R_{nd} = 0,4706(R_{gint}) + 491,56$	0,9316
	3	30	0,25	$R_{n24h} = 0,6300(R_{gint}) - 206,47$	0,9621	$R_{nd} = 0,678(R_{gint}) - 165,7$	0,9738
	4	7	0,21	$R_{n24h} = 0,5737(R_{gint}) - 117,79$	0,9823	$R_{nd} = 0,6075(R_{gint}) - 48,285$	0,987
B_{OCint} (1-a) R_{gint}	Ciclo	57	0,24	$R_{n24h} = 0,7469(B_{OCint}) - 63,23$	0,9266	$R_{nd} = 0,8076(B_{OCint}) - 4,4079$	0,9437
	1	10	0,24	$R_{n24h} = 0,8031(B_{OCint}) - 225,2$	0,9960	$R_{nd} = 0,8358(B_{OCint}) - 84,22$	0,9977
	2	10	0,23	$R_{n24h} = 0,5618(B_{OCint}) + 356,51$	0,8915	$R_{nd} = 0,6076(B_{OCint}) + 498,46$	0,9026
	3	30	0,25	$R_{n24h} = 0,8329(B_{OCint}) - 174,64$	0,9294	$R_{nd} = 0,898(B_{OCint}) - 135,42$	0,9442
	4	7	0,21	$R_{n24h} = 0,7783(B_{OCint}) - 194,38$	0,9741	$R_{nd} = 0,8242(B_{OCint}) - 129,61$	0,979
R_{gext}	Ciclo	57	0,24	$R_{n24h} = 0,5087(R_{gext}) - 122,48$	0,9709	$R_{nd} = 0,5483(R_{gext}) - 61,419$	0,9824
	1	10	0,24	$R_{n24h} = 0,5332(R_{gext}) - 270,78$	0,9943	$R_{nd} = 0,5548(R_{gext}) - 131,58$	0,9959
	2	10	0,23	$R_{n24h} = 0,4757(R_{gext}) - 72,043$	0,8576	$R_{nd} = 0,5223(R_{gext}) - 4,6087$	0,8953
	3	30	0,25	$R_{n24h} = 0,5318(R_{gext}) - 179,4$	0,9785	$R_{nd} = 0,5713(R_{gext}) - 132,88$	0,9871
	4	7	0,21	$R_{n24h} = 0,5824(R_{gext}) - 201,6$	0,9798	$R_{nd} = 0,6159(R_{gext}) - 135,09$	0,9819

De uma forma geral as equações da estimativa da R_{nd} apresentaram r^2 superiores aos verificados nas equações da R_{n24h} , provavelmente pelo fato das variáveis preditoras serem igualmente de ocorrência diurna. Não obstante, a R_{n24h} também demonstrou elevada correlação linear com R_{gint} , B_{OCint} e R_{gext} , possibilitando boa precisão na sua estimativa.

Para as variáveis preditoras não se observou uma clara vantagem na utilização de R_{gint} ou R_{gext} para estimativa de R_{n24h} e R_{nd} . Entretanto, notou-se que a utilização de R_{gint} resultou em r^2 levemente superiores aos de R_{gext} nas fases de desenvolvimento 1, 2 e 4, quando as plantas apresentavam baixo IAF ou pouco comprometimento da área foliar pelo ataque de míldio. Para todo o ciclo de desenvolvimento do meloeiro o uso da R_{gext} mostrou uma melhor associação com a energia disponível do que uso da R_{gint} e do B_{OCint} . Souza et al. (1999) trabalhando com feijão-vagem em estufa em Botucatu-SP, também verificaram essa tendência.

Alguns trabalhos a campo indicam que a R_{n24h} e a R_{nd} podem ser estimadas tanto pela R_g quanto pelo B_{OC} obtendo-se uma boa aproximação, com r^2 elevados, geralmente acima de 0,95 (Fontana et al., 1991; Cunha et al., 1993; Garcia & André, 1999). Nessa situação, a escolha pelos modelos que usam a R_g tem sido preferida, uma vez que dispensam o conhecimento do albedo da cultura. Não obstante, Gay apud Cunha et al. (1993) ressalta que a falta de efeito do albedo nos modelos de regressão é uma questão puramente estatística e que, na possibilidade de contar com seu valor, deve-se optar por seu uso, em face da importância que desempenha na determinação do saldo de radiação.

No presente estudo, a utilização do B_{OCint} não apresentou vantagem em relação a R_{gint} e R_{gext} para a estimativa de R_{n24h} e R_{nd} , sendo seus r^2 os mais baixos em todas os modelos testados. Esses resultados são contrários aos encontrados por Souza et al. (1999), que observaram ser mais efetiva a regressão entre R_{ndint} e B_{OCint} do que entre R_{ndint} e R_{gint} , tanto para o ciclo todo quanto para as fases vegetativas e reprodutivas do feijão-vagem cultivado em estufa.

Na Figura 2 é apresentado o comportamento dos elementos do balanço de radiação em dias com condições meteorológicas características, juntamente com o valor médio observado ao longo do experimento.

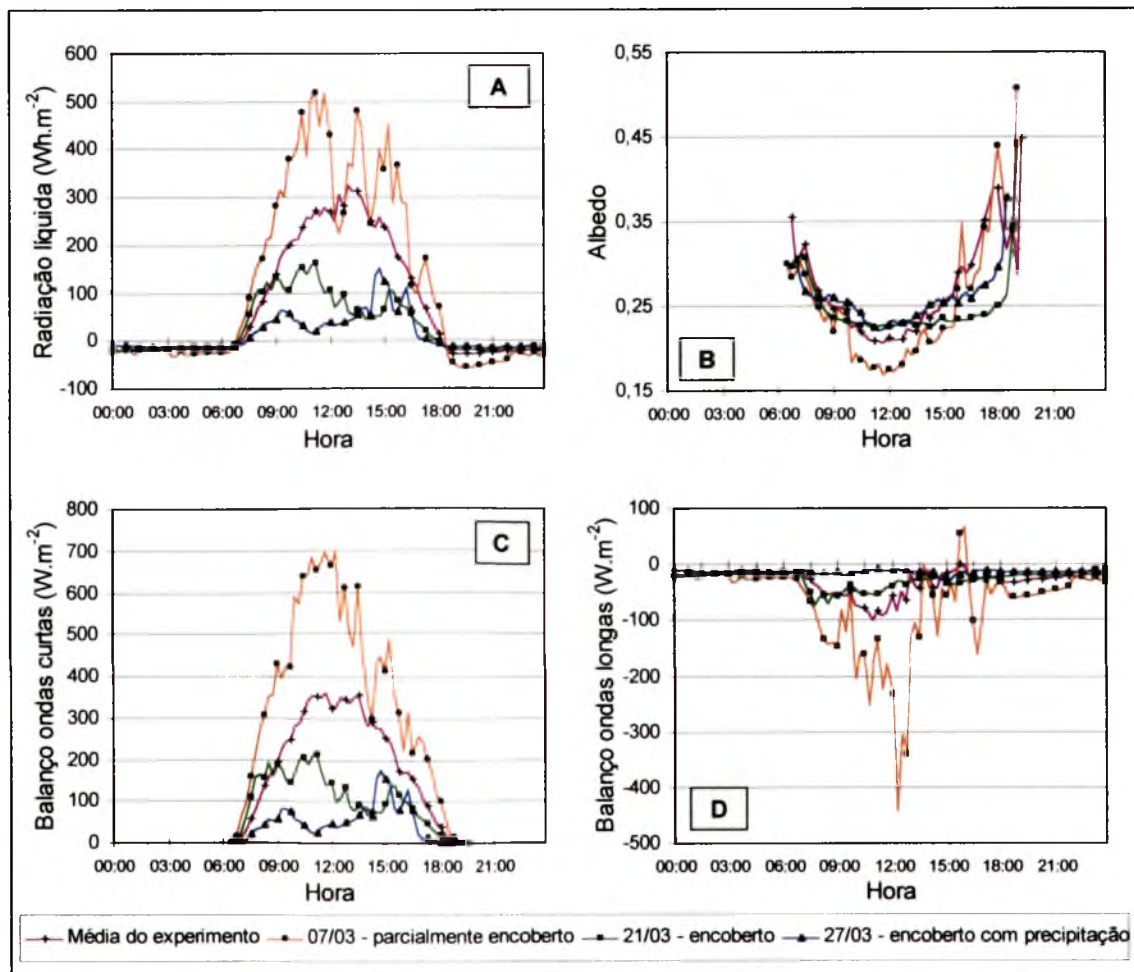


FIGURA 2 – Médias diárias da radiação líquida horária (R_n) [A], albedo (a) [B], balanço de ondas curtas (B_{OC}) [C] e balanço de ondas longas (B_{OL}) [D], no interior de estufa plástica tipo Túnel Alto, cultivado com meloeiro sob adubação orgânica, em dias com condições meteorológicas características e na média do experimento, em março de 2000. Pelotas, RS.

As condições meteorológicas características de cada dia alteraram sensivelmente o comportamento do balanço de radiação e de seus componentes no interior da estufa. Na Figura 2A a R_n média observada no dia parcialmente encoberto foi de 451 W.m^{-2} , enquanto nos dias encoberto e encoberto com precipitação foi de 142 W.m^{-2} e 75 W.m^{-2} , respectivamente. Pode-se notar que no dia parcialmente encoberto a ocorrência de nuvens esparsas a partir das 11:45 horas, provocou uma grande alternância nos valores de B_{OC} (Figura 2C) e B_{OL} (Figura 2D), que refletiram diretamente sobre a R_n .

No dia encoberto a R_n foi superior na primeira metade do período diurno, sendo bastante reduzida na segunda metade. Por sua vez, no dia encoberto com precipitação a R_n foi inferior no início, aumentando a partir das 14:30 horas. Esse comportamento foi diretamente relacionado com o grau de nebulosidade verificada. Analisando a R_n conjuntamente através dos seus elementos, foi possível perceber que no dia encoberto, a medida em que o B_{OC} se reduziu pelo aumento da nebulosidade, o B_{OL} foi elevado pela maior contra-irradiação atmosférica. O oposto ocorreu no dia encoberto com precipitação quando, ao cessar a chuva ao redor das 14:15 horas, houve um aumento no B_{OC} devido à maior claridade atmosférica e ao mesmo tempo uma pequena redução no B_{OL} em consequência da maior perda de ondas longas.

O albedo (Figura 2B) também foi influenciado pelas condições meteorológicas, sendo as diferenças mais marcantes observadas nos horários de maior disponibilidade radiante. Entre as 10:00 horas e as 15:00 horas do dia parcialmente encoberto o albedo médio foi 0,19, enquanto para o dia encoberto e encoberto com precipitação os valores nesse intervalo de tempo foram 0,23 e 0,24, respectivamente. A nebulosidade, além de afetar a quantidade da radiação incidente, também atua sobre a distribuição espectral da mesma, provocando respostas diferentes nas plantas quanto a reflectância (Pablos & Iraundegui apud Fontana et al., 1991).

Nos dias encoberto e encoberto com precipitação o albedo sofreu pouca variação, mantendo-se constante durante quase todo período central do dia e com elevação apenas no início da manhã e final da tarde. Já no dia parcialmente encoberto o albedo apresentou oscilações durante todo o período, de acordo com o sombreamento provocado por nuvens. Fontana et al.

(1991) também observaram grandes amplitudes de variação do albedo horário medido a céu aberto sobre soja em dias parcialmente encobertos.

O albedo médio diário praticamente não diferiu entre os dias característicos analisados, ficando em torno de 0,26, 0,25 e 0,26 para as condições parcialmente encoberto, encoberto e encoberto com precipitação. Da mesma forma, Souza et al. (1999) verificaram que o albedo diário não foi alterado de forma significativa com a mudança na condição de céu claro para parcialmente nublado. Contudo, segundo Cunha et al. (1993), essa similaridade acontece quando o albedo diário é obtido por média aritmética simples. Nesse caso, os maiores valores verificados no início da manhã e final da tarde exercem um maior efeito de ponderação. Assim, os autores recomendam o cálculo do albedo diário pelo método dos quadrados mínimos, que atenua o efeito dos valores extremos.

Quanto ao B_{OL} (Figura 2D), é possível verificar que no dia em que houve menor nebulosidade as perdas de onda longa para a atmosfera foram superiores às perdas ocorridas nos dias de maior nebulosidade. Para os dias parcialmente encoberto, encoberto e encoberto com precipitação o B_{OL} médio foi de -71 W.m^{-2} , -23 W.m^{-2} e -13 W.m^{-2} e os respectivos valores mínimos de -440 W.m^{-2} , -73 W.m^{-2} e -32 W.m^{-2} . No dia parcialmente encoberto a maior disponibilidade de energia proporcionou um maior aquecimento da cobertura plástica, do solo e das plantas no interior da estufa, fazendo com que a emitância de ondas longas fosse maior. Ao mesmo tempo, com uma menor quantidade de nuvens, a atenuação das ondas longas emitidas foi pouco significativa.

No período noturno, o céu sob condição encoberta promoveu uma maior contra-radiação atmosférica e conseqüentemente uma maior R_n . Os valores do B_{OL} observados para os dias 21 e 23 de março foram negativos, porém muito próximos de zero. Não obstante, no dia 7 de março, o céu sem uma cobertura densa de nuvens, a emitância de ondas longas foi maior e a R_n atingiu valores mais baixos. Estas observações estão de acordo com os resultados encontrados por Pezzopane et al. (1995).

Em alguns momentos do dia parcialmente encoberto o B_{OL} foi positivo, indicando que o sistema estaria recebendo uma maior quantidade de radiação de onda longa através de contra-radiação do que cedendo para a atmosfera. No entanto, Fontana et al. (1991) e Cunha et al. (1993) advertem que esses

valores são geralmente baixos e obtidos por meio da diferença de dois fluxos grandes, a R_n e o B_{OC} , sendo portanto um processo de determinação pouco preciso e passível de apresentar erros.

Na Tabela 2 são apresentadas as equações de regressão para a estimativa da R_{n24h} e R_{nd} , calculadas para dias com diferentes características meteorológicas e a partir da R_g e B_{OC} internas. As equações de regressão montadas para estimar a R_{n24h} apresentaram r^2 superiores aos obtidos para a R_{nd} , tanto a partir da R_g quanto do B_{OC} internos. Esse comportamento é inverso àquele verificado para as equações montadas com os valores diários (Tabela 1) e pode ser compreendido pelo fato de que as maiores variações entre os componentes do balanço de radiação ocorrem dentro do intervalo de 24 horas, especialmente no período diurno, e não entre os dias consecutivos. Entre os dias característicos observou-se que, independente da variável preditora, o r^2 aumentou quanto mais intensa foi a cobertura de nuvens no céu. Tal resposta deveu-se à menor variação entre o saldo de radiação e a radiação incidente.

TABELA 2 – Equações de regressão e coeficientes de determinação (r^2) para a estimativa da radiação líquida no período de 24 horas (R_{n24h}) e radiação líquida diurna (R_{nd}), montadas a partir dos valores horários da radiação global interna (R_{gint}) e balanço de radiação de ondas curtas internas (B_{OCint}), para meloeiro cultivado em estufa plástica tipo Túnel Alto, com respectivos albedo médio diário (a); em Pelotas, RS

Variável	Dia*	a	Equações de regressão			
			Radiação líquida interna			
			24 horas (R_n)	r^2	Diurna (R_{nd})	r^2
R_g int	Parcialmente encoberto	0,26	$R_{nint} = 0,6085(R_{gint}) - 29,009$	0,9306	$R_{ndint} = 0,6072(R_{gint}) - 28,26$	0,8497
	Encoberto	0,25	$R_{nint} = 0,6146(R_{gint}) - 15,443$	0,9856	$R_{ndint} = 0,6065(R_{gint}) - 13,927$	0,9685
	Encoberto com precipitação	0,26	$R_{nint} = 0,6986(R_{gint}) - 11,445$	0,9942	$R_{ndint} = 0,6705(R_{gint}) - 8,1127$	0,9930
B_{OC} int (1-a) R_{gint}	Parcialmente encoberto	0,26	$R_{nint} = 0,7515(B_{OCint}) - 23,337$	0,9196	$R_{ndint} = 0,7137(B_{OCint}) - 5,0971$	0,8295
	Encoberto	0,25	$R_{nint} = 0,808(B_{OCint}) - 15,455$	0,9909	$R_{ndint} = 0,7978(B_{OCint}) - 13,994$	0,9815
	Encoberto com precipitação	0,26	$R_{nint} = 0,9378(B_{OCint}) - 11,551$	0,9954	$R_{ndint} = 0,9032(B_{OCint}) - 8,4993$	0,9949

* dia parcialmente encoberto: 07/03; dia encoberto: 21/03; dia encoberto com precipitação: 27/03.

Nos dias em que a cobertura de nuvens foi mais intensa, a utilização do B_{OC} como variável preditora para a estimativa da R_{n24h} e R_{nd} aumentou levemente o r^2 em relação ao uso da R_g , embora todos os valores tenham sido altos, acima de 0,96. Nos dias encoberto e encoberto com precipitação o albedo foi mais constante, sendo o B_{OC} determinado principalmente pelas variações da R_g . Contudo, no dia parcialmente encoberto a utilização do R_g mostrou ser mais vantajosa, com r^2 um pouco superiores aos obtidos com o uso do B_{OC} .

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos permitem concluir que:

1) Os elementos do balanço de radiação no interior da estufa são influenciados sobremaneira pelas condições meteorológicas externas e pelo manejo e condição sanitária das plantas;

2) O saldo de radiação no período de 24 horas e diurno pode ser estimado através dos valores diários e horários da radiação global interna e balanço de ondas curtas interno e dos valores diários de radiação global externa, com elevado coeficiente de determinação para as condições em que o experimento foi realizado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, A.V.; AZEVEDO, P.V. de; SILVA, B.B. da. Balanço de energia e reflectância de um cultivo de melão. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, v.6. n.2, 1998. p.139-146.
- BERGAMASCHI, H.; OMETTO, J.C.; VIEIRA, H.J.; ANGELOCCI, L.R.; LIBERDI, P.L. Deficiência hídrica em feijoeiro: balanço de energia. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. Brasília, v.23, n.7, 1988. p.745-757.
- CAMACHO, M.J.; ASSIS, F.N.; MARTINS, S.R.; MENDEZ, M.E.G. Avaliação de elementos meteorológicos em estufa plástica em Pelotas, RS. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, v.3, n.1. 1995. p.19-24.
- COCKSHULL, K.E. Greenhouse climate and crop response. *Acta Horticulturae*, n.174. 1985. p.285-292.
- COCKSHULL, K.E. The interation of plant physiology with physical chances in the greenhouse climate. *Acta Horticulturae*, n.229. 1988. p.113-123.

- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO, RS/SC. *Recomendações de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina*. 3.ed. Passo Fundo: SBCS-Núcleo Regional Sul: Embrapa-CNPT, 1994. 224p.
- CUNHA, G.R.; PAULA, J.R.F. de; BERGAMASCHI, H.; SAIBRO, J.C. de; BERLATO, M.A. Balanço de radiação em alfafa. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, v.1, n.1. 1993. p.1-10.
- FARIAS, J.R.B.; BERGAMASCHI, H.; MARTINS, S.R.; BERLATO, M.A. Efeito da cobertura plástica de estufa sobre a radiação solar. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, v.1, n.1, 1993. p.31-36.
- FAO. *Protected cultivation in the Mediterranean climate*. Rome, 1990. 313p. (FAO Plant Production and Protection Paper, 90).
- FONTANA, D.C.; BERLATO, M.A.; BERGAMASCHI, H. Balanço de radiação da soja em região subtropical do Brasil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. Brasília, v.26, n.3, 1991. p.411-418.
- FRISINA, V. de A.; ESCOBEDO, J.F. Balanço de radiação e energia da cultura de alface em estufa de polietileno. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. Brasília, v.34, n.10, 1999. p.1775-1786.
- GARCIA, A.; ANDRÉ, R.G.B. Parâmetros derivados do balanço de radiação numa cultura de feijão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 11., 1999, Florianópolis, SC. *Anais...Florianópolis: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia*, 1999. CD-Rom.
- MARTINS, S.R. *Determinação dos indicadores de sustentabilidade e avaliação do agroecossistema estufa plástica numa perspectiva agroecológica*. Pelotas: UFPel, 1996. 30p. (projeto).
- MARTINS, S.R.; FERNANDES, H.S.; ASSIS, F.N. de; MENDEZ, M.E.G. Caracterização climática e manejo de ambientes protegidos: a experiência brasileira. *Informe Agropecuário*. Belo Horizonte, v.20, n.200/201, set./dez. 1999. p.15-23.
- MAROUELLI, W.A.; SILVA, W.L. de C. e; SILVA, H.R. da. *Manejo da irrigação em hortaliças*. 5.ed. Brasília: Embrapa-SPI, 1996. 72p.
- MONTEITH, J.L.; UNSWORTH, M.H. *Principles of environmental physics*. 2.ed. London: Arnold, 1990. 291p.
- MORENO, J.A. *Clima do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura. 1961. 42p.
- MERMIER, M.; BAILLE, A. Analyse des propriétés optiques de matériaux plastiques pour couverture ou écran de serre. *Plasticulture*. Paris, v.1, n.77, 1988. p.11-24.
- PEZZOPANE, J.E.M.; PEDRO JÚNIOR, M.J.; ORTOLANI, A.A.; MEYER, N. Radiação líquida e temperatura de folha no interior de estufa com cobertura plástica, durante o período noturno. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*. Santa Maria, v.3, 1995. p.1-4.

- SOUZA, J.L.de; ESCOBEDO, J.F. Balanço de radiação em cultivos de feijão-vagem com e sem cobertura de polietileno. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. Brasília: Embrapa, v.33, n.1, 1997. p.1-15.
- SOUZA, J.L. de; ESCOBEDO, J.F.; TORNERO, M.T.T. Albedo e estimativas do saldo de radiação em feijão-vagem sob cobertura de plástico e ambiente externo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. Brasília: Embrapa, v.34, n.10, 1999. p.1763-1774.
- STEINMETZ, S.; MIORI, P.R.B. Melhoria no sistema de vedação de tubos solarímetros construídos com placas de circuito impresso. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 10.,1997, Piracicaba, *Anais...* Piracicaba: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1997. p.207-209.

**5. PRODUÇÃO DE MELOEIRO SOB ADUBAÇÃO ORGÂNICA
EM ESTUFA PLÁSTICA EM PELOTAS, RS**

PRODUÇÃO DE MELOEIRO SOB ADUBAÇÃO ORGÂNICA
EM ESTUFA PLÁSTICA EM PELOTAS, RS

MELON PRODUCTION UNDER ORGANIC FERTILIZER
IN POLYETHYLENE GREENHOUSE IN PELOTAS, RS

Gustavo Schiedeck¹

RESUMO

Foi realizado um experimento no campus da Universidade Federal de Pelotas, RS, entre janeiro e abril de 2000, com o objetivo de avaliar a produção de meloeiro cultivado sob adubação orgânica em estufa plástica. As plantas foram desenvolvidas em abrigo tipo Túnel Alto com 307,3 m² de área e 941 m³ de volume, coberta com PEBD de 150µ de espessura. Foram testados 8 tratamentos baseados na comparação isolada e combinada de vermicomposto bovino, cinza de casca de arroz e adubo mineral. Foi utilizada a cultivar híbrida Trusty SLS, conduzida tutorada, na densidade de 4 plantas.m⁻². Os valores médios diários de radiação global, temperatura do ar e do solo e umidade do ar foram de 3675 W.m⁻², 24,8°C, 26,2°C e 81% respectivamente. A estufa plástica proporcionou as condições exigidas pela cultura, considerando a última semana de fevereiro como a data limite para o transplante das mudas. O período da semeadura à colheita foi de 85 dias e do transplante à colheita foi de 57 dias. O padrão potencial médio de fruto apresentou 763 g de massa e 377 mm de circunferência. A maior produtividade média foi atingida pela adubação orgânica com vermicomposto e cinza de casca de arroz que supriu 100% das necessidades de N e K, com 3,85 kg.m⁻² de frutos totais e 2,64 kg.m⁻² de frutos comerciais acima de 500 g.

Palavras-chave: *Cucumis melo*, agroecologia, adubação orgânica, cultivo protegido, ambiência.

¹ Engenheiro Agrônomo, Dr., UFPel – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel – PPGA, Dept° de Agronomia, Caixa postal 354, CEP 96077-170, Pelotas, RS. E-mail: gschiedek@italnet.com.br

ABSTRACT

It was carried out an experiment in the Campus of the University Federal of Pelotas, RS, from January to April, 2000, to evaluate the agroecological production of cultivated melon cycle in polyethylene greenhouse. The plants were grown in a plastic greenhouse type High Tunnel with an area of 307,3 m², volume of 941 m³, and covered by 150 μ thickness PEBD. Eight treatments based on the isolated and combined comparison of solid bovine manure vermicompost, ash of rice husk and mineral fertilizer were tested. It was used for the experiment the hybrid variety Trusty SLS, led vertically, with 4 plant.m⁻² density. The average daily values of global radiation, air and soil temperature and humidity of the air were of 3675.m⁻², 24,8°C, 26,2°C and 81% respectively. The plastic greenhouse provided the conditions required by the culture, considering the last week of February as the date limit for cutting transplant. It has taken a 85-day period from sowing to harvest. It has taken a 57-day period from transplan to harvest. The medium potential pattern of the fruit showed 763 g of mass and 377 mm of circumference. The highest average productivity was reached through the organic fertilizer with vermicompost and ash of rice husk which supplied 100% of the needs of N and K, with 3,85 kg.m⁻² of total of the fruits and 2,64 kg.m⁻² of commercial fruits over 500g.

Key words: *Cucumis melo*, agroecology organic fertilizer, protected cultivated, ambience.

INTRODUÇÃO

Desde que começou a ser estudado nos centros de pesquisa no Brasil, a partir da segunda metade dos anos 80, o cultivo em ambiente protegido passou a ser uma técnica reconhecidamente eficaz do ponto de vista agrônomo. Os resultados produtivos alcançados sob plástico, tanto ao nível de produtor quanto de pesquisa, demonstraram rendimentos muito acima da média obtida nos cultivos a céu aberto (Martins & Peil, 1995).

Conforme Martins (1996a), embora os ótimos resultados de produtividade sejam fundamentais para o desenvolvimento da plasticultura, é necessário

questionar e averiguar sua sustentabilidade ao longo do tempo. Como regra geral são adotadas no interior das estufas as mesmas práticas de manejo do solo e da cultura empregadas na produção ao ar livre. Porém, as diferenças marcantes entre os dois ambientes sugerem a inviabilidade do aproveitamento integral das mesmas recomendações para ambos sistemas de cultivo.

A produção sob estufas no Brasil se baseia no uso do solo natural e não de substratos minerais e/ou orgânicos como na maioria dos países do primeiro mundo. No interior das estufas a temperatura elevada do ar e do solo (principalmente quando coberto com mulching plástico) e a ausência da ação das chuvas, agem sobre o intemperismo geoquímico, a lixiviação dos nutrientes e sobre a própria atividade microbiana, envolvida diretamente na decomposição da matéria orgânica. Sabendo-se que os fatores climáticos apresentam destacada influência sobre as características físicas, químicas e biológicas do solo, no interior de estufas plásticas essa interferência também ocorrerá de forma diferente da verificada nos cultivos ao ar livre.

O cultivo intensivo sobre a mesma área tende a gerar uma série de inconvenientes que podem comprometer a atividade a curto e médio prazo, tais como a salinização, diminuição da matéria orgânica, compactação do solo e desequilíbrio das relações entre os nutrientes e a ocorrência de patógenos com estruturas de resistência no solo. Os altos rendimentos de fitomassa útil e residual nas condições protegidas exigem uma forte demanda por nutrientes e a ausência da ação das chuvas não permite a lixiviação dos elementos, acelerando o processo de salinização do solo. Segundo Müller & Vizzotto (1999), nos cultivos intensivos sob plásticos, as condições físicas do solo em geral são problemáticas devido a baixa atividade biológica, decorrente do pobre fornecimento de energia em biomassa para ação e crescimento dos microorganismos benéficos.

De acordo com Chaboussou (1999) em sua Teoria da Trofobiose, a saúde das plantas está diretamente relacionada com a saúde do ambiente em que se desenvolvem, sendo o balanço de nutrientes no solo um dos fatores que afetam a resistência ou suscetibilidade dos cultivos às doenças e pragas. Nesse sentido, Vida et al. (1998) comentam que as pesadas adubações nitrogenadas, associadas a alta umidade ambiente, promovem um crescimento vigoroso dos cultivos protegidos, tornando os tecidos mais suculentos e

vulneráveis ao ataque de doenças. O nitrogênio em excesso eleva a concentração de nutrientes na seiva, principalmente aminoácidos livres e pode desta forma acarretar em aumento das populações de pragas, especialmente ácaros, tripses, pulgões e cigarrinhas (Picanço & Marquini, 1999).

Sob esse prisma de dificuldades, a pesquisa agroecológica busca apresentar novas alternativas de produção para o agroecossistema estufa plástica, especialmente no que diz respeito à condição do solo e controle de pragas e doenças. Entre as alternativas propostas está a utilização da adubação orgânica em substituição à adubação mineral.

Com a evolução do conhecimento sobre a adubação orgânica, algumas técnicas foram desenvolvidas para melhor aproveitar os recursos naturais. Entre essas técnicas destaca-se a vermicompostagem que, mesmo podendo ser produzida a partir de qualquer resíduo animal, tem sido utilizada com maior frequência o esterco bovino, devido a facilidade com que esse material é encontrado. O menor volume de aplicação por área, em comparação à adubação orgânica convencional, também faz do vermicomposto uma opção bastante atraente para a utilização em estufas plásticas, onde o espaço físico para o trabalho com grandes volumes pode ser inconveniente.

Embora o estudo da vermicompostagem na produção de hortaliças ainda seja incipiente no Brasil, alguns trabalhos realizados dão conta de resultados muito promissores. Em Pelotas, RS, Morselli et al. (1999a) e Terra et al. (1999) verificaram que o vermicomposto foi eficiente na produção de alface no interior de estufa plástica, confirmando os resultados encontrados por Fernandes et al. (1999) para produção a céu aberto e sugerindo a sua utilização como alternativa à adubação mineral. Respostas positivas ao vermicomposto também foram obtidas por Morselli et al. (1999b) para couve-flor e repolho e por Aldrighi et al. (1999) para feijão-vagem em estufa plástica.

Outro aspecto importante na produção agroecológica em ambiente protegido diz respeito à espécie que será cultivada em seu interior. Na maior parte dos casos, o custo de uma estufa plástica, mesmo as construídas com estrutura de madeira, supera em muitas vezes o custo da própria terra. Essa constatação, associada à necessidade da rotação de culturas, implica dizer que a espécie a ser cultivada deve apresentar uma alta valorização de mercado. Nesse contexto, o melão é uma hortaliça que se apresenta como uma ótima

alternativa para o cultivo agroecológico sob estufas plásticas, pois, além das suas propriedades nutricênticas, possui também um grande mercado consumidor interno e externo.

Embora o Rio Grande do Sul tenha sido um dos precursores no cultivo melão, sua produtividade é muito baixa, em virtude principalmente das condições climáticas adversas. Não obstante, estudos desenvolvidos por Farias (1988) provaram ser viável o cultivo do meloeiro em estufas plásticas na primavera e verão, chegando a atingir rendimentos de 5 kg.m^{-2} . Conforme Martins (1996b), essa produtividade é equivalente à média espanhola da região de Almería (3 a 5 kg.m^{-2}) e muito superior à média verificada no Brasil nos cultivos a campo (1,5 a $3,0 \text{ kg.m}^{-2}$).

A partir do exposto, o presente trabalho tem por objetivo caracterizar o comportamento do meloeiro sob adubação orgânica em estufa plástica, analisando a influência das variáveis climáticas na sua evolução e verificando os resultados agronômicos obtidos com a utilização de vermicomposto bovino em comparação aos obtidos com a adubação mineral.

MATERIAL E MÉTODOS

Os trabalhos foram conduzidos de 27 de janeiro a 20 de abril de 2000, no Campus da Universidade Federal de Pelotas (UFPel), RS, localizado na latitude $31^{\circ}52'32''$ Sul e longitude $52^{\circ}21'24''$ Oeste, com altitude média de 13 m acima do nível do mar. O clima da região é Cfa pela classificação de Köppen, ou seja, clima temperado, com chuvas bem distribuídas e verão quente (Moreno, 1961).

A produção de mudas foi realizada em sistema "float", em uma pequena estufa de 85 m^2 , de estrutura metálica e teto em arco, coberta com polietileno transparente de baixa densidade (PEBD) de 150μ , localizada à 20 m da estufa de desenvolvimento e produção de frutos. A semeadura foi efetuada no dia 27 de janeiro, em bandejas de isopor preenchidas com substrato comercial, utilizando a cultivar híbrida de meloeiro Trusty SLS, tipo Cantaloupe, subtipo Cantaloupe Americano (*Cucumis melo* L. var. *reticulatus*).

A estufa plástica utilizada no desenvolvimento e produção de frutos foi do tipo "Túnel Alto", formada por arcos de ferro galvanizado e disposta no sentido Norte-Sul, com 7,80 m de largura, 39,4 m de comprimento e 3,9 m de altura,

compreendendo uma área de 307,3 m² e 941,3 m³ de volume. Para cobertura foi utilizado filme de PEBD, aditivado contra raios ultravioleta e espessura de 150µ. A estufa não possuía janelas laterais nem zenitais. A ventilação no interior do abrigo era passiva, provida apenas pela abertura dos portões localizados nas cabeceiras da estrutura. Esses portões abriam-se do chão até o ponto mais alto da estufa e propiciavam a ventilação em todo o perfil vertical da estufa.

Para o experimento foi adotado o delineamento de blocos ao acaso, utilizando 3 repetições e 8 tratamentos. Dessa forma, as mudas transplantadas foram distribuídas em 24 canteiros de 6 m² cada e estes divididos em três blocos com 8 canteiros, compreendendo as regiões Norte, Centro e Sul da estufa. O transplante nos blocos Norte e Centro foi realizado nos dias 24 e 25 de fevereiro, enquanto no bloco Sul ocorreu no dia 28 de fevereiro.

Os tratamentos testados basearam-se na comparação isolada e combinada de diferentes materiais orgânicos em relação à adubação mineral. Na Tabela 1 pode ser vista a descrição dos tratamentos testados.

TABELA 1 – Tratamentos testados e respectiva descrição; jan/00 a abr/00, Pelotas, RS

Tratamento	Legenda	Descrição
T1	T	Testemunha sem adubação;
T2	M	Adubação mineral completa, com nitrogênio, fósforo e potássio conforme recomendação da ROLAS;
T3	½ V + ½ C	Adubação com vermicomposto para suprir 50% das necessidades de nitrogênio e cinza de casca de arroz para suprir 50% das necessidades de potássio;
T4	½ V + 1 C	Adubação com vermicomposto para suprir 50% das necessidades de nitrogênio e cinza de casca de arroz para suprir 100% as necessidades de potássio;
T5	1 V + ½ C	Adubação com vermicomposto para suprir 100% as necessidades de nitrogênio e cinza de casca de arroz para suprir 50% das necessidades de potássio;
T6	1 V + 1 C	Adubação com vermicomposto para suprir 100% as necessidades de nitrogênio e cinza de casca de arroz para suprir 100% as necessidades de potássio;
T7	1 V	Adubação com vermicomposto para suprir 100% as necessidades de nitrogênio;
T8	1 C	Adubação com cinza de casca de arroz para suprir 100% as necessidades de potássio;

Como fontes orgânicas de nutrientes foram utilizados vermicomposto bovino (húmus de minhoca), obtido a partir de minhoca vermelha-da-califórnia (*Eisenia foetida*), e de cinza de casca de arroz, como suplementação potássica. A adubação mineral constou de uréia (45% de N), superfosfato triplo (42% de P_2O_5) e cloreto de potássio (K_2O). As quantidades incorporadas em cada canteiro foram determinadas através de análises de solo, seguindo as recomendações da Comissão de Fertilidade do Solo – RS/SC (1994). A adubação foi feita toda em pré-plantio, sendo o material incorporado manualmente aos canteiros.

O espaçamento adotado foi de 0,5 m entre plantas e 0,5 m entre filas, sendo os canteiros cobertos com PEBD preto de 50 μ . As plantas foram conduzidas em haste única e tutoradas por meio de um fio de ráfia até a altura de 2 m. Nos dias 5 e 6 de abril foi realizada a poda das plantas nos blocos Norte e Centro e no bloco Sul no dia 13 de abril. Foram eliminados todos ramos inferiores até o 4° entrenó da haste principal. Entre o 5° e o 8° entrenó os ramos secundários foram deixados com 4 ou 5 folhas e a partir do 9° entrenó a poda foi feita após a primeira folha. Procurou-se manter em média 2 frutos por planta, preferencialmente no terço central da planta, sendo eliminados manualmente todos os frutinhas surgidos após a definição e fixação dos frutos principais.

O controle fitossanitário de pulgões foi realizado através da aplicação de calda à base de pó de fumo, preparada conforme Guerra (1985). Foram realizadas aplicações localizadas nos focos principais nos dias 23 e 31 de março e uma aplicação em todos os canteiros no dia 7 de abril.

A radiação solar global no interior da estufa foi medida através de tubos solarímetros construídos artesanalmente, conforme modelo proposto por Steinmetz e Miori (1997) e calibrados com o auxílio de um tubo solarímetro marca Delta T, modelo TSL. Na estufa de produção de mudas foi instalado um tubo solarímetro sobre as plântulas, à 90 cm de altura, enquanto na estufa de desenvolvimento e produção de frutos foram instalados um total de 8 tubos na região central. Cada tubo foi posicionado sobre um canteiro à 1 m de altura e posteriormente, com o desenvolvimento das plantas, levantado para 2 m. Foi considerada como a radiação global diária na estufa de produção o valor médio obtido nos 8 tubos.

A temperatura do ar e umidade relativa do ar durante a produção de mudas foram medidas através de um termohigrógrafo marca Lambrecht, com registro semanal. Na estufa Túnel Alto o termohigrógrafo foi utilizado apenas para registrar a umidade relativa do ar, enquanto a temperatura do ar foi medida com o uso de 8 sensores termistores marca Campbell Scientific, modelo 107. Os sensores foram instalados a 1 m de altura nos canteiros centrais da estufa, sendo protegidos da radiação solar direta por miniabrigos plásticos. Foi considerada como a temperatura do ar na estufa de produção o valor médio obtido nos 8 sensores. Para medir a temperatura do solo foi instalado 1 sensor à 15 cm de profundidade em um dos canteiros centrais da estufa.

A irrigação foi provida por conjuntos individuais de mangueiras gotejadoras em cada canteiro, que acompanhavam as linhas de cultivo. Ao longo do experimento procurou-se manter a umidade do solo entre 0,03 MPa e 0,003 MPa. O potencial de água no solo foi determinado com o auxílio de tensiômetros e sensores eletrônicos de umidade Watermark 200, modelo 257, instalados à 15 cm de profundidade nos 8 canteiros centrais da estufa de desenvolvimento e produção de frutos.

O registro de todos sensores eletrônicos foi realizado por um sistema automático de aquisição de dados tipo micrologger, marca Campbell Scientific, modelo 21XL, acoplado a um multiplexador modelo AM416. O sistema foi programado para operar em intervalos de 10 segundos e agrupar os dados de trabalho em valores médios a cada 15 minutos.

A área foliar do meloeiro foi avaliada em quatro momentos do desenvolvimento da cultura. Na primeira avaliação, em 25 de fevereiro, a área foliar foi obtida pela média de 10 mudas no estágio do transplante e nas demais avaliações, em 16 de março, 5 e 20 de abril, foi escolhida uma planta representativa do dossel, arrancada inteira e levada para análise em laboratório. A avaliação foi realizada com auxílio de um integrador de área foliar da marca LI-Cor, modelo LI-3100.

O crescimento e desenvolvimento dos frutos foi acompanhado semanalmente através da medição da circunferência horizontal dos mesmos. O monitoramento foi realizado a partir de frutinhas jovens, com circunferência inferior a 60 mm e em duas datas: 15 e 22 de março. Na primeira data foram acompanhados 22 frutos e na segunda 27, sendo as curvas de crescimento

iniciadas em cada data representadas pela média dos respectivos frutos. O desenvolvimento em peso dos frutos foi estimado através de equações de regressão, específicas para cada data, montadas a partir dos dados de peso e circunferência obtidos na colheita.

Foi analisada a massa fresca de frutos total e comercial, a produtividade média e o número médio de frutos totais e comerciais em cada tratamento. Essas variáveis foram submetidas à análise de co-variância e à comparação de médias pelo teste de Duncan à 5% de probabilidade. Como variável auxiliar foi usada o número de plantas vivas em cada canteiro no momento da colheita e foram considerados frutos comerciais aqueles que na colheita atingiram 500 g de massa. Outros componentes de rendimento avaliados foram o número total de frutos, a massa total de frutos, a carga média de frutos por planta, a massa média por fruto e a produtividade média por planta e por área, tanto para a produção total quanto para produção de frutos comerciais.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas Figuras 1, 2, 3 e 4 são apresentadas as condições ambientais ocorridas no interior das estufas plásticas utilizadas durante a produção de mudas e desenvolvimento do meloeiro.

Ao longo do experimento a radiação solar global no interior da estufa apresentou um valor médio diário de 3675 W.m^{-2} , variando entre 6260 W.m^{-2} e 556 W.m^{-2} . Embora a radiação global média tenha sido 58% superior ao valor de $2325 \text{ W.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$ ($200 \text{ cal.cm}^{-2}.\text{dia}^{-1}$), considerado pela FAO (1990) como sendo o limite trófico de grande parte das hortaliças de verão, é importante verificar que a medida em que se avançava em direção ao outono a radiação global foi gradativamente reduzida, ficando muito próxima desse umbral.

No total, a radiação global diária foi inferior ao limite trófico em 17 dias, o que representou 20% dos dias entre a produção de mudas e a colheita. No final do experimento, esse fato ocorreu durante 5 dias consecutivos, de 16 a 20 abril, indicando uma tendência de agravamento da disponibilidade radiativa. Nesse caso, pode-se inferir que o transplante do meloeiro ocorrido no dia 24 de fevereiro se deu no prazo limite para a produção de frutos de qualidade.

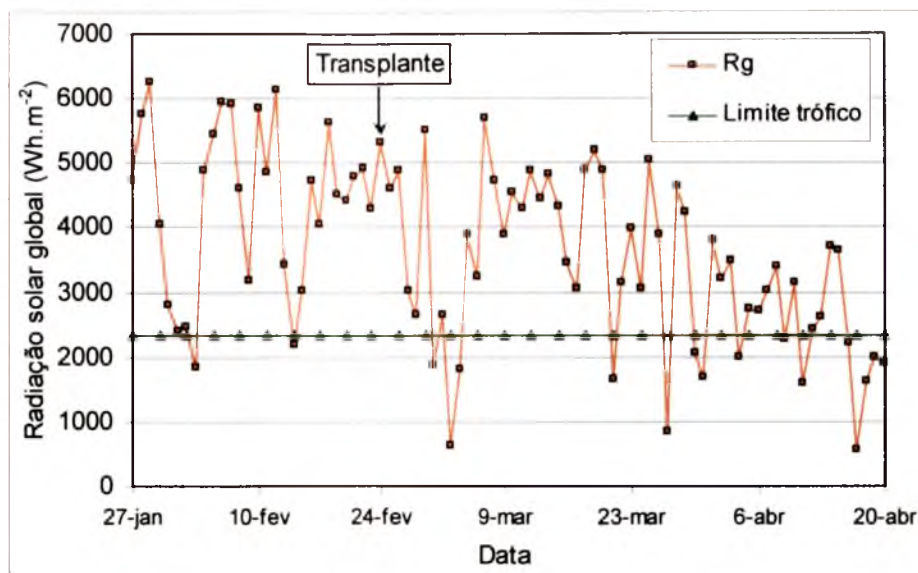


FIGURA 1 – Médias diárias da radiação global (R_g) no interior da estufa plástica em comparação ao limite trófico (2325 W.m^{-2}), durante a produção de mudas e desenvolvimento de meloeiro sob adubação orgânica, de jan/00 a abr/00. Pelotas, RS.

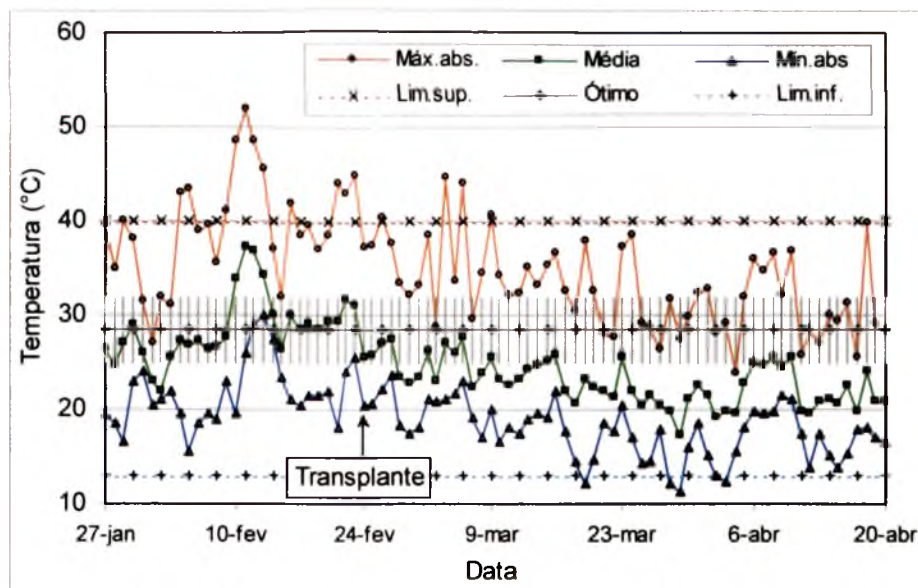


FIGURA 2 – Valores máximos absolutos (Máx.abs), mínimos absolutos (Mín.abs) e médios (Média) da temperatura do ar, em comparação aos limites superior (Lim.sup.), inferior (Lim.inf.) e faixa ótima (Ótimo), durante a produção de mudas e no desenvolvimento do meloeiro sob adubação orgânica em estufa plástica, de jan/00 a abr/00. Pelotas, RS.

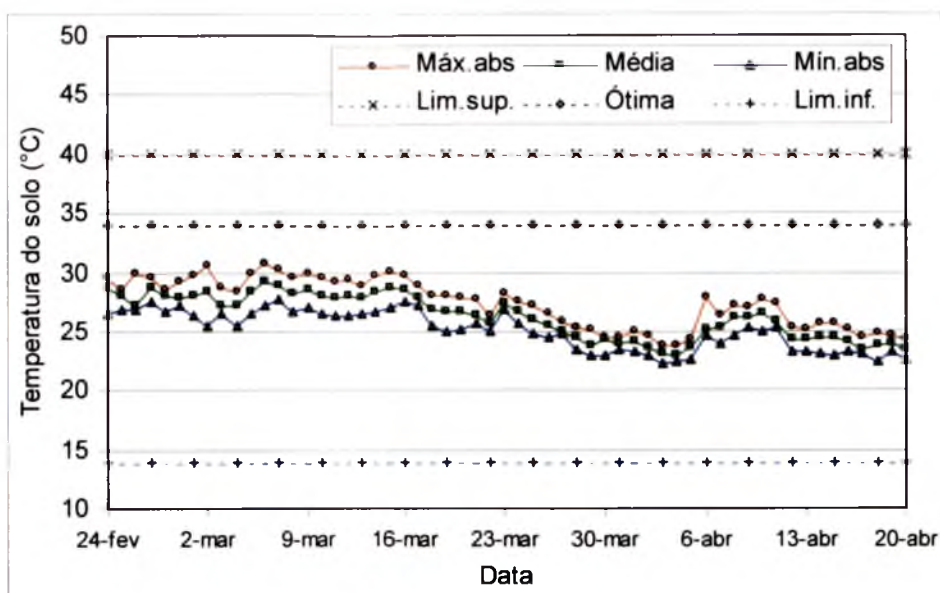


FIGURA 3 – Valores máximos absolutos (Máx.abs), mínimos absolutos (Mín.abs) e médios da temperatura do solo, em comparação aos limites superior (Lim.sup.), inferior (Lim.inf.) e ótimo, durante o desenvolvimento de meloeiro sob adubação orgânica, cultivado em estufa plástica tipo Túnel Alto, de fev/00 a abr/00. Pelotas, RS.

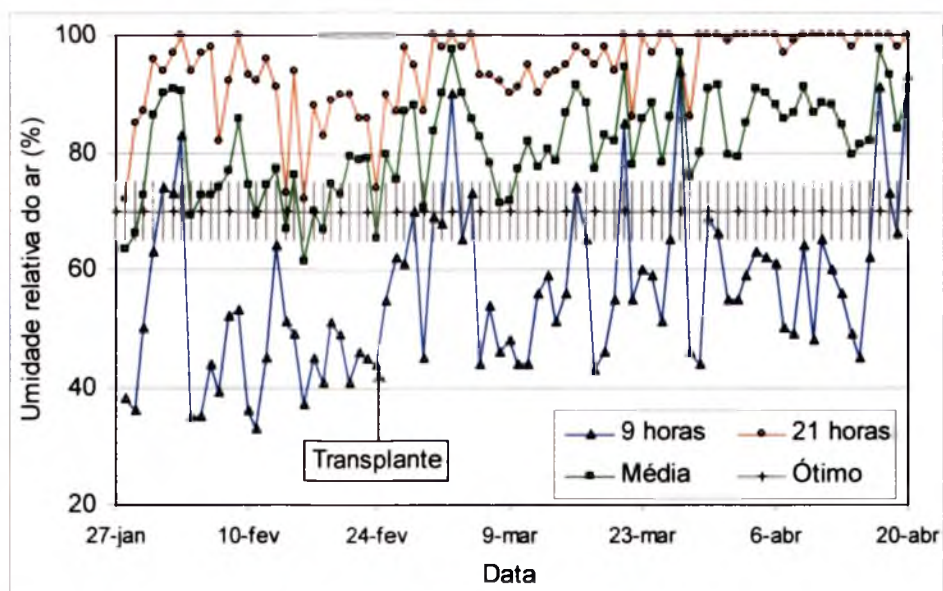


FIGURA 4 – Valores máximos absolutos (Máx.abs), mínimos absolutos (Mín.abs) e médios da umidade relativa do ar, em comparação aos limites superior (Lim.sup.), inferior (Lim.inf.) e ótimo, durante o desenvolvimento de meloeiro sob adubação orgânica, cultivado em estufa plástica, de jan/00 a abr/00. Pelotas, RS.

Com relação à temperatura do ar, a média de todo experimento foi de 24,8°C, enquanto a média das mínimas absolutas e das máximas absolutas foi de 19,1°C e 35°C, respectivamente. Os maiores valores diários de temperatura do ar foram registrados durante a produção de mudas, com média de 37,3°C, a mínima absoluta de 30°C e a máxima absoluta de 52°C. Por sua vez, os valores mais baixos de temperatura média do ar, máxima e mínima absolutas foram verificadas após o transplante, sendo respectivamente 17,3°, 11,2°C e 23,9°C.

A temperatura média do ar durante a produção de mudas se manteve praticamente dentro da faixa de 25°C a 32°C, considerada ótima para o desenvolvimento vegetativo. Na fase de produção, após o transplante, os valores médios diários foram mais baixos, aumentando sua distância da faixa ótima a medida em que se aproximava o outono. A temperatura máxima absoluta diária do ar ficou acima da temperatura limite superior de 40°C em 15 dias, enquanto a temperatura mínima absoluta ficou apenas 4 dias abaixo do limite inferior de 13°C. Não obstante, em nenhum momento a temperatura média do ar foi maior que o limite superior ou menor que o limite inferior. Ou seja, em cerca de 78% do dias nos quais o experimento transcorreu a estufa plástica conseguiu manter as condições térmicas dentro dos limites requeridos pela cultura do meloeiro.

A temperatura média do solo, medida durante o desenvolvimento e amadurecimento dos frutos, foi de 26,2°C e a média das mínimas e máximas absolutas foi de 25,1°C e 27,4°C, respectivamente. Brandão Filho & Vasconcellos (1998) consideram 34°C como a temperatura ótima do solo para o desenvolvimento das radículas, 14°C como a mínima e 40°C como a máxima. Embora a temperatura média do solo tenha ficado abaixo da temperatura considerada ideal pelo autores, durante o desenvolvimento vegetativo ela se manteve entre 23°C e 30°C, distante dos limites térmicos tidos como prejudiciais.

A umidade relativa média do ar durante o experimento foi de 81%, variando entre 61% e 98%. Pode-se notar que durante a produção de mudas a umidade relativa do ar se manteve praticamente dentro da faixa considerada ótima que é de 65% a 75%, mas ficou acima desse limite na maior parte do tempo após o transplante. Esse fato deve-se, além das condições ambientais, a outros dois fatores: o aumento da área foliar das plantas e o sistema de ventilação da estufa tipo Túnel Alto. Após o transplante, com o desenvolvimento das plantas e o

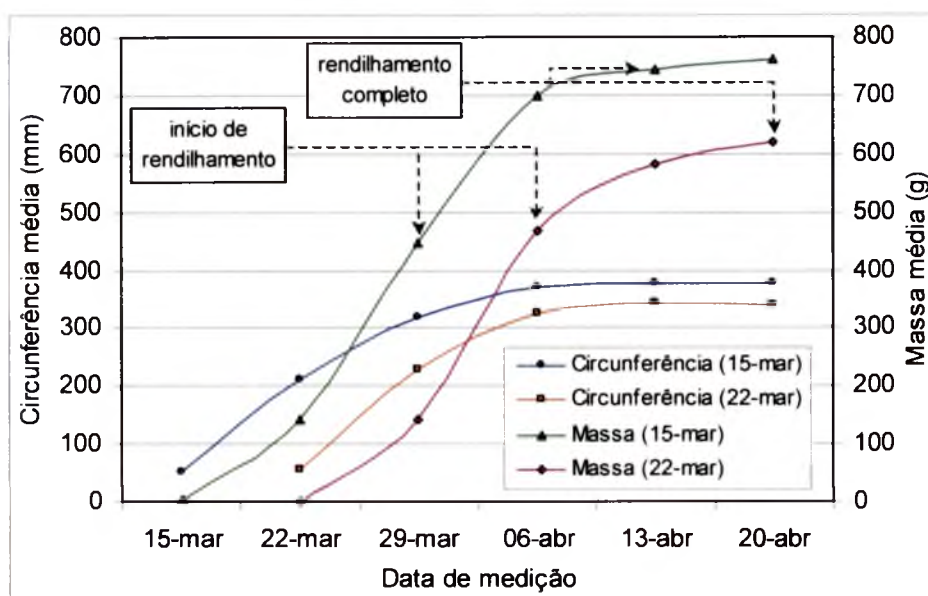


FIGURA 5 – Curvas de crescimento em circunferência média e massa média de frutos de meloeiro cultivados em estufa plástica, a partir de duas datas de monitoramento, de jan/00 a abr/00. Pelotas, RS.

As curvas de crescimento em massa foram estimadas a partir da circunferência horizontal e massa dos frutos no momento da colheita e representadas pelas seguintes equações de regressão potencial:

$$Massa_{início\ em\ 15/mar} = 6 \times 10^{-6} \times (Circunferência_{início\ em\ 15/mar})^{3,1353} \quad (r^2 = 0,9193)$$

$$Massa_{início\ em\ 22/mar} = 4 \times 10^{-7} \times (Circunferência_{início\ em\ 22/mar})^{3,6013} \quad (r^2 = 0,9619)$$

No momento da colheita os frutos acompanhados a partir de 15 de março apresentaram uma circunferência média de 377 mm com massa média de 763 g, enquanto os frutos marcados um semana após tiveram médias de 341 mm de circunferência e 621 g de massa. Brandão Filho & Vasconcellos (1998) também citam para a cultivar de melão rendilhado Sun Rise, valores de circunferência de 382 mm e massa final ao redor de 800 g.

Com 15 dias de desenvolvimento, os frutos marcados no dia 15 e no dia 22 de março apresentavam uma circunferência bastante próxima, 320 mm e 325 mm respectivamente. Após essa data, os frutos marcados em 22 de março reduziram a sua marcha de crescimento, estabilizando sua circunferência em 341 mm contra 371 mm dos frutos marcados na semana anterior. Esse fato pode ser explicado pela ocorrência de míldio (*Pseudoperonospora cubensis*). O míldio ataca a área foliar da planta provocando degeneração da área fotossintética e nos casos mas severos desfolha precoce, raquitismo, frutos mal formados e atrofiados (Rego, 1995).

A identificação da doença ocorreu no dia 17 de abril, embora no dia 11 já tivessem sido detectados os primeiros sintomas, o que pressupõe que a infecção tenha ocorrido ainda 4 a 5 dias antes. O míldio se desenvolve sob condições de alta umidade e temperaturas amenas, entre 10°C e 28°C. Como agravante, o fungo pode ser disseminado por correntes de ar ou através de trabalhadores e ferramentas contaminadas (Rego, 1995), ampliando seu potencial de infecção, especialmente em ambientes protegidos. Após o dia 6 de abril a umidade relativa média diária do ar foi geralmente superior a 80% e invariavelmente atingia 100% no período noturno, favorecendo a formação de lâminas d'água sobre as folhas do meloeiro. Essa condição só era eliminada no

início da manhã quando da abertura dos portões da estufa. Nessa mesma época a temperatura média diária do ar oscilou entre 20°C e 25°, enquanto as mínimas diárias foram sempre superiores à 13°C.

O período completo de acompanhamento dos frutos, do início do acompanhamento até a colheita, foi de 37 dias. Em função da doença, optou-se por interromper o processo de maturação dos frutos para que as medidas de área foliar não fossem prejudicadas. Alguns trabalhos indicam que aos 25 dias após a polinização os frutos já estão praticamente formados em tamanho e massa, sendo necessários em torno de mais 29 dias para a acumulação de sólidos solúveis totais (Suzuki & Nonaka apud Brandão Filho & Vasconcelos, 1998). Não obstante, Paiva et al. (2000), trabalhando nas condições do nordeste brasileiro, entre setembro e dezembro, colheram melões cantaloupes em média aos 35 dias após o florescimento. Dessa forma, no momento em que a doença se manifestou os frutos marcados no dia 15 de março já estavam com suas dimensões definidas, sendo pouco afetados e representando o padrão externo médio de fruto esperado. Entretanto, os frutos marcados no dia 22 de março estavam com apenas 15 dias e provavelmente tiveram seu desenvolvimento influenciado pela doença.

Na Tabela 2 são mostrados os resultados da análise de co-variância para os componentes de rendimento relacionados à massa e número de frutos totais e comerciais em cada tratamento testado. O número total de frutos comerciais acima de 500 g compreendeu 40,4%, embora em massa esses frutos tenham representado 59,7% do total colhido em 20 de abril. Segundo Gorgatti Netto et al. (1994), o mercado consumidor europeu prefere melões cantaloupes com tamanho médio, entre 500 g e 1000 g. Entretanto, López Gálvez et al. (1993a), trabalhando na Espanha com a cultivar Gália, do grupo *reticulatus*, consideraram como frutos comerciais aqueles com massa a partir de 400 g. Se fosse adotado esse padrão mínimo, os frutos comerciais colhidos no experimento passariam a representar 57% do número total e 75,5% da massa total.

TABELA 2 – Comparação de médias¹ dos componentes de rendimento massa fresca e número médio de frutos, totais e comerciais, observados em meloeiros cultivados sob diferentes fontes de adubação em estufa plástica, de jan/00 a abr/00. Pelotas, RS

Tratamentos		Massa fresca de fitomassa útil						Número médio de frutos			
		TOTAL (total de frutos)			COMERCIAL (frutos > 500 g)			TOTAL		COMERCIAL (frutos > 500 g)	
		Médias**			Médias*			Médias*		Médias*	
Referência	Descrição	(g)	(kg.m ⁻²)		(g)	(kg.m ⁻²)					
T6	1 V + 1 C	23.116	3,85	a	15.841	2,64	a	47,3	a	23,0	a
T2	M	21.373	3,56	a b	12.959	2,16	a b	43,9	a b	19,5	a b
T5	1 V + ½ C	19.772	3,30	a b c	13.499	2,25	a b	39,7	a b	19,0	a b c
T4	½ V + 1 C	19.187	3,20	a b c	10.384	1,73	a b	43,2	a b	15,1	a b c
T8	1 C	17.794	2,97	a b c	10.943	1,82	a b	39,9	a b	17,4	a b c
T3	½ V + ½ C	17.451	2,91	a b c	10.853	1,81	a b	38,0	a b	16,3	a b c
T7	1 V	16.292	2,72	b c	8.535	1,42	b	38,0	a b	12,3	b c
T1	T	14.606	2,43	c	6.391	1,07	b	36,1	b	9,0	c
Desvio padrão		3.264			3.670			5,0		5,2	
Coeficiente de variação (%)		17,5			32,8			12,2		31,7	
Média		18.699	3,12		1.1176	1,86		40,8		16,5	

¹médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Duncan a 1% (**) e a 5% (*) de probabilidade.

O tratamento com adubação orgânica completa (T6), foi o que apresentou as médias mais altas em todas as variáveis analisadas, enquanto o tratamentos adubado apenas com vermicomposto (T7) e o tratamento sem adubação (T1), apresentaram sempre o pior desempenho. O tratamento T6 atingiu a média de 3,85 kg.m⁻² e 2,64 kg.m⁻² para a massa de frutos totais e comerciais respectivamente. O tratamento com adubação mineral completa (T2), apresentou produtividade inferior ao T6, com médias de 3,56 kg.m⁻² para a massa de frutos totais e 2,16 kg.m⁻² para a massa de frutos comerciais.

Coelho et al. (2000), trabalhando com a cultivar híbrida Trusty em estufa e sob adubação mineral e numa densidade de 2,2 plantas.m⁻², obtiveram uma produção total máxima de 3,59 kg.m⁻² e uma produção de frutos comerciais (circunferência superior a 283 mm) de 3,00 kg.m⁻². Em outro trabalho, Maruyama et al. (2000) conseguiram valores de produtividade de 4,72 kg.m⁻² e 3,39 kg.m⁻² respectivamente para as cultivares Bônus n° 2 e Don Carlos, do grupo *reticulatus*, também cultivadas à base de adubação mineral no interior de estufa plástica, com densidade de 4 plantas.m⁻².

Quanto ao número médio de frutos totais e comerciais, o tratamento T6 apresentou o melhor resultado, com 47,3 e 23,0 frutos respectivamente. Esses valores foram 7,7% e 17,9% superiores aos observados no tratamento T2, que obteve o segundo melhor desempenho. Contudo, para o número médio de frutos totais não houve diferença estatística entre os tratamentos de T2 a T8, sendo apenas o tratamento T1 considerado inferior. Já para o número médio de frutos comerciais, os tratamentos T7 e T1 foram considerados estatisticamente inferiores aos demais.

Os resultados de rendimento verificados na literatura devem ser tomados com cautela, uma vez que a massa dos frutos está diretamente relacionada com as características intrínsecas de crescimento e desenvolvimento de cada cultivar (Knavel, 1988) e com o aumento da densidade de plantio e as condições edafoclimáticas de produção (Grangeiro et al., 1999).

Diversos experimentos indicam que plantios de meloeiro em altas densidades resultam em frutos de menor massa, menor número de frutos por planta e aumento de produção até um determinado limite. López Gálvez et al. (1993a; 1993b) verificaram os melhores resultados de precocidade, massa média dos frutos e colheita total com a densidade de 2 plantas.m⁻². Grangeiro et al. (1999) também observaram essa tendência, mas, mesmo a melhor produtividade tendo ocorrido com a densidade de 3,25 plantas.m⁻², houve um potencial de produção interessante com até 4 plantas.m⁻², com massa média de frutos do grupo *inodorus* variando entre 1,3 kg e 1,6 kg. Em Pelotas, Martins et al. (1998) obtiveram média de até 8,8 kg.m⁻² para a cultivar Melina, do grupo *inodorus*, quando conduzida tutorada em estufa plástica e com densidade de 2,5 plantas.m⁻². Por outro lado, em Jaboticabal, Factor et al. (2000), trabalhando com diversos híbridos de melão rendilhado na densidade de 2 plantas.m⁻², tutoradas e sob estufa plástica, obtiveram uma produção máxima em torno de 3,8 kg.m⁻².

Na Tabela 3 são apresentados os componentes do rendimento obtidos em cada tratamento, considerando o número total de frutos colhidos e número de frutos comerciais.

TABELA 3 – Componentes do rendimento, considerando o número total de frutos e número de frutos comerciais, observados em meloeiros cultivados sob diferentes fontes de adubação em estufa plástica, de jan/00 a abr/00. Pelotas, RS

FRUTOS TOTAIS						
Tratamentos	Descrição	Nº total de frutos	Massa Total (kg)	Carga média (frutos.planta ⁻¹)	Massa Média (kg.fruto ⁻¹)	Produtividade Média (kg.planta ⁻²)
T6	1 V + 1 C	145	71,6	2,2	0,49	1,08
T4	½ V + 1 C	136	62,1	2,2	0,46	0,99
T5	1 V + ½ C	119	59,3	1,8	0,50	0,89
T8	1 C	126	57,9	1,8	0,46	0,84
T2	M	119	55,1	1,8	0,46	0,82
T3	½ V + ½ C	114	52,4	1,7	0,46	0,77
T7	1 V	114	48,9	1,7	0,43	0,73
T1	T	105	41,6	1,5	0,40	0,60
Média		122,3	56,1	1,8	0,46	0,84

FRUTOS COMERCIAIS (> 500 g)						
Tratamentos	Descrição	Nº total de frutos	Massa Total (kg)	Carga média (frutos.planta ⁻¹)	Massa Média (kg.fruto ⁻¹)	Produtividade Média (kg.planta ⁻²)
T6	1 V + 1 C	72	49,5	1,1	0,69	0,75
T5	1 V + ½ C	57	40,5	0,9	0,71	0,64
T8	1 C	58	36,9	0,9	0,64	0,55
T4	½ V + 1 C	51	35,2	0,7	0,69	0,51
T3	½ V + ½ C	49	32,6	0,7	0,66	0,49
T2	M	47	30,8	0,7	0,66	0,45
T7	1 V	37	25,6	0,6	0,69	0,38
T1	T	24	17,2	0,3	0,72	0,25
Média		49,4	33,5	0,7	0,68	0,50

É possível verificar que o tratamento com adubação orgânica completa (T6), foi o que apresentou o maior número de frutos totais e comerciais, 145 e 72 respectivamente, valores estes decorrentes da maior prolificidade e precocidade das plantas. De uma forma geral, os tratamentos que contaram com a cinza de casca de arroz mostraram resultados melhores do que os demais, evidenciando a importância do potássio na nutrição do meloeiro. Os tratamentos T7 e T1, sem a aplicação de complementação potássica apresentaram o pior rendimento em todas as variáveis analisadas.

A carga média de frutos por planta, baseada nos frutos totais que estavam em desenvolvimento no momento da colheita, variou de 1,5 no tratamento T1 até 2,2 nos tratamentos T6 e T4. Segundo Grangeiro et al. (1999), o número de frutos por planta tende a decrescer com o aumento da densidade, embora o número total de frutos por área tenda a aumentar. Maruyama et al. (2000) verificaram para as cultivares Bônus nº 2 e Don Carlos, do grupo *reticulatus*, uma carga de 1,15 e 0,78 frutos por planta

respectivamente, numa densidade de 4 plantas.m⁻². Já Factor et al. (2000), em densidade de 2 plantas.m⁻², conseguiram uma carga média que variou de 1,18 a 1,73 frutos por planta, em 4 variedades de meloeiros rendilhados. Em Pelotas, Martins et al. (1998) obtiveram carga de frutos entre 1,81 e 1,32 para melões das cultivares Melina e Amarelo, do grupo *inodorus*, para condução tutorada e rasteira respectivamente, em cultivo protegido e numa densidade de 2,5 plantas.m⁻². Contudo, Paiva et al. (2000) conseguiu obter com a cultivar híbrida Hy Mark, do grupo *cantaloupensis*, uma carga de 3,4 frutos por planta, quando conduzidas rasteiras.

O elevado grau de abortamento de frutos no meloeiro é um fenômeno conhecido e relatado com frequência em diversos trabalhos (Farias, 1988; Martins et al., 1998). Esse fato está relacionado com uma maior competição de frutos próximos entre si pelas mesmas folhas, uma vez que o efeito de “dreno” pode repercutir até as folhas do 6° nó mais acima (Hughes et al., 1983).

O tratamento com adubação mineral (T2), mesmo sendo avaliado estatisticamente como um dos de melhor rendimento, apresentou valores absolutos inferiores à maioria dos tratamentos com adubação orgânica, especialmente aqueles que tiveram complementação potássica com cinza. Um dos fatores que contribuiu para esse resultado foi a forte ocorrência de pulgões no interior da estufa e que resultou no comprometimento de diversas plantas. Por sua vez, a diferença no número total de plantas em produção entre os tratamentos levou à utilização da análise de co-variância para equacionar as respostas de produtividade.

O foco inicial de pulgões foi verificado no tratamento T2, de forma mais intensa no canteiro da segunda repetição, na região central da estufa. A infestação nesse canteiro culminou com a perda total de 6 plantas e proporcionou a disseminação de novos focos nos canteiros circunvizinhos. Como forma de controle foi adotada a pulverização localizada de calda de pó-de-fumo, mas posteriormente uma aplicação generalizada em todos os canteiros foi necessária. Não obstante, a calda de pó-de-fumo mostrou-se um eficaz inseticida alternativo: cerca de 5 dias após as aplicações já não se percebia qualquer atividade dos pulgões nas plantas infestadas.

A preferência inicial e a intensidade da infestação verificada no tratamento T2 pode ser explicada pela teoria da trofobiose (Chaboussou, 1999). Segundo

essa teoria, a adubação nitrogenada mineral (especialmente sob a forma amoniacal) e a deficiência em potássio, favorecem a formação de açúcares e aminoácidos solúveis no floema e nas células, tornando-os mais assimiláveis para os insetos. Por sua vez, a utilização do adubo de fontes orgânicas beneficia a proteossíntese e a formação de compostos de alto peso molecular, estimulando a maior resistência das plantas ao ataque de insetos e doenças.

O rendimento produtivo médio obtido nas plantas foi consequência do desenvolvimento foliar médio alcançado em cada tratamento. Na Figura 6 é apresentada a comparação da área foliar entre os tratamentos baseados na adubação mineral e na adubação orgânica.

Através da análise do desenvolvimento foliar médio ao longo do experimento, percebe-se que a maior diferença ocorrida entre os tratamentos ocorreu no dia 5 de abril, data de realização da poda, quando o tratamento T6 atingiu a maior área foliar, $1,40 \text{ m}^2.\text{planta}^{-1}$, seguido dos tratamentos T4 e T8, com $1,01 \text{ m}^2.\text{planta}^{-1}$ e $0,99 \text{ m}^2.\text{planta}^{-1}$, respectivamente. Esses três tratamentos apresentavam em sua adubação a aplicação de cinza de casca de arroz para suprir 100% das necessidades de potássio. O tratamento T2, mesmo atendendo as necessidades de todos os macroelementos, obteve área foliar de apenas $0,94 \text{ m}^2.\text{planta}^{-1}$, sendo superior apenas aos tratamentos T5, T3, T7 e T8.

No momento da colheita a área foliar de todos os tratamentos estava dentro do intervalo de $1,14$ e $0,78 \text{ m}^2.\text{planta}^{-1}$. Contudo, os tratamentos T2, T6 e T4 mostraram-se superiores aos demais, sendo seus respectivos valores $1,14$, $1,13$ e $1,11 \text{ m}^2.\text{planta}^{-1}$. Esses valores são amplamente superiores aos verificados em outros trabalhos. Maruyama et al. (2000), trabalhando com meloeiros do grupo *reticulatus* sob adubação química em ambiente protegido, citam valores de área foliar na colheita entre $0,77$ e $0,61 \text{ m}^2.\text{planta}^{-1}$. Canato et al. (2000), também com cultivares do grupo *reticulatus* nas mesmas condições, atingiram na colheita área foliar entre $0,42$ e $0,32 \text{ m}^2.\text{planta}^{-1}$, sendo $0,5 \text{ m}^2.\text{planta}^{-1}$ o valor máximo registrado aos 60 dias após o transplante.

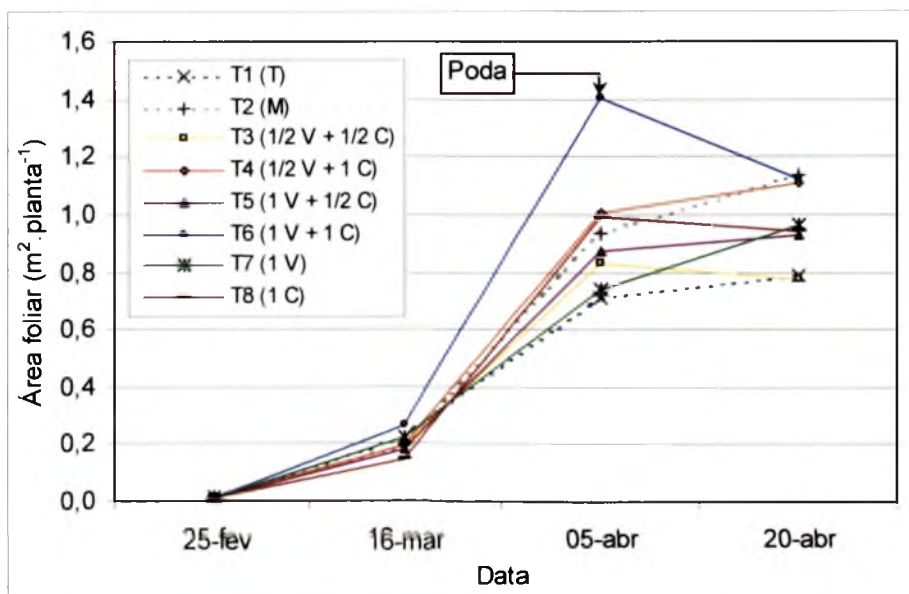


FIGURA 6 – Evolução do desenvolvimento da área foliar média em meloeiros cultivados sob diferentes fontes de adubação em estufa plástica, de fev/00 a abr/00. Pelotas, RS.

CONCLUSÕES

Os resultados observados permitem concluir que:

- 1) O ambiente protegido proporciona as condições de radiação solar, temperatura e umidade relativa do ar requeridas para o cultivo do meloeiro, considerando a última semana de fevereiro como a data limite para o transplante das mudas;
- 2) A utilização de vermicomposto bovino e cinza de casca de arroz em diferentes combinações proporciona a produção de frutos com circunferência e massa dentro dos padrões exigidos pelo mercado consumidor e em níveis de produtividade equivalentes aos obtidos com a utilização de adubo mineral;
- 3) A cinza de casca de arroz é capaz de atender as necessidades da cultura do meloeiro em relação ao elemento potássio, permitindo uma melhor produtividade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALDRIGHI, C.B.; DUARTE, G.B.; MARTINS, S.R.; FERNANDES, H.S. Uso de vermicompostos na produção de feijão-vagem em ambiente protegido. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MINHOCULTURA, 1., 1999, Pelotas. *Anais...*Pelotas: UFPel, 1999. p.20.
- BRANDÃO FILHO, J.U.T.; VASCONCELLOS, M.A.S. A cultura do meloeiro. In: GOTO, R.; TIVELLI, S.W. (org.). *Produção de hortaliças em ambiente protegido: condições subtropicais*. São Paulo: Fundação Editora da Unesp, 1998. 319p.
- CANATO, G.H.D.; CECÍLIO FILHO, A.B. Análise de crescimento do melão rendilhado sob cultivo protegido. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 40., 2000, São Pedro, SP. *Trabalhos apresentados e palestras...*Horticultura Brasileira, Brasília: SOB/FCAV-UNESP, v.18, 2000b. p. 249-251. Suplemento.
- CHABOUSSOU, F. *Plantas doentes pelo uso de agrotóxicos: a Teoria da Trofobiose*. 2.ed. Porto Alegre: L&PM, 1999. 272p.
- COELHO, E.L.; REZENDE, P.C.; CARDOSO, A.A. Produção em estufa de frutos de melão, em função de doses de nitrogênio. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 40., 2000, São Pedro, SP. *Trabalhos apresentados e palestras...*Horticultura Brasileira, Brasília: SOB/FCAV-UNESP, v.18, 2000b. p. 225-226. Suplemento.
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO, RS/SC. *Recomendações de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina*. 3.ed. Passo Fundo: SBCS-Núcleo Regional Sul: Embrapa-CNPT, 1994. 224p.

- FACTOR, T.L.; ARAÚJO, J.A.C. de; ARAÚJO, J.P.C. de. Produção de melão rendilhado em ambiente protegido, inverno-primavera, na região de Jaboticabal-SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 40., 2000, São Pedro, SP. *Trabalhos apresentados e palestras...*Horticultura Brasileira, Brasília: SOB/FCAV-UNESP, v.18, 2000. p.201-202. Suplemento.
- FAO. *Protected cultivation in the Mediterranean climate*. Rome, 1990. 313p. (FAO Plant Production and Protection Paper, 90).
- FARIAS, J.R.B. *Comportamento da cultura do melão em estufa plástica, sob diferentes níveis de espaçamento, raleio e cobertura do solo*. Pelotas, UFPEL. 1988. 80p. Dissertação de Mestrado em Produção Vegetal.
- FERNANDES, H.S.; MORSELLI, T.B.G.A.; QUIJANO, F.G.; CRUZ, L.E.C. da. Efeito da aplicação de vermicomposto em duas cultivares de alface (*Lactuca sativa*, L.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MINHOCULTURA, 1., 1999, Pelotas. *Anais...*Pelotas: UFPel, 1999. p.8.
- GORGATTI NETTO, A.; GAYET, J.P.; BLEINROTH, E.W.; MATALLO, M.; GARCIA, E.E.C.; GARCIA, A.E.; ARDITO, E.F.G.; BORDIN, M.R. *Melão para exportação: procedimentos de colheita e pós-colheita*. Brasília: FRUPEX. 1994. 37p.
- GRANGEIRO, L.C.; PEDROSA, J.F.; BEZERRA NETO, F.; NEGREIROS, M.Z. de. Rendimentos de híbridos de melão amarelo em diferentes densidades de plantio. *Horticultura Brasileira*. Brasília, v.17, n.3. 1999. p.200-206.
- GUERRA, M. de S. *Receituário caseiro: alternativas para o controle de pragas e doenças de plantas cultivadas e de seus produtos*. Brasília: Embrater, 1985. 166p. (Informações Técnicas, 7)
- HUGHES, D.L.; BOSLAND, J.; YAMAGUCHI, M. Movements of photosynthates in muskmelon plants. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, v.2, n.108. 1983. p.189-192.
- KNABEL, D.E. Growth, development and yield potencial of short-internode muskmelon. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. v.4, n.113. 1988. p.595-599.
- LÓPEZ GÁLVEZ, J.; LÓPEZ HERNÁNDEZ, J.C.; BRETONES, F.; CASTILLA, N. Los invernaderos de cubierta asimétrica: influencia de la geometría de cubierta de los invernaderos y de la densidad de siembra sobre la cosecha de melón. *Hortofruticultura*. n.12, 1993a. p.30-33.
- LÓPEZ GÁLVEZ, J.; LÓPEZ HERNÁNDEZ, J.C.; GALLEGOS, A.; BRETONES, F. Densidad de siembra: respuesta productiva dei melón en los invernaderos de Almería. *Hortofruticultura*. n.12, 1993b. p.34-36.
- MARTINS, S.R.; PEIL, R. La situación actual de los plásticos en la agricultura en Brasil y su potencialidad futura. In: SIMPOSIUM IBEROAMERICANO SOBRE APLICACIÓN DE LOS PLÁSTICOS EM LAS TECNOLOGÍAS AGRARIAS, 1., 1995, El Ejido-Almería. *Actas...*El Ejido-Almería: CEPLA/FIAPA, 1995. p.59-69.
- MARTINS, S.R. *Desafios da plasticultura brasileira: limites sócio-econômicos e tecnológicos frente as novas e crescentes demandas*. Horticultura Brasileira, v.14, n.2, 1996a. p.133-138.

- MARTINS, S.R. *Determinação de indicadores de sustentabilidade e avaliação do agrossistema estufa plástica numa perspectiva agroecológica*. Pelotas, UFPEL. 1996b. 30p. (projeto).
- MARTINS, S.R.; PEIL, R.M.; SCHWENGBER, J.E.; ASSIS, F.N.; MENDEZ, M.E.G. Produção de melão em função de diferentes sistemas de condução de plantas em ambiente protegido. *Horticultura Brasileira*. Brasília. v.16, n.1, 1998. p.24-30.
- MARUYAMA, W.I.; BRAZ, L.T.; CECÍLIO FILHO, A.B. Condução de melão rendilhado sob cultivo protegido. *Horticultura Brasileira*. Brasília, v.18, n.3. 2000. p.175-178.
- MORENO, J.A. *Clima do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961. 42p.
- MORSELLI, T.B.G.A.; SALLIS, M. da G.; TERRA, S.; FERNANDES, H.S. Resposta da cultura da alface (*Lactuca sativa*, L.) à aplicação de vermicomposto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MINHOCULTURA, 1., 1999, Pelotas. *Anais...Pelotas*: UFPel, 1999a. p.6.
- MORSELLI, T.B.G.A.; FERNANDES, H.S.; MARTINS, S.R. Respostas do repolho (*Brassica oleracea* 'capitata') e couve-flor (*Brassica oleracea* 'botrytis') à aplicação de vermicompostos na forma líquida. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MINHOCULTURA, 1., 1999, Pelotas. *Anais...Pelotas*: UFPel, 1999b. p.9.
- MÜLLER, J.J.V.; VIZZOTTO, V.J. Manejo do solo para a produção de hortaliças em ambiente protegido. *Informe Agropecuário*. Belo Horizonte, v.20, n.200/201, set./dez., 1999. p.32-35.
- PAIVA, W.O. de; SABRY NETO, H. LOPES, A.G.S. Avaliação de linhagens de melão. *Horticultura Brasileira*: Brasília, v.8, n.2. 2000. p.109-113.
- PICANÇO, M.; MARQUINI, F. Manejo integrado de pragas e hortaliças em ambiente protegido. *Informe Agropecuário*. Belo Horizonte, v.20, n.200/201, set./dez., 1999. p.126-133.
- REGO, A.M. Doenças das curcubitáceas. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte. v.17, n.182, 1995. p.48-54.
- STEINMETZ, S.; MIORI, P.R.B. Melhoria no sistema de vedação de tubos solarímetros construídos com placas de circuito impresso. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 10.,1997, Piracicaba, *Anais...* Piracicaba: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1997. p.207-209.
- TERRA, S.; ALDRIGHI, C.B.; DUARTE, G.B.; MARTINS, S.R.; FERNANDES, H.S. Produtividade de cultivares de alface submetidas a adubação orgânica em ambiente protegido. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MINHOCULTURA, 1., 1999, Pelotas. *Anais...Pelotas*: UFPel, 1999. p.22.
- VIDA, J.B.; KUROSZAWA, C.; ESTRADA, K.R.F.S.; SANTOS, H.S. Manejo fitossanitário em cultivo protegido. In: GOTO, R.; TIVELLI, S.W. (org.). *Produção de hortaliças em ambiente protegido: condições subtropicais*. São Paulo: Fundação Editora da Unesp, 1998. p.53-104.

6. CONCLUSÕES GERAIS

Através dos resultados obtidos e descritos nos artigos inter-relacionados é possível concluir, em linhas gerais, o que segue:

A estufa plástica tipo Túnel Alto, embora apresente um formato teoricamente mais favorável à transmissão da luz, não consegue fazê-la de modo equitativo em seu interior. Essa ineficiência deve-se em parte ao ângulo que suas paredes laterais formam em contato com o solo e às pequenas deformações de sua estrutura decorrentes da ação dos ventos. A pesquisa agrícola em estufas plásticas deve estar atenta para evitar que resultados obtidos, especialmente os ligados às respostas dependentes da radiação solar, sejam mascarados por delineamentos experimentais que não contemplem a uniformidade de luz em seu interior.

O material plástico usado na cobertura da estufa alterou a energia radiante em aspectos quantitativos e qualitativos, sendo a redução do fluxo interno da radiação global acompanhada de uma maior seletividade à radiação fotossinteticamente ativa. Essa seletividade, também influenciada pelas características meteorológicas do período, se refletiu de forma marcante sobre a chamada eficiência climática do ambiente protegido. Tais resultados sugerem que novos estudos em estufas plásticas devam observar e se possível avaliar as propriedades óticas dos filmes de cobertura, visando uma futura classificação e normatização dos produtos disponíveis no mercado.

O balanço de radiação no interior da estufa plástica evidenciou sua alta dependência das condições meteorológicas externas e do manejo e condição sanitária das plantas cultivadas em seu interior. A radiação líquida no ambiente foi tanto maior nos dias de elevada radiação solar quanto menor nos períodos sem a presença de nuvens. Esse fato revela que apenas o formato do abrigo mais favorável à transmitância da luz não é o bastante para torná-lo num bom armazenador de energia, uma vez que o material plástico de cobertura permite a saída de boa parte da radiação de onda longa.

A montagem de equações de regressão, a partir de dados de estações agroclimatológicas oficiais próximas ao local de experimento, se constitui numa ótima ferramenta de trabalho para o monitoramento das variáveis meteorológicas em ambientes protegidos. Nesse estudo, a obtenção de coeficientes de determinação elevados para a radiação fotossinteticamente ativa e radiação líquida, em geral superiores à 0,95, ratificam essa possibilidade. Contudo, novos trabalhos precisam ser realizados para determinar equações mais precisas para diferentes épocas do ano e para diferentes materiais de cobertura e graus de envelhecimento. Do ponto de vista prático, o grande benefício está na racionalização do uso dos equipamentos pelos órgãos de pesquisa que, ao encontrar equações com altos coeficientes de determinação, podem abrir mão da sua presença contínua, aproveitando-os em outros experimentos.

De uma forma geral, a estufa plástica propiciou as condições mínimas de radiação solar, temperatura do ar e do solo e umidade relativa do ar exigidas para o desenvolvimento do meloeiro, considerando a última semana de fevereiro como a data limite para o transplante das mudas. Há uma forte tendência do abrigo plástico não manter esses limites mínimos para cultivos mais tardios, com reflexos diretos nos componentes do rendimento.

A utilização de vermicomposto bovino e cinza de casca de arroz se revelou tão eficiente quanto a adubação mineral nas repostas agronômicas do meloeiro. Além de atingir os padrões de massa e circunferência exigidos pelo mercado consumidor, muitos dos resultados obtidos nos tratamentos orgânicos foram similares ou superiores aos observados em outros experimentos no Brasil e no mundo. Não obstante, uma melhor avaliação por cultivares quanto à

densidade e manejo de plantas poderá potencializar ainda mais os resultados alcançados pela adubação orgânica em ambiente protegido.

Apesar dos resultados agronômicos obtidos com a adubação orgânica terem sido satisfatórios, alguns componentes do rendimento poderiam ter apresentado desempenhos ainda melhores não fosse a ocorrência de míldio na fase final do ciclo de produção. A falta de maiores informações e de alternativas para o controle de doenças expõe uma das urgências da pesquisa agroecológica. Por outro lado, o surgimento e a severidade do ataque de pulgões originalmente nos canteiros fertilizados com adubação mineral também revelam a fragilidade desse sistema de produção e ratificam uma certa coerência em torno da Teoria da Trofobiose. Para essa situação, a utilização da calda de pó de fumo se mostrou absolutamente eficaz.

Finalmente, o cultivo de meloeiro sob adubação orgânica em estufa plástica se apresenta como uma ótima alternativa aos modelos atuais de produção hortícola em ambientes protegidos, atendendo à demanda da sociedade por produtos gerados com tecnologias “limpas” e, ao mesmo tempo, aos preceitos econômicos, técnicos, sociais e ambientais propostos pelo paradigma da agricultura sustentável.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS GERAIS

- ALTIERI, M. *Agroecologia: a dinâmica produtiva da agricultura sustentável*. 2.ed. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS, 2000. 110p. (Síntese Universitária; 54).
- ASSIS, F.N.de; MENDEZ, M.E.G. Relação entre radiação fotossinteticamente ativa e radiação global. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. Brasília, v.24, n.7, 1989. p.797-800.
- CAMPBELL SCIENTIFIC. *Model 257 and 257-L (Watermark 200) soil moisture sensor*. Logan: Campbell Scientific, Inc/Irrrometer Company, 1996. 7p.
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO, RS/SC. *Recomendações de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina*. 3.ed. Passo Fundo: SBCS-Núcleo Regional Sul: Embrapa-CNPT, 1994. 224p.
- DOORENBOS, J.; PRUITT, W.O. *Las necesidades de agua de los cultivos*. Roma: FAO, 1976. 194p. (Estudio FAO: Riego y drenage, 24).
- GLIESSMAN, S.R. *Agroecologia: processos em agricultura sustentável*. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS, 2000. 653p.
- GUERRA, M. de S. *Receituário caseiro: alternativas para o controle de pragas e doenças de plantas cultivadas e de seus produtos*. Brasília: Embrater, 1985. 166p. (Informações Técnicas, 7)
- GUZMÁN CASADO, G.; GONZÁLEZ de MOLINA, M.; SEVILLA GUZMÁN, E. (coord.). *Introducción a la agroecología como desarrollo rural sostenible*. Madrid: Mundi-Prensa, 2000. 535p.
- FARIAS, J.R.B.; BERGAMASCHI, H.; MARTINS, S.R. Evapotranspiração no interior de estufas plásticas. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, v.2, 1994. p.17-22.

- MARTINS, S.R. Desafios da plasticultura brasileira: limites sócio-econômicos e tecnológicos frente as novas e crescentes demandas. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v.14, n.2, 1996. p.133-138.
- MAURELLI, W.A.; SILVA, W.L. de C. e; SILVA, H.R. da. *Manejo da irrigação em hortaliças*. 5.ed. Brasília: Embrapa-SPI, 1996. 72p.
- MORENO, J.A. *Clima do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961. 42p.
- STEINMETZ, S.; MIORI, P.R.B. Melhoria no sistema de vedação de tubos solarímetros construídos com placas de circuito impresso. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 10.,1997, Piracicaba, *Anais...*Piracicaba: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1997. p.207-209.

8. APÊNDICES

APÊNDICE 1

TABELA 1A – Normais climáticas observadas na Estação Agroclimatológica de Pelotas (Embrapa/UFPel/Inmet) no período de 1971 a 2000. Pelotas, RS

Mês	T _m	TM _m	Tm _m	UR _m	Rs	I _t	Etp _t	Pr	NDP	V _m	N _m
Janeiro	23,2	28,2	19,1	77,3	241,4	251,2	153,4	119,1	11,7	23,0	5,7
Fevereiro	23,0	27,9	19,1	79,9	212,9	204,7	121,3	153,3	11,5	25,2	5,9
Março	21,7	26,9	17,7	80,5	182,8	213,0	111,1	97,4	10,3	25,0	5,6
Abril	18,5	24,0	14,4	82,3	144,0	189,5	75,0	100,3	8,9	25,5	5,3
Maio	15,1	20,8	11,1	83,6	109,4	177,7	51,0	100,7	9,2	23,5	5,5
Junho	12,4	17,8	8,6	84,0	89,2	146,2	36,0	105,7	10,5	26,0	6,0
Julho	12,3	17,5	8,6	84,9	92,1	149,9	40,1	146,0	11,4	23,0	6,3
Agosto	13,4	18,6	9,5	83,2	115,7	160,8	54,0	117,4	9,7	28,0	6,3
Setembro	14,9	19,6	11,2	81,8	145,0	161,5	72,4	123,7	10,8	30,0	6,4
Outubro	17,5	22,2	13,6	79,5	187,0	199,4	103,7	100,7	10,6	27,2	6,1
Novembro	19,6	24,6	15,3	76,0	231,7	234,5	130,5	99,5	10,0	26,2	5,8
Dezembro	22,0	27,1	17,7	75,5	254,0	265,5	153,7	103,2	9,5	27,2	5,4
Anual	17,8	22,9	13,8	80,7	166,8	196,6	1103,0	1366,9	124,1	30,0	5,8

Fonte: Estação Agroclimatológica de Pelotas (Embrapa/UFPel/Inmet)

Legenda: T_m: temperatura média do ar (°C); TM_m: média das temperaturas máximas do ar (°C); Tm_m: média das temperaturas mínimas do ar (°C); UR_m: umidade relativa média do ar (%); RS_m: radiação solar média (W.m⁻²); I_t: insolação total (horas e décimos); Etp_t: evapotranspiração potencial total (mm); Pr: precipitação pluviométrica total (mm); NDP: média do número de dias de precipitação; V_m: velocidade média do vento à 7 m de altura (m.s⁻¹); N_m: nebulosidade média (índice 0-10).

APÊNDICE 2

TABELA 2A – Médias mensais das principais observações meteorológicas realizadas na Estação Agroclimatológica de Pelotas (Embrapa/UFPel/Inmet), durante a realização do experimento; jan/00 a abr/00. Pelotas, RS

Mês	T _m	TM _m	Tm _m	UR _m	RS _m	I _m	Etp _t	Pr	V _m
Janeiro	23,7	29,0	19,4	76,6	259,9	8,8	158,8	42,8	4,6
Fevereiro	22,7	27,8	18,6	78,2	209,3	6,3	120,4	67,1	4,0
Março	20,7	25,6	17,0	83,5	172,8	6,4	98,3	129,0	3,5
Abril	19,6	25,1	16,0	87,0	133,5	5,3	65,3	54,5	2,7

Fonte: Estação Agroclimatológica de Pelotas (Embrapa/UFPel/Inmet)

Legenda: T_m: temperatura média do ar (°C); TM_m: média das temperaturas máximas do ar (°C); Tm_m: média das temperaturas mínimas do ar (°C); UR_m: umidade relativa média do ar (%); RS_m: radiação solar média (W.m⁻²); I_m: insolação média (horas e décimos); Etp_t: evapotranspiração potencial total (mm); Pr: precipitação pluviométrica total (mm); V_m: velocidade média do vento à 7 m de altura (m.s⁻¹).

APÊNDICE 3

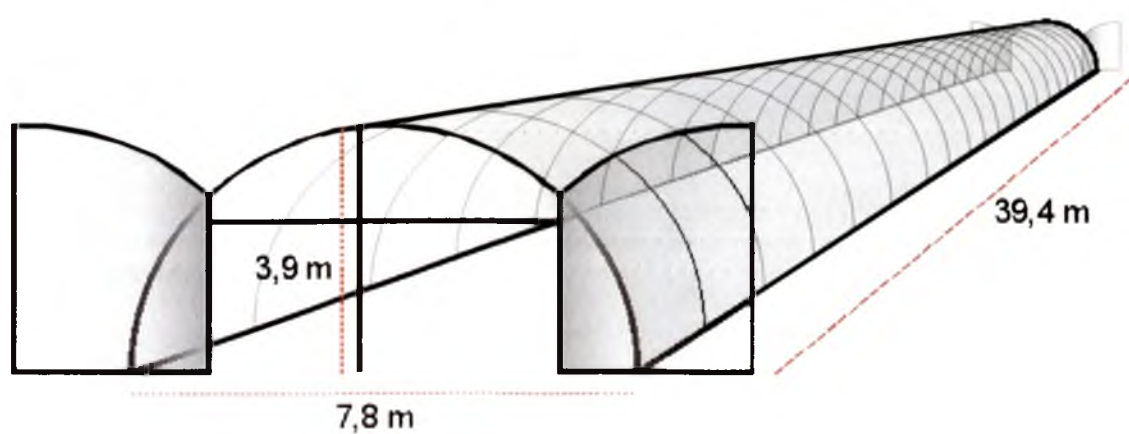


FIGURA 3A – Formato e dimensões da estufa tipo Túnel Alto usada na produção do meloeiro; jan/00 a abr/00. Pelotas, RS.

APÊNDICE 4



FIGURA 4A – Desenvolvimento das mudas de meloeiro em sistema float; aspecto das mudas em 4 de fevereiro de 2000, 9 dias após a semeadura; jan/00 a abr/00. Pelotas, RS.



FIGURA 4B – Desenvolvimento das mudas de meloeiro em sistema float; aspecto das mudas em 16 de fevereiro de 2000, 21 dias após a semeadura; jan/00 a abr/00. Pelotas, RS.

APÊNDICE 5

TABELA 5A – Análise do solo dos 24 canteiros e respectiva interpretação

Canteiro	Argila -(%)	pH	M.O. --(%)--	P	K ----- (mg L ⁻¹)	Na	Al	Ca ----- (cmol _c L ⁻¹)	Mg
1	15	6,4 (A)	2,12 (B)	211,5 (A)	34 (MB)	66	0,0	5,5 (A)	1,6 (A)
2	14	5,8 (M)	2,25 (B)	233,5 (A)	27 (MB)	41	0,0	5,2 (A)	1,5 (A)
3	14	5,6 (M)	1,82 (B)	206,0 (A)	23 (MB)	26	0,0	4,9 (A)	1,3 (A)
4	14	5,8 (M)	1,88 (B)	222,0 (A)	39 (MB)	40	0,0	5,5 (A)	1,7 (A)
5	14	5,5 (B)	1,50 (B)	171,0 (A)	60 (B)	23	0,0	4,1 (A)	0,9 (M)
6	14	5,8 (M)	2,00 (B)	196,5 (A)	31 (MB)	36	0,0	5,0 (A)	1,2 (A)
7	14	5,9 (M)	2,00 (B)	187,5 (A)	27 (MB)	42	0,0	4,9 (A)	1,2 (A)
8	14	5,8 (M)	2,52 (B)	228,0 (A)	27 (MB)	35	0,0	5,0 (A)	1,3 (A)
9	14	6,0 (M)	2,00 (B)	171,0 (A)	30 (MB)	29	0,0	4,4 (A)	1,1 (A)
10	15	5,6 (M)	2,18 (B)	183,5 (A)	34 (MB)	54	0,0	4,1 (A)	1,0 (M)
11	14	6,0 (M)	1,71 (B)	175,0 (A)	35 (MB)	35	0,0	4,6 (A)	1,3 (A)
12	14	6,5 (A)	1,82 (B)	179,5 (A)	28 (MB)	30	0,0	5,4 (A)	1,5 (A)
13	15	5,4 (B)	1,45 (B)	154,5 (A)	75 (M)	23	0,0	3,8 (M)	1,0 (M)
14	16	5,5 (B)	1,40 (B)	129,0 (A)	17 (L)	30	0,0	3,5 (M)	0,8 (M)
15	14	6,0 (M)	2,25 (B)	187,5 (A)	21 (MB)	53	0,0	5,2 (A)	1,3 (A)
16	14	5,8 (M)	1,61 (B)	171,0 (A)	21 (MB)	42	0,0	4,5 (A)	1,2 (A)
17	15	6,0 (M)	1,82 (B)	179,5 (A)	23 (MB)	24	0,0	4,8 (A)	1,3 (A)
18	14	6,0 (M)	1,88 (B)	216,5 (A)	30 (MB)	39	0,0	5,1 (A)	1,2 (A)
19	14	6,0 (M)	2,18 (B)	222,0 (A)	27 (MB)	42	0,0	5,6 (A)	1,2 (A)
20	15	5,8 (M)	2,32 (B)	228,0 (A)	30 (MB)	26	0,0	5,3 (A)	1,2 (A)
21	15	6,2 (A)	2,52 (B)	250,0 (A)	30 (MB)	38	0,0	6,7 (A)	1,7 (A)
22	15	5,7 (M)	1,77 (B)	187,5 (A)	19 (L)	22	0,0	4,5 (A)	1,0 (M)
23	16	5,1 (B)	1,66 (B)	211,5 (A)	183 (A)	30	0,1	5,5 (A)	1,3 (A)
24	15	6,1 (A)	1,71 (B)	192,0 (A)	23 (MB)	25	0,0	5,2 (A)	1,2 (A)

Obs: as letras entre parênteses representam a interpretação do respectivo valor à esquerda, conforme a seguinte legenda: (A) – alto; (M) – médio; (MB) – muito baixo; (L) – limitante.

Fonte para interpretação da análise do solo: Comissão de Fertilidade do Solo, RS/SC, 1994.

TABELA 5B – Análise do vermicomposto utilizado como adubo orgânico

pH	Umidade	C	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	C/N	Ca/Mg
7,54	56,62	11,9	1,78	2,29	0,51	11,64	2,88	6,68	4,81

APÊNDICE 5 (continuação)

TABELA 5C – Análise da cinza de casca de arroz utilizada como fonte de potássio

pH	Umidade	C	C/N	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
	(%)							(g/kg)
8,7	66,88	34,4	2,02	1,70	1,37	4,2	2,24	3,51

TABELA 5D – Recomendação de adubação para os tratamentos

Tratamento	Descrição	Canteiros n°	kg/ha		
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O
T1	T	3, 14, 22	-	-	-
T2	M	5, 13, 23	100	80	230
T3	½ V + ½ C	7, 9, 17	50	-	115
T4	½ V + 1 C	6, 10, 18	50	-	230
T5	1 V + ½ C	4, 12, 24	100	-	115
T6	1 V + 1 C	1, 15, 20	100	-	230
T7	1 V	2, 16, 21	100	-	-
T8	1 C	8, 11, 19	-	-	230

Fonte da recomendação: Comissão de Fertilidade do Solo, RS/SC, 1994.

TABELA 5E – Quantidade de nutrientes e fertilizantes adicionados aos tratamentos

Tratamentos	Elementos				Adubos			
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Uréia	Super Fosfato triplo	Cloreto de potássio	Vermi-composto	Cinza de casca de arroz (peso seco)
	(kg/ha)				(g/parcela)		(kg/parcela)	
T1	-	-	-	-	-	-	-	-
T2	100	80,0	230,0	133	117	238	-	-
T3	50	94,0	115,0	-	-	-	3,37	12,30
T4	50	116,5	230,0	-	-	-	3,37	28,80
T5	100	165,5	115,0	-	-	-	6,74	8,10
T6	100	188,0	230,0	-	-	-	6,74	24,60
T7	100	154,4	58,4	-	-	-	6,74	-
T8	-	45,0	230,0	-	-	-	-	33,00
Total por repetição (kg)				133	117	238	26,96	106,80
Total no experimento (kg)				133	117	238	80,90	320,40

APÊNDICE 6

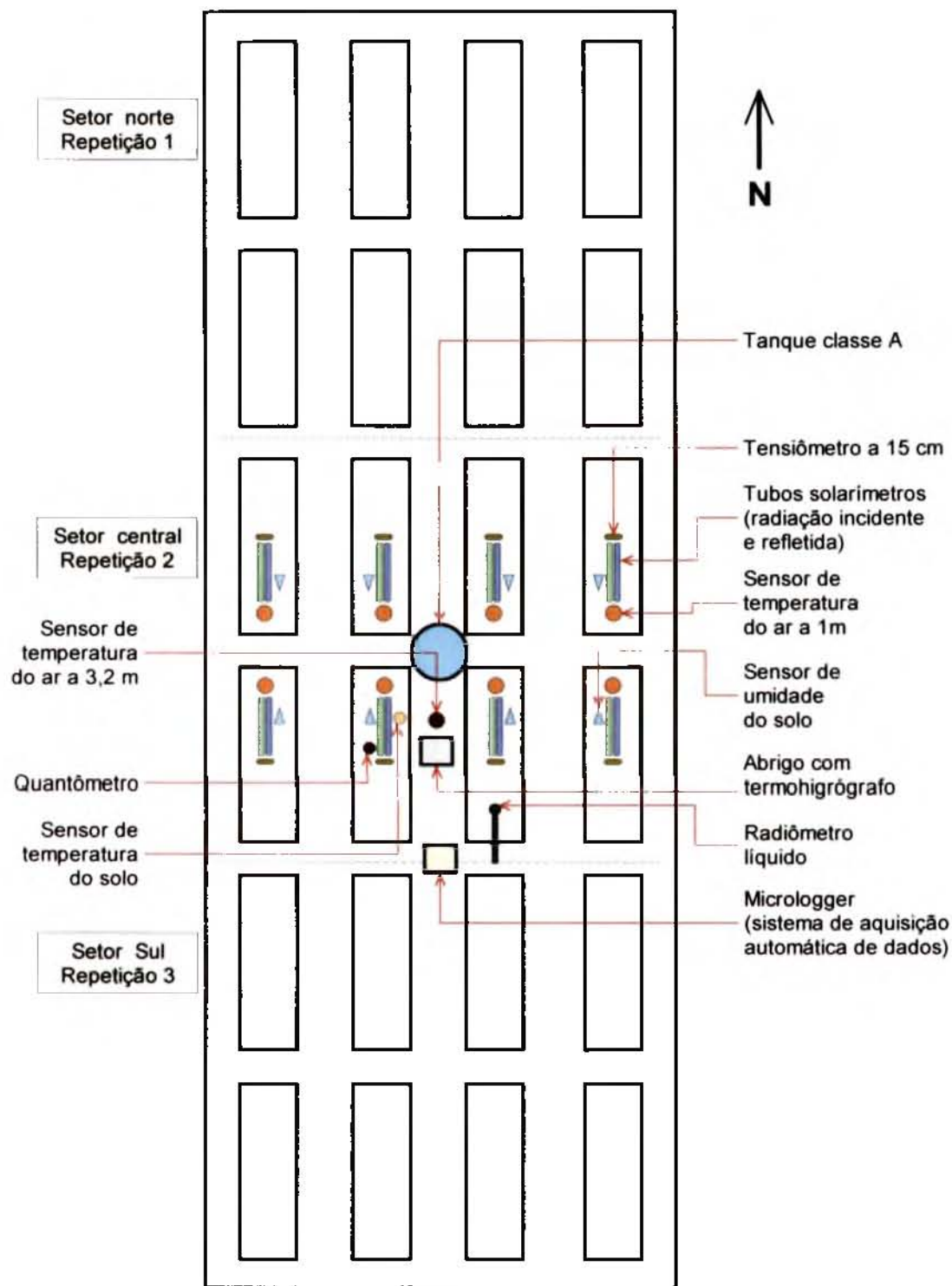


FIGURA 6A – Croqui da distribuição dos blocos e localização especial dos equipamentos de monitoramento ambiental no interior da estufa plástica.

APÊNDICE 7

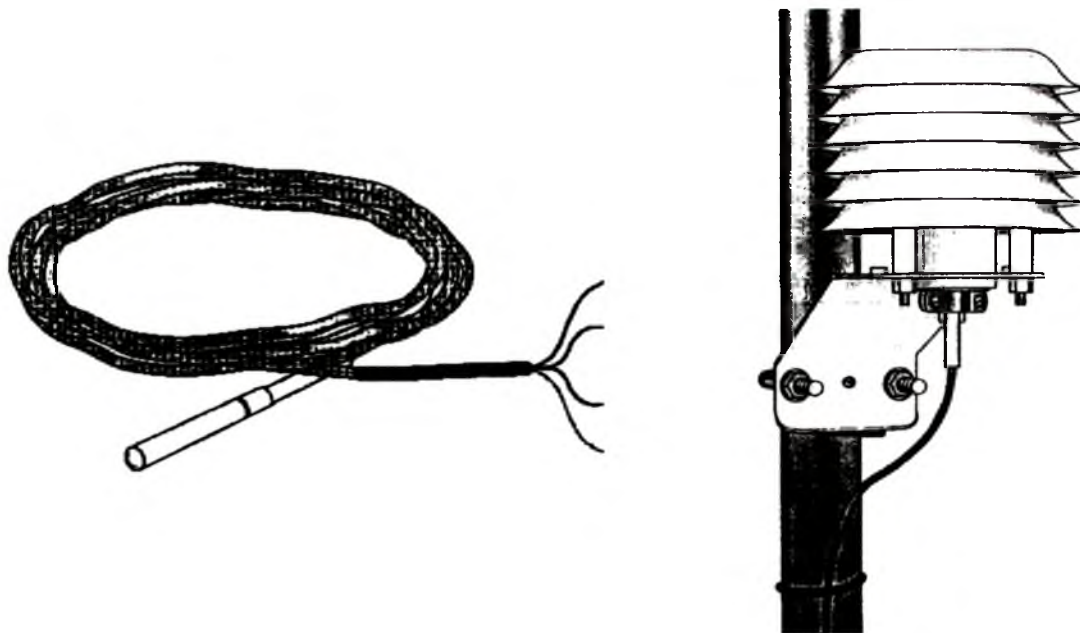


FIGURA 7A – Sensor de temperatura modelo 107 e conjunto instalado de sensor e miniabrigo plástico.



FIGURA 6B – Sensor de umidade do solo modelo Watermark 200, modelo 257.

APÊNDICE 7 (continuação)

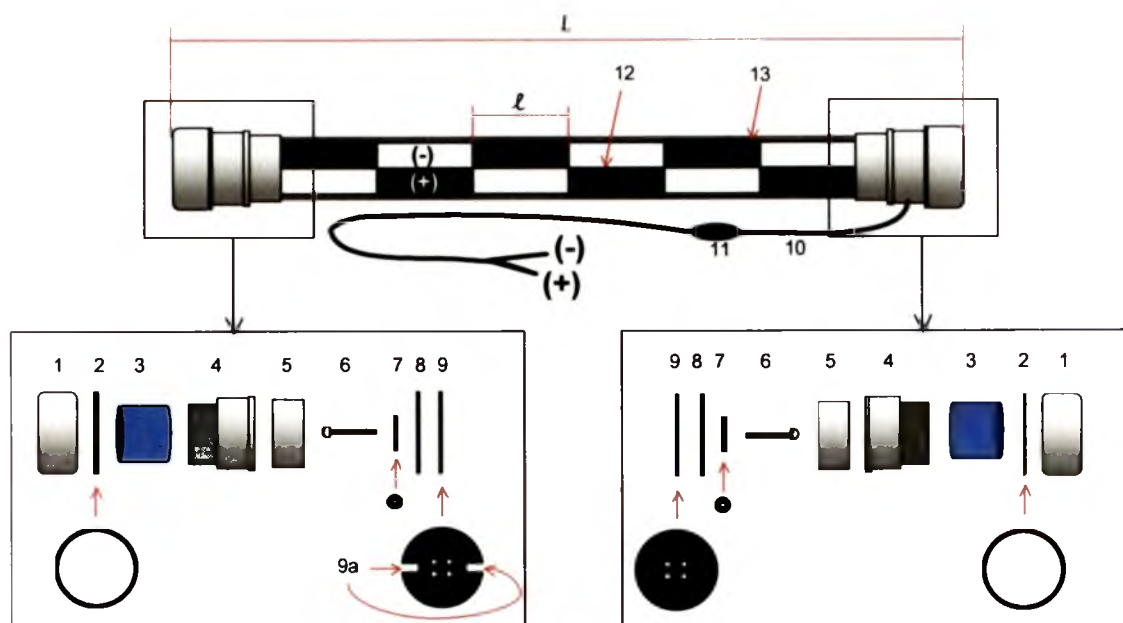


FIGURA 7C – Esquema da estrutura e montagem dos tubos solarímetros construídos artesanalmente.

Legenda:

- 1) Tampa rosqueável de PVC (32 mm)
- 2) Anel de borracha para vedação (32 mm)
- 3) Recipiente de sílica-gel
- 4) Adaptador soldável de PVC (32 mm)
- 5) Cano soldável de PVC (32 mm)
- 6) Parafuso de tensão do elemento sensor (2,5 x 4,8 mm)
- 7) Arruela de latão (15 mm)
- 8) Placa de tensão da tampa interna (30 x 10 mm)
- 9) Tampa interna revestida por tela (30 mm x 4 mm espessura)
- 9a) Encaixe do elemento sensor
- 10) Cabo coaxial e terminais de conexão com o micrologger
- 11) Resistor de calibração
- 12) Elemento sensor (termopilha de cobre-constantan, pintada de preto e branco)
- 13) Tubo de vidro borosilicato (diâmetro interno: 26 mm; diâmetro externo: 30 mm)

$L = 108,0 \text{ cm}$

$\ell = 14,3 \text{ cm}$

APÊNDICE 8

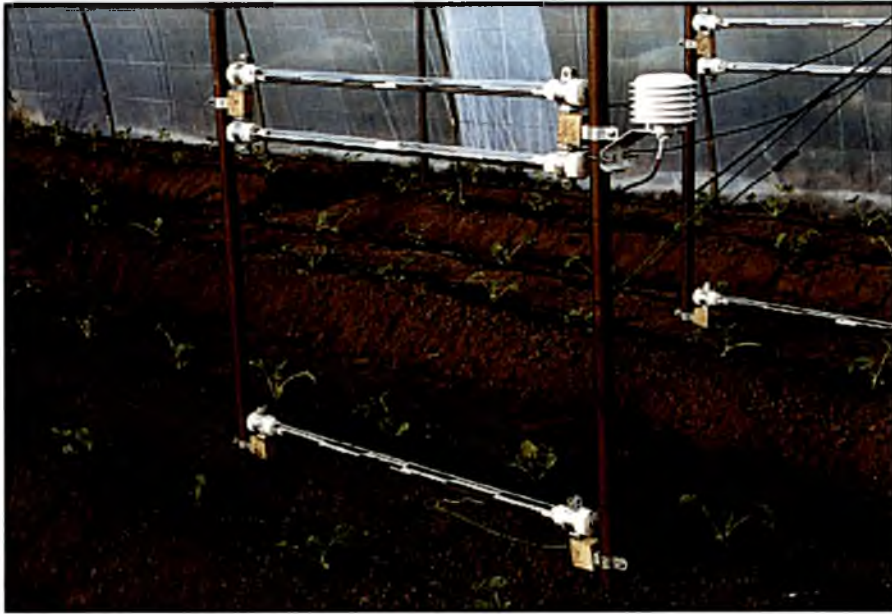


FIGURA 8A – Aspecto do conjunto de tubos solarímetros em cada canteiro central e detalhe do sistema de prensão e movimentação dos tubos solarímetros (batoques com braçadeiras). jan/00 a abr/00. Pelotas, RS.



FIGURA 8B – Aspecto do conjunto de tubos solarímetros à 2 m de altura. jan/00 a abr/00. Pelotas, RS.

APÊNDICE 9



FIGURA 9A – Aspecto da conexão entre o micrologger e o computador durante a extração dos dados armazenados.



FIGURA 9B – Aspecto da conexão dos sensores no micrologger e no multiplexador.