**EFEITO DA TEMPERATURA DO AR DAS CANALETAS E DA ESTUFA
SOBRE O CRESCIMENTO DA ALFACE (*Lactuca sativa* L.) EM
SISTEMA HIDROPÔNICO EM FUNÇÃO DO MATERIAL DE
COBERTURA DA BANCADA**

KAREN MARIA DA COSTA MATTOS
Engenheira Agrônoma

Orientador: Prof. Dr. LUIZ ROBERTO ANGELOCCI

Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Mestre em Agronomia, Área de Concentração: Agrometeorologia.

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Janeiro / 2000

ERRATA

Página 26: Onde se lê: A solução nutritiva ... constituiu de:, **leia-se:** A solução nutritiva (400L de solução) utilizada, de acordo com informação pessoal de P.R.FURLANI (1998), constituiu de:

Página 28: No primeiro parágrafo, **onde se lê:** Esquema fatorial 3 X 5 (3 tipos de cobertura e 5 posições de termopar), **leia-se:** esquema fatorial 3 X 2 (3 tipos de cobertura e 2 termopares, 1 em cada cor de tubo).

Na quinta linha: $j = 1,2$.

Página 30: onde-se lê: Piranômetro de Eppley **leia-se:** Piranômetro fotodiodo de silício.

Página 49: Substituir a Tabela 10 por:

Tabela 10 – Quadro de análise de variância com teste F para a variável cultivar entre os diferentes tratamentos

C.V.	GL	SQ	QM	F	PROB
Cor do tubo	1	261,33	261,33	6,58	0,08
Bloco	3	3251,17	1083,72	27,28	0,01
Resíduo (A)	3	119,17	39,72		
Parcelas	7	3631,67			
Coberturas	2	1820,38	910,19	6,05	0,01
Coberturas X Cor do tubo	2	30,29	15,15	0,10	0,90
Resíduo (B)	12	1802,67	150,22		
Subparcelas	23	7285,00			
Cultivar	1	80,08	80,08	0,50	0,51
Coberturas X Cultivar	2	80,54	40,27	0,25	0,78
Cor do tubo X Cultivar	1	352,08	352,08	2,21	0,15
Resíduo (C)	20	3180,29	159,01		
Sub-Subparcelas	47	10978,00			

Média geral = 227,00

Coeficiente de variação (A) = 2,78 %

Coeficiente de variação (B) = 5,40 %

Coeficiente de variação (C) = 5,56 %

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - Campus "Luiz de Queiroz"/USP

Mattos, Karen Maria da Costa

Efeito da temperatura do ar das canaletas e da estufa sobre o crescimento da alface (*Lactuca sativa* L.) em sistema hidropônico em função do material de cobertura da bancada / Karen Maria da Costa Mattos. - Piracicaba, 2000.

67 p. : il.

Dissertação (mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2000.
Bibliografia.

1. Alface 2. Cobertura plástica 3. Cultivo em estufa 4. Efeito da temperatura 5. Hidroponia 6. Nutriente 7. Sistema radicular 8. Substrato I. Título

CDD 635.52

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"

*Ao Marcius, as minhas avós, irmãos e sobrinhas,
ofereço este trabalho.*

*Aos meus pais,
pelo amor, carinho,
paciência e orientação,
dedico este trabalho.*

AGRADECIMENTOS

À minha família, minha grande incentivadora, pelo carinho e compreensão em todas as fases de execução deste trabalho;

Ao Marcius, pela paciência e carinho, dedicados em várias fases da minha vida;

Ao Prof. Dr. Luiz Roberto Angelocci, pela orientação e pela confiança depositada em meu trabalho;

Ao pesquisador do Instituto Agrônomo de Campinas, Pedro Roberto Furlani, pelas valiosas contribuições e idéias e pela concessão de suas instalações que permitiram os trabalhos de campo;

Aos professores do Departamento de Ciências Exatas – Sessão de Física e Meteorologia da ESALQ/USP pelos ensinamentos proferidos e pela amizade;

Aos meus colegas do curso de Mestrado, em especial a Sylvia, Késia, Jeane, Rafael, Evandro e Glauco pela presença amiga tanto nos momentos difíceis como nos de felicidade;

À Prof. Maria Cristina Stolf Nogueira (ESALQ/USP) pela colaboração na realização deste trabalho;

À GHF, pelo fornecimento das placas “multiplexadoras”, sem as quais a execução deste trabalho não seria possível;

Ao CNPq, pela viabilização deste trabalho através da concessão de recursos;

Aos funcionários do Departamento de Ciências Exatas – Sessão de Física e Meteorologia da ESALQ/USP, pela cooperação;

A todos aqueles que direta ou indiretamente, contribuíram para o sucesso deste trabalho.

Não há limites para o homem que possui capacidade de sonhar
e a determinação de transformar em realidade o seu sonho.

Charles Chaplin

SUMÁRIO

ÍNDICE DE FIGURAS	vii
ÍNDICE DE TABELAS	ix
RESUMO.....	xi
SUMMARY	xiii
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
2.1. A alface (<i>Lactuca sativa</i> , L.).....	4
2.2. Sistema Hidropônico	5
2.3. Casa de Vegetação.....	14
2.4. Aspectos micrometeorológicos em casa de vegetação.....	17
3. MATERIAL E MÉTODOS	22
3.1. Local, clima e período de experimentação	22
3.2. Casa de vegetação.....	22
3.3. Cultura	23
3.4. Sistema de cultivo.....	24
3.5. Delineamento experimental.....	27
3.6. Determinação da temperatura do ar nas canaletas e das condições microclimáticas na casa de vegetação	29
3.7. Avaliação do crescimento das plantas.	30
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	32

4.1. Temperatura do ar no interior das canaletas de cultivo e relação com a temperatura do ar no interior da casa de vegetação.....	32
4.2.Efeito sobre o crescimento da alface.	42
4.2.1. Número de folhas e massa fresca	42
4.2.2. Massa seca e área foliar da alface para o período de 23/02 a 10/03/1999.	46
4.2.3: Comparação da cv. Vera e a cv. Regina no período de 13/03 a 27/03/1999.	49
4.3. Análise global incluindo as condições microclimáticas da estufa.	51
5. CONCLUSÕES.....	55
6. BIBLIOGRAFIA	57
APÊNDICE	64

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-	A) Folhas embrionárias nas espumas próprias para germinação. B) Mudanças na bancada de pré-crescimento.....	24
Figura 2 –	Distribuição na bancada de produção dos tubos de PVC próprios para hidroponia de coloração branca e cinza.	25
Figura 3 –	Distribuição na bancada de produção dos materiais de cobertura, sendo: L, lona dupla face; P, Tetra-Pak® e T, tubo de PVC sem cobertura.....	25
Figura 4 -	Plantas nos diferentes tipos de tratamentos. A) canaletas de PVC descobertas. B) material Tetra-Pak®. C) Lona plástica dupla face.	27
Figura 5 –	A) Data-logger modelo 21X (Campbel Scientific, INC), de oito canais. B) Placas multiplexadoras AM 416, de 32 canais.....	29
Figura 6 -	Localização dos termopares nas canaletas de produção no sistema hidropônico.....	30
Figura 7 –	Distribuição das cultivares Vera (o) e Regina (•) na bancada de produção nas diferentes coberturas de bancada.....	31
Figura 8 –	Temperatura média horária do ar no interior da estufa e do ar no interior das canaletas de cultivo no sistema hidropônico, para os	

<i>diferentes tipos de materiais de cobertura de bancada, em cada ciclo de cultivo.</i>	<i>33</i>
Figura 9 – <i>Temperatura máxima do ar no interior das canaletas de cultivo em cada tratamennto e na estufa durante os ciclos da cultura.....</i>	<i>35</i>
Figura 10 – <i>Temperatura mínima do ar no interior das canaletas de cultivo e na estufa durante os ciclos da cultura.....</i>	<i>36</i>
Figura 11 – <i>Correlação entre a temperatura média do ar interior das canaletas de cultivo, nos diferentes tratamentos e na estufa.....</i>	<i>37</i>
Figura 12 – <i>Temperatura média horária do ar no interior das canaletas de cultivo no sistema hidropônico, para os diferentes tipos de materiais de cobertura de bancada, nos dias 29/01/99 (mais quente) e 10/02/99 (mais frio).</i>	<i>41</i>
Figura 13 – <i>Variação da temperatura média do ar da estufa durante os três ciclos da cultura ao longo do dia.</i>	<i>53</i>

ÍNDICE DE TABELAS

<i>Tabela 1 – Comparação dos valores médios de temperatura em cada canaleta, considerando todos os tratamentos e repetições nas canaletas.</i>	<i>65</i>
<i>Tabela 2 – Análise de variância para a temperatura média no interior das canaletas de cultivo para os diferentes tratamentos.</i>	<i>65</i>
<i>Tabela 3 – Massa fresca média por planta de alface produzida em hidroponia (NFT) sobre diferentes materiais de cobertura de bancada, no primeiro e segundo ciclos da cultura.</i>	<i>65</i>
<i>Tabela 4 – Quadro de análise de variância com teste F para a variável massa fresca entre os diferentes tratamentos.</i>	<i>65</i>
<i>Tabela 5 – Valores médios de massa fresca de alface nos tubos de PVC com diferentes colorações, nos dois ciclos da cultura.</i>	<i>65</i>
<i>Tabela 6 - Valores médios de massa fresca de alface obtidos nas combinações das diferentes colorações do tubo de PVC com as coberturas de bancada.</i>	<i>65</i>
<i>Tabela 7 – Quadro de análise de variância com teste F para a variável massa seca entre os diferentes tratamentos.</i>	<i>65</i>
<i>Tabela 8 - Valores médios de massa seca por planta da parte aérea, da raiz e total e relação entre a massa seca da parte aérea e da raiz nas</i>	

<i>diferentes coberturas de bancada, durante o período de 23/02 a 10/03/1999.</i>	<i>47</i>
<i>Tabela 9 – Área foliar por pé de alface para os diferentes tratamentos de cobertura de bancada, no período de 23/02 a 10/03/1999.</i>	<i>48</i>
<i>Tabela 10 – Quadro de análise de variância com teste F para a variável cultivar entre os diferentes tratamentos.</i>	<i>49</i>
<i>Tabela 11 - Valores médios de massa fresca entre as diferentes colorações do tubo de PVC, as coberturas de bancada e as cultivares.</i>	<i>50</i>
<i>Tabela 12 - Valores médios de massa fresca entre as diferentes colorações do tubo de PVC e as coberturas de bancada.</i>	<i>51</i>

**EFEITO DA TEMPERATURA DO AR DAS CANALETAS E DA
ESTUFA SOBRE O CRESCIMENTO DA ALFACE (*Lactuca sativa* L.)
EM SISTEMA HIDROPÔNICO EM FUNÇÃO DO MATERIAL DE
COBERTURA DA BANCADA**

Autora: **KAREN MARIA DA COSTA MATTOS**
Orientador: Prof. Dr. **LUIZ ROBERTO ANGELOCCI**

RESUMO

O presente trabalho teve por objetivo estudar e comparar o efeito dos diferentes tipos de materiais de cobertura de bancada na temperatura do ar da canaleta de circulação da solução, em sistema hidropônico fechado para o crescimento da alface (*Lactuca sativa* L.). Foram utilizados três tipos de cobertura (lona dupla face, material Tetra-Pak® e tubo de PVC sem cobertura). No primeiro e segundo ciclos de estudo (29/01 a 16/02/1999 e 23/02 a 10/03/1999) foi utilizada a cultivar Verônica e em um terceiro ciclo (13/03 a 27/03/1999) as cultivares Vera e Regina. O experimento foi conduzido em casa de vegetação em Campinas, SP, utilizando uma bancada de 24,0m de comprimento, dividida em quatro blocos simétricos, com os tratamentos distribuídos ao acaso. Foram instalados 60 termopares para a análise da

temperatura do ar no interior das canaletas, sendo os sinais coletados e armazenados em sistema de aquisição de dados (data-logger). Verificou-se que a massa fresca produzida pela cultivar Verônica com a cobertura de bancada Tetra-Pak® foi em média maior, que nos demais tratamentos, sendo estatisticamente significativas ao nível de 5%. A temperatura do ar no interior das canaletas de cultivo foi sempre superior a da temperatura do ar da estufa. No primeiro e terceiro ciclos de estudo, a cobertura Tetra-Pak® condicionou menor temperatura média do ar das canaletas, sendo que no segundo ciclo não ocorreu diferença significativa entre os tratamentos. No segundo ciclo, não foram observadas diferenças significativas entre as variáveis de crescimento (massa seca, área foliar e número de folhas) para os diferentes tratamentos, embora a massa fresca tenha sido significativamente maior no tratamento com Tetra-Pak®. No período de 13/03 a 27/03/1999, não foi verificada diferença de massa fresca entre as cultivares Vera e Regina nos diferentes tratamentos. Não foram observadas, também, efeitos significativos dos tratamentos na produção de massa fresca, embora o Tetra-Pak® tenha condicionado temperatura do ar das canaletas inferior. A temperatura do ar nas canaletas e na estufa durante todos os períodos de observação, foi muito superior aos valores recomendados como ideais para o desenvolvimento da alface (15 a 20°C). Este fato pode ter influenciado na resposta de crescimento, dificultando isolar o efeito do tipo de cobertura de bancada. Tanto a temperatura do ar das canaletas como a da estufa devem ser consideradas no estudo do efeito das condições ambientais sobre o crescimento da alface em sistema hidropônico.

**EFFECT OF AIR TEMPERATURE INSIDE THE CULTIVATION
CANAL AND WITHIN THE GREENHOUSE ON THE GROWTH OF
LECTUCE (*Lactuca sativa* L.) GROWN IN A HYDROPONIC SYSTEM
COVERED WITH DIFFERENT MATERIAL**

Authoress: **KAREN MARIA DA COSTA MATTOS**
Adviser: Prof. Dr. **LUIZ ROBERTO ANGELOCCI**

SUMMARY

This work was performed to study the effect of different types of covering material on the air temperature inside the cultivation canal where the nutrient solution circulates in a closed hydroponic system, growing lettuce (*Lactuca sativa* L.). Three types of covering material were used: cart tilt double face, Tetra-Pak, and uncovered PVC tubes. During the first and second cycles of study (29/01 a 16/02/1999 e 23/02 a 10/03/1999) the cv Veronica was used, but at a latter cycle (13/03 a 27/03/1999) the cv Vera and Regina were used instead. The experiment was carried out in Campinas – SP, Brazil, inside a greenhouse, using a workbench of 24,0 m long, divided in four symmetric blocks with statistical treatments distributed at random. Sixty thermocouples were installed to measure

the air temperature inside the cultivation canal being the signals collected by a datalogger. The fresh weight of the cv Veronica at the Tetra-Pak® treatment was greater than the other conditions, being statistically different at the 5% level of significance. Air temperature inside the cultivation canal was always higher than the air temperature inside the greenhouse. During the first and third cycles, the Tetra-Pak® led to lower mean air temperature inside the cultivation canal, but during the second cycle there was no significant difference between treatments. In the second cycle there were no differences in the growth of the plants (dry weight, leaf area, and number of leaves) for the treatments even though the fresh weight was significantly higher in the Tetra-Pak® treatment. During the period of 13/03 a 27/03/1999 there were no differences in the fresh weight of the cv Vera and Regina for the treatments. No significative effect of the treatments on the fresh weight was observed. However the Tetra-Pak® have conditioned a lower air temperature in the cultivation canal. Air temperature in the greenhouse and inside the cultivation canal was much higher than the recommend value for development of lettuce (15 - 20°C). This fact might possibly have an effect on the growth of the plants making difficult the isolation of covering material effect. It should be pointed out that both temperatures should be taken into account when designing an hydroponic experiment.

1. INTRODUÇÃO

O cultivo de hortaliças pelo sistema hidropônico vem crescendo muito no Brasil nos últimos anos, pois nele o manejo da produção e a utilização de defensivos agrícolas são menores e mais controlados, além de possibilitar ao agricultor produzir em períodos de entressafra, permitindo maior regularização da oferta e melhor qualidade dos produtos (CASTELLANE & ARAÚJO, 1994). Com a utilização correta de estufas pode-se alterar o microclima de um determinado ambiente trazendo inúmeros benefícios, tais como obtenção de colheitas fora de época, precocidade das colheitas, melhor controle de pragas e doenças, economia de insumos agrícolas, economia de água, preservação da estrutura do solo, plantio de variedades selecionadas e considerável aumento da produção, entre outros.

Para que ocorra um perfeito crescimento das plantas são necessárias cinco exigências essenciais, sendo que destas, três são supridas nas culturas hidropônicas da mesma maneira que nas culturas convencionas. Água, luz e ar são dadas pela natureza e ou estão disponíveis como parte do ambiente, ou podem ser conseguidas através do homem. Mas as outras duas, sais minerais e suporte para as raízes, devem ser providenciadas.

No cultivo convencional, o produtor não tem uma idéia exata da quantidade de nutrientes presentes na terra em um determinado momento, enquanto que nas culturas hidropônicas ocorre o inverso, pois a aplicação dos nutrientes é feita de um modo equilibrado e controlado.

Na hidroponia, por se tratar de uma forma de cultivo sem solo, há necessidade de sustentação e fixação das plantas sobre as bancadas de produção. Os materiais que dão sustentação às plantas são chamados de substratos inertes e têm por finalidade, além da fixação das plantas, evitar a incidência direta da luz solar sobre a solução e o sistema radicular, diminuir a evaporação da água e impedir a entrada e acúmulo de poeira sobre os canais de cultivo (SCHMIDT, 1998).

Dentre os diversos tipos de materiais de cobertura de bancada, destacam-se: 1) as placas de isopor, que são normalmente utilizadas para proteger a solução nutritiva, apresentando as vantagens da facilidade no plantio e de ser um excelente isolante térmico, mas é alto o seu custo de aquisição e baixa a sua durabilidade; 2) a pedra britada, que é utilizada como meio de sustentação da planta, com vantagem de baixo custo, mas podendo provocar a formação de algas e o aquecimento da solução; 3) o filme plástico dupla face, com uma face cinza (reflete luz solar) e outra preta (evita a passagem de luz e a proliferação de algas), apresentando como vantagem o baixo custo e a facilidade na colheita e na limpeza, mas podendo provocar um aquecimento na face externa nos períodos mais quentes; 4) o Tetra Pak®, que é um material feito de papelão recoberto por uma película plástica de coloração prateada, apresentando como vantagem a facilidade no plantio e colheita, além de ser um isolante térmico, mas tendo alto custo de aquisição.

Um aspecto importante a se considerar é o balanço de energia radiante na bancada, que pode ser diferente em função do material de cobertura, condicionando a temperatura do ar da canaleta de circulação da solução, que é o

ambiente de desenvolvimento do sistema radicular. Diferença no regime térmico no ambiente das raízes pode afetar a absorção da água e dos nutrientes, o crescimento e a produção das plantas. Esse aspecto não tem sido objeto de estudos em hidroponia.

Devido a este fato, o presente trabalho tem por objetivo estudar e comparar o efeito dos diferentes tipos de materiais de cobertura de bancada na temperatura do ar da canaleta de circulação da solução, visando caracterizar o melhor tipo de cobertura para o crescimento da alface (*Lactuca sativa L.*).

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. A alface (*Lactuca sativa* L.)

A alface (*Lactuca sativa* L.), pertencente à família Cichoriaceae, é originária da região do Mediterrâneo e percorreu vários locais até chegar ao Brasil, trazida pelos portugueses.

É uma planta herbácea, muito delicada, com caule diminuto, não ramificado, ao qual se prendem as folhas que apresentam coloração variando desde verde-amarelada até verde-escura. As raízes são do tipo pivotante, podendo atingir até 60 cm de profundidade, apresentando ramificações delicadas, finas e curtas, explorando apenas os 25 cm superficiais do solo. Como planta anual, a fase vegetativa do seu ciclo se completa quando atinge o máximo desenvolvimento das folhas e a fase reprodutiva (florescimento) exige temperaturas elevadas e fotoperíodo longo.

Como planta de inverno, capaz inclusive, de resistir à baixas temperaturas e a geadas leves, adapta-se a temperaturas do ar amenas (15 - 20°C) para o seu desenvolvimento vegetativo, principalmente na formação da cabeça. Existem, no entanto, cultivares que produzem bem no verão. Com uso de melhoramento genético, foram obtidas cultivares mais tolerantes ao calor e, atualmente, é

possível seu cultivo no período de temperaturas mais elevadas e fotoperíodo mais longo, sem estimular ou retardar o pendoamento, e sem alterar o sabor original, impedindo o acúmulo de lactato, responsável pelo gosto amargo.

A alface é uma planta que não necessita de temperaturas altas, porém exige grandes amplitudes térmicas, de dia um certo calor e à noite um frio razoável (Sganzerla, 1995).

A alface é a hortaliça mais consumida no mundo, sendo excelente fonte de vitamina A, B₁, B₂ e C. Por ela não apresentar grande resistência a variações de temperatura, excesso de frio ou calor, foi necessário criar uma técnica de produção onde não houvesse grandes variações de temperatura que afetem o desenvolvimento da planta.

A alface começou a ser produzida no sistema hidropônico no Japão durante a segunda guerra mundial, para evitar o contato da planta com o solo, que era adubado com fezes humanas (Douglas, 1987). O desenvolvimento dessa hortaliça em estufas foi muito importante, pois através desse sistema consegue-se controlar a temperatura, evitando perdas na produção e um melhor nível de qualidade dos produtos. A utilização de estufas desde então teve um aumento gradativo e significativo na produção de hortaliças.

2.2. Sistema Hidropônico

O termo hidroponia deriva de duas palavras gregas: *hydro*, água, e *ponos*, trabalho. A combinação dessas duas palavras significa “trabalhar com água” e, implicitamente, o uso de soluções nutritivas para se criar plantas sem terra.

Desde o final do século XVII John Woodward já vinha testando o desenvolvimento de certas plantas em águas de rios, da chuva e de torneiras, para tentar descobrir se estas eram nutridas pela água ou pelas partículas sólidas presentes no solo. Seu progresso foi pequeno devido à falta de equipamentos adequados na época.

A partir do século XIX já haviam conhecimentos fundamentais relacionados à nutrição das plantas. Dessas descobertas concluiu-se que cerca 90% da matéria seca de quase todas as plantas é constituída de 3 elementos químicos (carbono, oxigênio e hidrogênio), elementos esses provenientes da água e do ar. Os outros elementos que fazem parte da constituição das plantas (nitrogênio, cálcio, potássio, magnésio, etc.) são retirados da terra.

Estando comprovada a função da terra como provedora de certos elementos químicos para a nutrição das plantas, deu-se o início de experiências colocando-se esses elementos na água.

Desde então, diversos pesquisadores como De Saussure, Boussingault, Von Sachs e Knops realizaram experiências que contribuíram para a determinação da essencialidade de certos elementos químicos para a nutrição das plantas. Em 1930, Willian F. Gericke popularizou o cultivo de plantas em ausência de terra e batizou essa nova técnica de hidroponia.

Logo depois, durante a segunda guerra mundial, houve um grande impulso para a consagração prática da hidroponia devido às condições ambientais que impossibilitavam o cultivo de verduras e legumes destinados à alimentação dos soldados.

Posteriormente essa nova técnica de cultivo se espalhou por diversas regiões da Terra devido às condições climáticas desfavoráveis (Deserto do Saara, Península Arábica, Espanha, Israel, e outras). Atualmente a hidroponia está amplamente difundida em diversos países de todos os continentes do mundo não só devido às condições ambientais desfavoráveis, mas também pelos excelentes

resultados obtidos na produção de verduras, legumes, frutas, flores e outros vegetais. No Brasil, apesar desse método ter sido implantado há bem pouco tempo, os primeiros resultados obtidos demonstram ser essa técnica muito eficiente em termos de produtividade, deixando assim seus empreendedores muito entusiasmados.

Várias são as técnicas que podem ser utilizadas para a nutrição das plantas em meio hidropônico. No sistema designado de NFT (nutrient film technique), desenvolvido pelo pesquisador inglês Allen Cooper, no ano de 1965 e conhecido como Técnica de Fluxo Laminar de Nutrientes, as raízes da planta ficam submersas diretamente na solução nutritiva que escoa pausada ou continuamente pelo canal onde as plantas se apoiam. Os outros sistemas utilizam como meio de cultura substratos inertes (areia, cascalho, pedra, vermiculita, argila expandida, lã de rocha, entre outros) aos quais as raízes das plantas se fixam e por onde escoa a solução nutritiva. Cada espécie de planta possui um sistema de cultivo ao qual melhor se adapta, sendo no caso específico da alface o sistema NFT. Todos os sistemas podem ainda ser classificados como abertos ou fechados ou seja, a solução nutritiva é aplicada apenas uma vez ou é reciclada para posterior aplicação.

“Esta característica de liberar a criação de flores, legumes, frutas e cereais de sua dependência do solo tem conseqüências importantes e profundas para o desenvolvimento da horticultura e da agricultura em geral. Significa, em suma, que a humanidade não depende mais unicamente da terra para o seu sustento e para satisfazer suas veleidades e desejos estéticos de viver em um ambiente agradável e bonito, e isto porque agricultores e hortelões podem agora produzir lindas flores e criar ótimas lavouras sem a participação da terra e, além disso, em qualquer lugar que queiram” (Castellane & Araújo, 1994).

De acordo com Castellane & Araújo, 1994 desde que se disponha de um pequeno suprimento de água, as unidades hidropônicas, tanto pequenas quanto grandes, podem ser montadas em vilas e cidades para o entretenimento e proveito das populações urbanas. Até mesmo, povos que vivem em desertos ou em terras áridas poderão criar plantas saudáveis e atraentes em quantidade, mesmo nas condições de baixa fertilidade, como é comum nessas regiões.

Em hidroponia, deve-se levar em consideração que a maturação será mais rápida que nos cultivos convencionais de campo, e portanto, as altas produtividades são típicas, já que as culturas apresentam precocidade quando cultivadas nesse sistema. Na Índia, onde a hidroponia vem se tornando cada vez mais freqüente, uma área de meio hectare pode suprir 1800 pessoas diariamente, com uma refeição 1,5 kg de verduras, o que equivale a aproximadamente 7 pés de alface, durante o correr do ano. Essa produção corresponde a mais de 800 toneladas por ano por meio hectare, o que mostra o grande potencial do cultivo hidropônico (Douglas, 1987).

Quanto ao valor nutricional, os produtos hidropônicos são superiores aos que se encontram no cultivo tradicional. Douglas (1987) menciona que o sistema hidropônico permite obter tomates mais ricos em cálcio, recomendados para a alimentação de bebês, e mais ricos em ferro, recomendados para anêmicos. O trigo hidropônico tem se mostrado de melhor qualidade para a confecção de pães, e o sabor dos alimentos tem sido considerados, unanimemente, como saborosos e substanciais.

No Brasil, devido ao risco de cólera, a alface hidropônica oferece maior segurança que a cultivada tradicionalmente, e com isso, sua cotação é, normalmente maior, além de possuir maior durabilidade pós-colheita (Castellane & Araújo, 1994).

Quanto ao suporte para as raízes, há uma grande variedade de materiais, praticamente inertes, sendo os grânulos os mais comumente utilizados, ao

contrário da terra, que contem várias substâncias. A principal função do material de suporte é fornecer um ponto de apoio para as raízes das plantas, mas atua também como reservatório para a solução nutritiva, que contém os elementos vitais para o crescimento das plantas (Douglas, 1987).

O material que dá sustentação às plantas é chamado de substrato inerte e tem por finalidade: 1) fixação das plantas; 2) evitar a incidência direta da luz solar sobre a solução e o sistema radicular, o qual teria limitação do seu desenvolvimento; 3) diminuir a evaporação da água; 4) impedir a entrada e acúmulo de poeira sobre os canais de cultivo (Schmidt, 1998)

Dentre os diversos tipos de material de cobertura de bancada, destacam-se: 1) as placas de isopor, que são normalmente utilizadas para proteger a solução nutritiva, apresentando as vantagens da facilidade no plantio e de ser um excelente isolante térmico, mas é alto o seu custo de aquisição e baixa a sua durabilidade; 2) a pedra britada, que é utilizada como meio de sustentação da planta, com vantagem de baixo custo, mas podendo provocar a formação de algas e o aquecimento da solução; 3) o filme plástico dupla face, com uma face cinza (reflete luz solar) e outra preta (evita a passagem de luz e a proliferação de algas), apresentando como vantagem o baixo custo e a facilidade na colheita e na limpeza, mas podendo provocar um aquecimento na face externa nos períodos mais quentes; 4) o Tetra Pak®, que é um material feito de papelão recoberto por uma película plástica de coloração prateada, apresentando como vantagem a facilidade no plantio e colheita, além de ser um isolante térmico, mas tendo alto custo de aquisição.

No cultivo hidropônico, a qualidade da água é fundamental, pois nela estarão dissolvidos os minerais essenciais, formando a solução nutritiva que será a única forma de alimentação das plantas. Portanto é importante a utilização de água potável, que pode ser obtida de poços principalmente artesianos e de mananciais de superfícies e até água recolhida de chuvas (Lejeune & Balestrazzi,

1992), mas evitando-se o uso de águas contaminadas de córregos urbanos. Como regra geral, toda água própria para beber, ou para ser utilizada para irrigação de estufas, é ideal para hidroponia. Há que se considerar, contudo, que sua condutividade elétrica deve ser inferior a 0,5 mS/cm, com uma concentração total de sais inferior a 300 ppm (Hanger, 1986).

A presença prévia de nutrientes na água deve ser considerada quando do preparo da solução nutritiva (Castellane & Araújo, 1994). A condutividade elétrica é uma importante fonte de informações sobre a concentração de sais na água, ou solução nutritiva, mas não informa sobre as concentrações individuais dos nutrientes, sendo que ela é muito pouco afetada pelas concentrações de micronutrientes (Resh, 1987).

Segundo Basso & Bernardes (1993), a concentração total de elementos em uma solução nutritiva deveria ser de 1000 a 1500 ppm, da forma que a pressão osmótica facilite o processo de absorção pelas raízes. Estes valores correspondem a leituras de 1,5 a 3,5 mS/cm. Valores acima de 4,0 mS/cm podem levar a cultura ao colapso.

Outro fator de grande importância na hidroponia é o valor do pH da solução nutritiva. Segundo Castellane & Araújo (1994), as plantas podem tolerar maiores variações de pH em hidroponia, quando comparado com o cultivo em solo. Contudo, recomenda-se valores de pH entre 6,0 e 6,5. Valores de pH abaixo de 5,0 e acima de 7,0 pode reduzir significativamente o crescimento das plantas, e valores mais elevados provocarão a precipitação de alguns nutrientes, como os micros metálicos. O controle do pH da solução nutritiva deve ser freqüente (até mesmo diariamente), adicionando-se base ou ácido para diminuí-lo ou aumentá-lo respectivamente, conforme as necessidades.

A composição ideal de uma solução nutritiva depende não somente das concentrações dos nutrientes, e também de outros fatores ligados ao cultivo, incluindo-se o tipo ou sistema hidropônico, os fatores ambientais (luminosidade,

temperatura e umidade), a época do ano (fotoperíodo), a idade das plantas, a espécie vegetal e o cultivar em produção (Furlani, 1995). Quanto à formulação dos nutrientes, pode-se dizer que não existe uma fórmula universal, pois esta depende de uma série de fatores, tais como, condições climáticas do local, tipo de cultura, tipo de cultivo, altitude, etc.

Segundo Resh (1997), não existem diferenças fisiológicas entre plantas cultivadas em solo ou hidroponicamente. O processo de absorção de nutrientes é o mesmo, sendo os elementos retirados de uma solução em que se encontram dissociados os íons nutrientes. Em hidroponia todos os elementos de nutrição mineral são fornecidos às plantas por sais fertilizantes dissolvidos em água, geralmente inorgânicos, que resultam nas soluções nutritivas.

Outra consideração importante de Castellane & Araújo (1994), é que em todo sistema hidropônico fechado, toda água consumida (absorção e transpiração das plantas, e evaporação direta) tenha seu volume repostado freqüentemente, pois, caso não haja a reposição da água, os nutrientes se concentrarão, o que poderá causar problemas de salinidade e prejudicar o desenvolvimento e a qualidade das plantas.

Castellane & Araújo (1994) afirmam ainda que a vida útil da solução nutritiva de um sistema hidropônico fechado é de três a quatro semanas, dependendo da fase de desenvolvimento da planta e da estação do ano. Uma maior eficiência na decisão sobre a renovação ou reposição de nutrientes, está em se conhecer a marcha de absorção de nutrientes pela cultura, o que permitirá a determinação de qual nutriente estará limitando o desenvolvimento da planta. O ideal seria que análises semanais fossem feitas para um melhor ajuste da solução. Há de se considerar também, que em termos de quantidade de solução nutritiva, esta deve ser de, no mínimo, 1 litro de solução por planta para que as concentrações dos sais dissolvidos não se alterem com muita rapidez. Quanto maior for a capacidade do tanque de solução e, conseqüentemente, maior a

quantidade de solução à disposição das plantas, menor será a necessidade de correções, pois as concentrações de cada nutriente permanecerão mais tempo sem alterações significativas.

A técnica hidropônica de cultivo possibilita um ótimo aproveitamento de água e nutrientes a serem fornecidos às plantas, proporcionando assim um rápido desenvolvimento, bom estado sanitário e altas produções. Porém o fator nutricional deve ser considerado em conjunto com os fatores ambientais que também fazem parte do crescimento das plantas, para êxito econômico da hidroponia. Segundo Penningsfielp & Kursmann (1975), a ordem de importância desses fatores é temperatura, luz, disponibilidade de CO₂, umidade e oxigenação das raízes.

Segundo Douglas (1987), a maioria das plantas prefere temperaturas amenas sem grandes variações. As plantas melhoram o seu desenvolvimento com o aumento da temperatura até um valor ótimo, enquanto que a diminuição da temperatura normalmente reduz o crescimento. Portanto, para que se assegure boa produção, é necessário manejo adequado da temperatura no interior das estufas, onde as plantas se desenvolvem. Penningsfield & Kursmann (1975) cita a utilização da técnica do “mulching” para a redução da temperatura nas regiões tropicais. Normalmente a solução nutritiva utilizada no processo hidropônico deve apresentar temperatura em torno de 20 a 30°C, sendo que valores superiores ou inferiores, podem ser atingidos no verão e no inverno, respectivamente.

Para as regiões de clima frio, o pré-aquecimento da solução nutritiva é recomendado quando a temperatura se encontra abaixo dos níveis exigidos para o bom desenvolvimento das plantas. Gericke e Tavernetti, citado em Penningsfielp & Kursmann (1975), obtiveram sensível aumento na produção de tomate hidropônico aquecendo a solução a cerca de 27°C. Favilli, citado em Penningsfielp & Kursmann (1975), após numerosos ensaios realizados na Itália, considera que um aquecimento da solução a 20-25°C é bastante apropriado.

Penningsfiel & Kursmann (1975) alertam, porém, que um aquecimento demasiadamente alto da solução nutritiva poderá provocar a cristalização de alguns nutrientes, o que causará alteração da composição da solução, além de diminuir a sua capacidade de absorção de oxigênio.

Em países de clima predominante quente como é o caso do Brasil, a principal preocupação dos produtores hidropônicos é com a diminuição da temperatura no interior das estufas. Bernardes (1997) cita em seus estudos que uma altura mínima de 2,50m no pé direito da estufa é recomendável para proporcionar uma melhor ventilação natural interna com uma conseqüente diminuição da temperatura em seu interior.

A aeração das raízes também é uma importante condição para o êxito dos cultivos hidropônicos. As raízes devem receber oxigenação adequada, não só para a respiração das células vivas, mas também para outras funções como a absorção de nutrientes (Stoughton, 1969).

Também, de vital importância para o perfeito desenvolvimento das plantas, é a quantidade de radiação solar recebida, pois esta é a fonte de toda a energia a ser usada em seus processos fotossintéticos. Em regiões de alta latitude, durante os meses de inverno, a iluminação natural geralmente é insuficiente para o perfeito desenvolvimento das plantas, o que pode ser complementado usando-se iluminação artificial.

Outro importante fator a ser considerado é a umidade ambiente, visto que esta exerce uma influência direta no trabalho realizado pelos estômatos, pois, sem umidade suficiente não seria possível a absorção de CO₂ e, conseqüentemente não haveria condições de assimilação (Penningsfield & Kursmann, 1975). Uma das maneiras mais usuais de se conseguir o controle de umidade é feito por meio de regas sobre as folhas das plantas. Pode-se usar também aparelhos nebulizadores. Normalmente, nas estufas com calefação, a umidade ambiente deve permanecer numa faixa de 75 a 90 % (Penningsfield & Kursmann, 1975). Convém lembrar

que se a falta de umidade no ar é prejudicial ao desenvolvimento da cultura, o seu excesso também o é, pois pode causar a propagação de doenças provocadas por fungos e bactérias (Douglas, 1987).

Para os métodos de cultivo, no qual se utilizam substratos granulares com boa porosidade, a perfeita drenagem da solução nutritiva é fundamental para o não encharcamento das raízes, permitindo assim uma aeração suficiente (Douglas, 1987). O sistema NFT não apresenta problemas com aeração, visto que 2/3 do sistema radicular da planta permanecem parcialmente submerso na solução retirando os nutrientes, enquanto que o 1/3 restante desenvolve-se ao ar livre, absorvendo oxigênio (Fossati, 1986). Existem também outros métodos de aeração, como a agitação da solução nutritiva ou ar pressurizado (Penningsfield & Kursmann, 1975).

As unidades hidropônicas devem estar sempre limpas, livre principalmente de poeira, pois o pó fica depositado sobre as folhas das plantas, bloqueando os poros e interferindo na respiração, além de favorecer o aparecimento de doenças e de insetos em busca de resíduos vegetais (Douglas, 1987).

2.3. Casa de Vegetação

É conhecida como casa de vegetação uma estrutura de cobertura plástica que oferece proteção às plantas, alojadas no seu interior, contra variações meteorológicas que podem ocorrer de forma aleatória durante o período de crescimento de uma cultura (Sganzerla, 1995).

Essas instalações são formadas por uma estrutura, ou armação, leve (metálica, de cimento, de madeira, etc.), sobre a qual se assenta uma cobertura de material transparente (polietileno, policloreto de vinilo, poliéster, vidro, etc.), com

janelas centrais e na parte superior e portas destinadas ao serviço na estufa. O material usado na construção de uma casa de vegetação varia de madeira, bambu, concreto, ferro galvanizado e até alumínio para a parte estrutural, e vidro, filme de plástico, fibra de vidro e plásticos rígidos para a cobertura (Bliska, 1996). O uso de cobertura plástica é benéfico as culturas, pois evita problemas causados pela geada, pelo vento, pelo excesso de chuva e pelo granizo; encurta o ciclo vegetativo; aumenta a produção e propicia a obtenção de produtos fora de época. Além desses benefícios, diminui a ocorrência de pragas e moléstias em relação ao cultivo a céu aberto.

Uma consideração importante, citada por Castellane & Araújo (1994), é que os filmes de polietileno, mais utilizados atualmente, necessitam ser tratados com material específico que visem a sua preservação contra radiações ultravioletas. De acordo ainda com Castellane & Araújo (1994), a construção da casa de vegetação deverá ser feita em local protegido de ventos predominantes, estar o mais próximo possível das fontes de água e energia elétrica, e sempre exposta ao sol, nunca à sombra; a casa de vegetação orientada no sentido leste-oeste recebe maior luminosidade, mas quando construída no sentido norte-sul, a luz se distribui com maior uniformidade no seu interior. A altura interna deve ser escolhida de modo a facilitar a circulação de ar no seu interior; altura muito baixa dificulta a dissipação do ar quente.

As casas de vegetação podem ser construídas em variados tipos de estrutura, das mais diferentes formas e sofisticação, conforme a espécie cultivada, as condições climáticas, e as preferências ou adequação a uma determinada região. O filme plástico pode ser fixado somente na parte superior, deixando aberta as laterais, onde se coloca apenas uma tela plástica para proteção contra insetos, pássaros e pequenos animais. Durante as épocas frias, pode-se colocar filme plástico para maior isolamento.

Dentre os diferentes tipos de estufas, os mais utilizados são as estufas modelo capela, por ser de fácil construção e o modelo arco, que é o modelo mais evoluído das estufas de madeira. Essa última apresenta inúmeras vantagens em relação a estufa capela, como por exemplo a colocação do plástico na cobertura da estufa.

No que diz respeito à cobertura das estufas, esta deve ser de material transparente como polietileno, vidro ou telhas translúcidas. Pesquisadores do Centro Nacional de Pesquisa de Hortaliças-CNPH/EMBRAPA-DF (citado em Araújo & Castellane, 1991), apresentaram resultados de pesquisa, para algumas culturas, da utilização de diversos tipos de plásticos em cobertura de estufas, e concluíram que os que apresentaram melhor eficiência na produtividade, foram os plásticos brancos, de espessuras 100, 250, 300 e 200 micra, respectivamente. Já Basso & Bernardes (1993), recomendam o uso de plástico tipo UV, um plástico especial que contém aditivos contra os raios ultravioletas.

Segundo Gonzales (1985), para conseguir-se um efeito estufa satisfatório, o material da cobertura plástica deve transmitir uma maior fração da radiação solar (comprimento de onda de 0.3 a 3 μm) e uma menor fração da radiação térmica na banda do infravermelho distante, especialmente no intervalo de comprimento de onda de 8 a 14 μm , em que a atmosfera terrestre é mais transparente (Farias et al., 1993a).

De acordo com sua coloração, opacidade ou transparência, os filmes plásticos atuam diferentemente quanto a absorção, reflexão e transmissão das radiações de onda curta e longa (Robledo e Martin, 1981). Em alguns casos, havendo interesse em diminuir a penetração da radiação, podem ser utilizados plásticos coloridos ou pintados, para aumentar a reflexão e/ou absorção, o que é bastante comum na floricultura (Gonzales 1985). Devido às suas características óticas, a cobertura plástica atua como um meio dispersante da radiação, podendo

aumentar a fração da radiação difusa no interior da estufa (Prados, 1986).

Neville et al. (1991), em estudo referente à influência da espessura da cobertura plástica 50 e 75 micra na produção de tomate, verificaram que a produtividade média foi 8% maior sob a cobertura de plástico de 50 μm . Salvatierra et al. (1991) desenvolveram estudos fazendo uso de diferentes densidades de malha de polietileno de coloração preta e sua influência na disponibilidade de energia solar, temperatura do solo e do ar. Análises deste estudo mostraram que a densidade da malha realmente provoca variações na temperatura do ar, do solo e também na quantidade de energia solar.

2.4. Aspectos micrometeorológicos em casa de vegetação

Na estufa, o filme plástico age como filtro, transmitindo parte da radiação solar e retraindo uma fração da radiação terrestre no seu interior, determinando o “efeito estufa”. O calor que é acumulado durante o dia será perdido durante a noite, por diferentes processos físicos.

O efeito do isolamento térmico é melhorado pelo aumento do volume do ar no interior da estufa. A variação da temperatura do ar ao longo do ano é menor numa estufa de maior volume de ar do que numa de menor volume de ar. Assim, independente do tipo de material utilizado na cobertura da estufa, tanto a taxa de renovação do ar quanto as dimensões da estufa interferirão no microclima no interior desta estrutura.

Dentre as diversas variáveis meteorológicas, a primeira a ser modificada com o uso de cobertura plástica na estufa é o balanço de energia radiante, uma vez que parte da radiação de ondas longas emitidas pelo solo e pelo cultivo fica

armazenada dentro da estufa, o que provoca o aquecimento do seu microclima interior.

Os tipos de material normalmente utilizados, além de causarem a redução da densidade de fluxo da radiação solar, possuem efeito seletivo, permitindo a passagem de certas faixas espectrais e reduzindo a transmitância de outras faixas de comprimento de ondas (Seeman, 1979). Devido a transmissividade parcial do filme plástico, a disponibilidade de radiação solar no interior da estufa é menor que a verificada no exterior.

Os filmes plásticos funcionam diferentemente quanto a absorção, reflexão e transmissão das radiações de onda curta e onda longa em função de sua coloração, opacidade ou transparência. A condensação de vapor d'água sobre a face interna da cobertura também reduz a transmissividade, aumentando consideravelmente a interceptação da radiação de onda longa (Robledo de Pedro & Vicente, 1988).

Apesar da redução no total da radiação solar global transmitida, a cobertura plástica atua como meio dispersante da radiação, podendo aumentar a fração da radiação difusa em relação ao total da radiação, o que segundo Robledo de Pedro (1987) é importante, pois ela é multi-direcional podendo ser melhor aproveitada pelas plantas.

A modificação do balanço de energia radiante afeta a temperatura do ar da estufa, sendo esta uma variável importante a ser considerada no cultivo protegido.

A temperatura do ar expressa de maneira mais simples a energia contida no meio (Ometto, 1981) e está intimamente ligada ao balanço de energia (Martinez Garcia, 1978), sendo que este depende de vários fatores, principalmente do tamanho da estufa (Seeman, 1979; Buriol et al., 1993), das propriedades óticas da cobertura (Seeman, 1979; Robledo de Pedro, 1987; Robledo de Pedro & Vicente, 1988; Mougou et al., 1989; Buriol et al., 1993) e das condições meteorológicas locais (Buriol et al., 1993; Farias et al., 1993b). De maneira geral, os seres vivos

que povoam o planeta vivem adaptados à energia do meio ambiente.

A temperatura e a umidade relativa do ar são elementos altamente limitantes à produção de hortaliças, o que faz com que se procure um manejo adequado de ambos com uso de plásticos, objetivando assim, uma alternativa na proteção das culturas frente às adversidades climáticas. A temperatura no interior da estufa normalmente, mesmo no inverno, é mais elevada, devido ao aprisionamento das ondas longas (efeito estufa) e aos movimentos convectivos que são barrados

Os vegetais, apesar de, no geral, terem grande amplitude de suporte em relação a energia do meio, são susceptíveis à valores mínimos e máximos. O estado de valor energético mínimo admissível ao meio para determinada planta, estabelece uma paralisação de seu processo de auto produção de alimento e condiciona transformações metabólicas a um valor mínimo vital. Acima desse valor mínimo, a planta utiliza energia do meio nos processos metabólicos. Essa energia condiciona a aceleração dos processos vitais, a partir do valor mínimo até um ótimo, decrescendo a sua atividade até um limite superior de energia do meio (Ometto, 1981).

A temperatura ótima para o desenvolvimento varia com as espécies cultivadas. Para a alface a temperatura ótima varia de 15 a 20°C (Cermeño, 1977). Na variação diária, a temperatura do ar ao longo do ciclo de uma cultura pode atingir valores (máximo ou mínimo) que prejudiquem o desenvolvimento dos vegetais (Medeiros et al., 1998).

No caso da estufa, existem fatores, como a presença de cobertura, que interferem neste ciclo diário, determinando principalmente alteração nos valores extremos da temperatura do ar em relação ao ambiente externo. Robledo de Pedro & Vicente (1988) estudando estufas com cobertura plástica, encontraram valores da temperatura média do ar no seu interior maiores que os valores no exterior.

Durante o dia, na área externa, devido à radiação líquida positiva, a superfície do solo aquece a parcela de ar próximo a ela gerando assim um processo convectivo. Dentro da estufa a cobertura plástica impede a saída do ar quente, o que provoca temperaturas altas durante o período diurno. Sendo assim, no interior de estufas o valor da temperatura máxima pode ser bem maior quando comparado com o exterior (Montero et al., 1985; Mills et al., 1990; Buriol et al., 1993; Farias et al., 1993b).

Segundo Primavesi (1990), o aumento da temperatura do ar aumenta a respiração vegetal, o crescimento radicular, a transpiração e o gasto de energia, diminui a fotossíntese líquida, e, quando faltar água, diminuirá igualmente a fotossíntese bruta.

O cultivo de plantas em estufas, entre outras coisas, visa à obtenção do controle da temperatura do ar em seu interior. Desta forma, com manejo apropriado, pode-se manter as plantas dentro de uma faixa ótima de temperatura, favorecendo assim desde a sua germinação, até seu desenvolvimento e produção.

Apesar de inúmeras vantagens, a estufa plástica pode apresentar problemas do ponto de vista térmico, uma vez que durante o período diurno ocorrem temperaturas elevadas, que dificilmente são evitadas com a ventilação natural e, a noite, com freqüência ocorrem temperaturas inferiores às críticas das plantas cultivadas (Martinez Garcia, 1986).

Para que se consiga adequar o ambiente às necessidades das plantas, faz-se necessário o conhecimento de técnicas que, por exemplo, aumentem ou diminuam a temperatura e a umidade relativa do ar, ou, aumentem ou diminuam o aprisionamento de ondas longas no interior das estufas. Para tanto deve-se ter um conhecimento maior do balanço de energia que ocorre no processo produtivo, assim como o perfil de distribuição da umidade relativa do ar, velocidade do vento e evapotranspiração.

Segundo Cermeño (1990) os fatores que influenciam a temperatura no interior de uma estufa são o tipo de material utilizado na cobertura, temperatura do ambiente externo, luminosidade e ventos.

Com isso, as modificações de temperatura podem ser feitas através de diversos meios, como por exemplo:

- Para diminuição da temperatura: a) Ventilação: abertura das cortinas promovendo entrada de ar fresco, e remoção do ar do ambiente interno; b) Arquitetura de construção: estruturas com pé direito altos, uso de janelas na parte superior, isto é, a saída de ar quente acumulado na parte superior da estufa; c) Cobertura da estufa: redução da luminosidade pelo uso de malhas reflexivas ou uso de filmes leitosos, se a cultura assim exigir; d) Alterações na umidade do ambiente.
- Para aumento da temperatura (mais fácil de se conseguir por métodos artificiais): Ventilação: fechamento das cortinas visando aprisionamento de energia nas horas mais quentes do dia, a qual servirá de reserva para os períodos noturnos.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Local, clima e período de experimentação

O experimento foi realizado no período de dezembro de 1998 a abril de 1999, no Centro Experimental do Instituto Agronômico de Campinas, (latitude 22° 55' S, longitude 47° 04' S, altitude 574 m), em três ciclos consecutivos da cultura de alface, em uma casa de vegetação.

Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é Cwa, subtropical úmido com inverno seco, também denominado de tropical de altitude (Camargo et al., 1974).

3.2. Casa de vegetação

A casa de vegetação utilizada foi uma estufa do tipo arco, com estrutura de madeira, arcos de tubos de ferro galvanizados e coberta com polietileno transparente de baixa densidade (PEBD), com espessura de 150 micra, com cobertura de tela de sombreamento “sombrite” a 30% por cima do plástico de cobertura, apresentando as seguintes dimensões: 7,0 m de largura, 30 m de comprimento, e 2,0 m de pé direito.

A ventilação foi realizada com uso de "sombrite" a 30% nas laterais da estufa, em forma de saia, a uma altura que corresponde a aproximadamente 25% do total. A troca de ar contou com a contribuição das extremidades no sentido longitudinal, as quais foram revestidas com o mesmo tipo de "sombrite", além de apresentar uma saída de ar (chaminé) no centro da estufa.

3.3. Cultura

Foi utilizada a cultura de alface (*Lactuca sativa*, L), por se tratar de uma planta de ciclo rápido, de fácil manejo, de alta demanda e por apresentar respostas significativas às variações físicas do ambiente.

As variedades utilizadas foram: 1) Verônica, cultivar adaptada para plantio o ano todo, principalmente em semeaduras de verão, com folhas crespas e verde-claras, tamanho grande, tolerância ao pendoamento precoce, durante o primeiro (29/01 a 16/02/1999) e segundo ciclo (23/02 a 10/03/1999); 2) Vera, cultivar adaptada para plantio o ano todo, principalmente na época de primavera e verão, com folhas crespas, mais repicadas e com maior brilho que a Verônica de coloração verde-clara, tamanho grande, com tolerância ao pendoamento precoce; 3) Regina, cultivar do tipo lisa, que pode ser plantada o ano todo, principalmente durante o verão. As plantas apresentam folhas lisas, soltas, de coloração verde-clara, tamanho grande, com resistência ao pendoamento precoce. As variedades Vera e Regina foram utilizadas no terceiro ciclo (13/03 a 27/03/1999).

3.4. Sistema de cultivo

As sementes foram semeadas em espumas especiais, próprias para a germinação e suporte das plantas até o estágio de transplante. Estas espumas são fabricadas em material inerte em células individuais, para facilitar o transplante da muda. Após atingir o tamanho ideal para o transplante, de 1 a 2 folhas, as mudas foram plantadas na bancada de pré-crescimento no sistema hidropônico, passando a receber os nutrientes e a água pela solução nutritiva. Ultrapassado o período de mudas (plantas com 4 a 5 folhas), estas foram transplantadas para bancadas de produção até a época ideal para a colheita (Figura 1), correspondente a períodos de 14 a 18 dias, dependendo da época e cultivar.

Na bancada de produção as plantas passaram a receber a solução nutritiva a 100%, pois segundo Maroto (1990) nas primeiras fases de desenvolvimento, as plantas necessitam de soluções mais diluídas (cerca de 25 a 50% do total de sais utilizados na fase de pleno desenvolvimento) e iniciou-se a avaliação do seu crescimento e desenvolvimento, assim como a medição da temperatura no interior das canaletas da bancada.

Figura 1- A) Folhas embrionárias nas espumas próprias para germinação. B) Mudas na bancada de pré-crescimento

Os canais de cultivo foram feitos com tubo de polipropileno (PVC) em formato de meia lua, próprios para hidroponia, com diâmetros de 4 pol., compondo um total de 6 canais de 24,0 m de comprimento, comportando um total de 560 plantas. Esse conjunto de canais foi dividido em quatro blocos, cada qual com 6 canais, sendo que três canais de cultivo tinham coloração branca e os outros três coloração cinza. Foram usados três tipos de coberturas de bancadas lona dupla face; Tetra-Pak® e tubo de PVC sem cobertura (Figura 2 e 3).

Figura 2 – Distribuição na bancada de produção dos tubos de PVC próprios para hidroponia de coloração branca e cinza.

Figura 3 – Distribuição na bancada de produção dos materiais de cobertura, sendo: L, lona dupla face; P, Tetra-Pak® e T, tubo de PVC sem cobertura.

A solução nutritiva (400 L de solução) utilizada no experimento consistiu de :

- Nitrato de potássio - 260 g.
- Nitrato de cálcio – 101,25 g.
- MAP purificado – 54 g.
- Sulfato de magnésio – 105 g.
- Micronutrientes – 40 mL de solução concentrada ($0,1 \text{ mL L}^{-1}$)
- Ferro – 120 mL de solução concentrada (5 mg Fe mL^{-1})

A condutividade elétrica esperada para esta solução é de $1,50 \mu\text{S}$.

Solução de ajuste da solução nutritiva:

- Solução A (5 L de solução):
 - i. Nitrato de potássio – 870 g.
 - ii. Monoamônio de fosfato – 180 g.
 - iii. Sulfato de magnésio – 350 g.
- Solução B (5 L de solução):
 - i. Nitrato de cálcio – 340 g.
 - ii. Micronutrientes – 65 mL de solução concentrada ($0,1 \text{ mL L}^{-1}$)
 - iii. Ferro – 200 mL de solução concentrada (5 mg Fe mL^{-1})

3.5. Delineamento experimental

A bancada de produção media 24,0 m de comprimento e 1,5 m de largura, sendo dividida em quatro blocos simétricos, contendo três tratamentos em cada bloco. Os tratamentos consistiram de diferentes tipos de cobertura de bancada, ou seja, coberturas para as canaletas de PVC próprias para o uso em hidroponia. No primeiro tratamento as canaletas foram mantidas descobertas avaliando apenas a sua coloração (PVC branco e PVC cinza), no segundo foram cobertas por lona plástica dupla face (cinza e preta, sendo o lado cinza voltado para cima) e no terceiro foram cobertas por material Tetra-Pak® (Figura 4).

Figura 4 - Plantas nos diferentes tipos de tratamentos. A) canaletas de PVC descobertas. B) material Tetra-Pak®. C) Lona plástica dupla face.

O experimento foi instalado seguindo um esquema fatorial 3 X 5 (3 tipos de cobertura e 5 posições de termopar) em blocos casualizados (4 blocos). Para a análise de variância considerou-se o modelo:

$$Y_{i,j,k} = \mu + \gamma_k + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{i,j,k}$$

$$i = 1, 2, 3 \quad ; j = 1, 2, 3, 4, 5 \quad ; k = 1, 2, 3, 4$$

Sendo :

$Y_{i,j,k}$ – valor observado referente a cobertura i , o termopar j , no bloco k ;

μ - constante;

γ_k - efeito do bloco k ;

α_i - efeito da cobertura i ;

β_j - efeito do termopar j ;

$(\alpha\beta)_{ij}$ - efeito da interação da cobertura i com o termopar j ;

$\varepsilon_{k,i,j}$ – erro experimental tal que $\varepsilon_{k,i,j} \cap N(0, \sigma^2)$ e indicação efetuada através do “SAS” (Statistical Analysis System).

Utilizou-se o teste “t” para comparações múltiplas, aplicado através do comando LSMEANS do PROC GLM/SAS.

3.6. Determinação da temperatura do ar nas canaletas e das condições microclimáticas na casa de vegetação

A temperatura do ar nas canaletas foi determinada com o auxílio de termopares de cobre-constantan, bitola AWG24, revestido com proteção plástica contra incidência direta de radiação solar. Os sinais foram coletados e armazenados em sistema de aquisição de dados (Data-logger), modelo 21X Campbel Scientific, INC, de oito canais, interligado a duas placas multiplexadoras AM 416, de 32 canais, e um microcomputador Pentium 133. A frequência de obtenção foi de uma leitura por minuto, armazenando médias de hora em hora (Figura 5).

Figura 5 – A) Data-logger modelo 21X (Campbel Scientific, INC), de oito canais. **B)** Placas multiplexadoras AM 416, de 32 canais.

Os termopares foram colocados no interior das canaletas, entre a solução nutritiva e a planta, estando protegidos da radiação solar pelas próprias plantas e pelas canaletas. Foram distribuídos ao longo da bancada de produção, de modo que cada tratamento recebesse cinco termopares (Figura 6), para caracterizar dessa forma o regime térmico em toda a sua extensão.

Figura 6 - Localização dos termopares nas canaletas de produção no sistema hidropônico.

Na estufa foram instalados um abrigo meteorológico com sensores de temperatura e umidade relativa (Higrômetro capacitivo), um piranômetro Eppley instalado a 30,0 cm acima das canaletas de cultivo e um anemômetro de cuba sendo que todos os aparelhos estavam conectados ao data-logger.

3.7. Avaliação do crescimento das plantas.

No final de cada ciclo, em cada tratamento foram coletadas aleatoriamente quatro plantas, sendo a parte aérea separada do sistema radicular para a posterior pesagem. As pesagens foram feitas em balança eletrônica com precisão de 0,1 g.

No segundo ciclo, foi determinada a massa seca e a área foliar das plantas selecionadas. Para a massa seca utilizou-se duas estufas a 70 °C com circulação forçada, com tempo de secagem de 48 horas. Para a área foliar, foram retiradas 4 folhas por tratamento e devido a irregularidade da folha da alface, foi determinado a massa fresca e a massa seca de uma área conhecida de 9 cm², determinando-se a massa fresca específica por unidade de área, sendo a área foliar total da folha estimada por multiplicação da massa fresca específica pela massa fresca total.

No último ciclo da cultura, além de estudar os diferentes tratamentos de cobertura da bancada, a cultivar Verônica foi substituída pelas cultivares Vera e a Regina, para uma comparação entre o desenvolvimento vegetativo entre ambas, para se determinar uma possível melhor adaptação de uma delas às condições climáticas ambientais do experimento. A distribuição das plantas das cultivares é mostrada na Figura 7.

Figura 7 – Distribuição das cultivares Vera (○) e Regina (●) na bancada de produção nas diferentes coberturas de bancada.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. Temperatura do ar no interior das canaletas de cultivo e relação com a temperatura do ar no interior da casa de vegetação.

Considerando as canaletas de cultivo no sistema hidropônico como micro-estufas e comparando os valores obtidos da temperatura no seu interior aos obtidos no interior da estufa, observou-se que, nos três tratamentos (tubo de PVC sem cobertura, Tetra-Pak® e a lona dupla face) a temperatura média horária do ar no interior das canaletas foi sempre superior à da estufa (Figura 8), chegando a uma diferença máxima de 6,8°C com o Tetra-Pak®, de 8,7°C com a lona dupla face e de 9,0°C para o tratamento sem cobertura do tubo de PVC, durante o primeiro ciclo da cultura (29/01 a 16/02/1999), no período diurno.

Para os outros dois ciclos de cultura essas diferenças médias máximas diminuíram para a ordem de grandeza de 2,0°C e 4,0°C (23/02 a 10/03/1999 e 13/03 a 27/03/1999, respectivamente) para o Tetra-Pak® e 4,0°C e 6,5°C para os outros dois tratamentos, no período diurno. Em todos os casos, mesmo no período noturno essas diferenças mantiveram-se relativamente acentuadas (da ordem de grandeza de 4,0°C de 29/01 a 16/02/1999), sendo menores no segundo ciclo da cultura.

Figura 8 – Temperatura média horária do ar no interior da estufa e do ar no interior das canaletas de cultivo no sistema hidropônico, para os diferentes tipos de materiais de cobertura de bancada, em cada ciclo de cultivo.

As diferenças no período diurno e noturno podem ser visualizadas, também, pela variação ao longo do ciclo das temperaturas máximas e mínimas diárias.

Na figura 9 observa-se que nos três ciclos da cultura a temperatura máxima obtida na cobertura de bancada com Tetra-Pak® foi inferior as demais coberturas em todos os dias estudados e o tubo de PVC no tratamento sem cobertura apresentou temperatura máxima superior aos demais tratamentos e a estufa, sendo de 1,6°C a diferença média entre a temperatura máxima na canaleta com o Tetra-Pak® e a estufa, de 3,3°C na canaleta com a lona dupla face e a estufa e de 3,6°C na canaleta com o tubo de PVC sem cobertura e a estufa, chegando ao máximo de 7,9°C entre a lona dupla face e a estufa.

Na figura 10 observa-se o contrário, o tubo de PVC apresentou temperatura mínima inferior aos demais tratamentos, sendo que o Tetra-Pak® apresentou temperatura mínima maior em todos os casos, sendo a diferença máxima entre a temperatura mínima da canaleta com Tetra-Pak® e a estufa de 1,9 °C, ocorrida no segundo ciclo. Essa diferença de comportamento do Tetra-Pak® em relação aos outros tipos de cobertura, permitindo a diminuição da queda noturna de temperatura do ar no interior das canaletas, foi, mais evidente no segundo e no terceiro ciclos de cultura.

Figura 9 – Temperatura máxima do ar no interior das canaletas de cultivo em cada tratamento e na estufa durante os ciclos da cultura.

Figura 10 – Temperatura mínima do ar no interior das canaletas de cultivo e na estufa durante os ciclos da cultura.

Os valores de temperatura média diária do ar na estufa mostraram boa correlação com os do interior das canaletas de cultivo (Figura 11).

Figura 11 – Correlação entre a temperatura média do ar interior das canaletas de cultivo, nos diferentes tratamentos e na estufa.

A estufa possuía uma abertura lateral para ventilação que poderia provocar uma variação de temperatura no sentido transversal, isto é da lateral para o centro da estufa e na bancada da canaleta 1 para a 5. Assim para um mesmo horário de leitura foi realizado um estudo do efeito da posição da medida com os termopares, ou seja, da posição das canaletas no sentido transversal, para o qual considerou-se em cada canaleta a média dos doze termopares, sem considerar os tratamentos de cobertura de bancada existentes. Pela tabela 1, observa-se que não houve diferença estatística significativa entre os valores médios de temperatura para todas as canaletas estudadas, em todos os ciclos da cultura, concluindo-se com isso que para o período em que foi realizado o experimento, o ponto de observação dos termopares nas canaletas não afetou significativamente os resultados.

Tabela 1 – Comparação dos valores médios de temperatura em cada canaleta, considerando todos os tratamentos e repetições nas canaletas.

Canaleta	Médias (°C)	Médias (°C)	Médias (°C)	Tukey*
	29/01 a 16/02	23/02 a 10/03	13/03 a 27/03	
1	30,70	28,95	28,67	A
2	30,57	29,10	27,60	A
3	30,68	28,99	27,28	A
4	30,60	28,78	27,87	A
5	30,41	28,40	26,58	A

* medidas com a mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro

A tabela 2 mostra a análise comparativa das temperaturas médias do ar no interior das canaletas por tratamento para os períodos diurno e noturno, nos três ciclos de crescimento.

Tabela 2 – Análise de variância para a temperatura média no interior das canaletas de cultivo para os diferentes tratamentos.

A) Período diurno

	29/01	a	16/02	23/02	a	10/03	13/03	a	27/03
Cobertura	Média (°C)		Tukey*	Média (°C)		Tukey*	Média (°C)		Tukey*
Tubo de PVC	31.24		A	28.91		A	27.94		A
Tetra-Pak®	29.57		B	28.66		A	26.55		B
Lona dupla face	30.98		A	28.96		A	28.30		A

B) Período noturno

	29/01	a	16/02	23/02	a	10/03	13/03	a	27/03
Cobertura	Média (°C)		Tukey*	Média (°C)		Tukey*	Média (°C)		Tukey*
Tubo de PVC	24.02		A	23.14		A	20.74		A
Tetra-Pak®	24.24		A	23.22		A	21.50		A
Lona dupla face	23.86		A	23.22		A	22.68		A

* medidas com a mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro

A análise estatística da temperatura no interior das canaletas de cultivo para os diferentes materiais de cobertura, pela interpretação da análise de variância, mostra que houve uma diferença significativa entre o Tetra-Pak® e os demais tipos de cobertura para o período diurno (6 às 19 horas) no primeiro e terceiro ciclos de crescimento. No segundo ciclo essa diferença não foi significativa, mas pode-se observar que a temperatura média obtida no Tetra-Pak® foi um pouco inferior aos demais tratamentos, já para o período noturno (20 às 5 horas) esta diferença não foi significativa.

Ao analisar-se o efeito do material de cobertura separadamente, observou-se que o Tetra-Pak® permitiu uma diminuição acentuada da temperatura do ar nas canaletas em relação aos outros dois materiais, nas horas mais quentes do dia. Esse fato pode ser constatado com os dados da figura 12, na qual são apresentados dados horários dos dias com maior e menor temperatura média do ar. No dia 29/01/99 ocorreram os maiores valores de temperatura média e irradiância solar, verificando-se em torno das 14 horas uma diferença média de 4,1°C entre o Tetra-Pak® e o tubo de PVC e de 5,1°C entre o Tetra-Pak® e a lona dupla face. No dia 10/02/99 não houve efeito dos diferentes tipos de cobertura sobre a temperatura do ar das canaletas, por ser um dia nublado, sem ocorrência de radiação solar direta, mostrando a grande influência desta e das superfícies de absorção (coberturas) sobre as diferenças térmicas. No período noturno, com a ausência da radiação, não há também influência das coberturas e a variabilidade espacial da temperatura fica minimizada em toda a estufa.

Figura 12 – Temperatura média horária do ar no interior das canaletas de cultivo no sistema hidropônico, para os diferentes tipos de materiais de cobertura de bancada, nos dias 29/01/99 (mais quente) e 10/02/99 (mais frio).

4.2. Efeito sobre o crescimento da alface.

4.2.1. Número de folhas e massa fresca

Analisando o efeito das diferentes coberturas de bancada sobre o crescimento da alface, no primeiro e segundo ciclos de crescimento (29/01 a 16/02/1999 e 23/02 a 10/03/1999), com colheita, aos 18 e 15 dias, respectivamente, após o transplante definitivo para a bancada de crescimento, verificou-se que apesar do número de folhas ser semelhante em todos os materiais, cerca de 20 folhas por planta, ocorreu uma diferença na massa fresca média das plantas (Tabela 3). A análise de variância mostrou diferença estatística pelo teste F ao nível de 5% entre os tratamentos, não sendo significativa na cor do tubo de PVC e nem na interação cobertura de bancada e cor do tubo de PVC (Tabela 4).

Verifica-se pela tabela 3 que em todos os tratamentos a massa fresca obtida durante o primeiro ciclo de estudo foi sempre superior ao obtido no segundo ciclo e que o tratamento com cobertura Tetra-Pak® apresentou nos dois ciclos valores de massa fresca maiores que os outros tratamentos.

Tabela 3 – Massa fresca média por planta de alface produzida em hidroponia (NFT) sobre diferentes materiais de cobertura de bancada, no primeiro e segundo ciclos da cultura.

Coberturas	29/01 a 16/02		23/02 a 10/03	
	Massa Fresca (g)		Massa Fresca (g)	
Tubo de PVC	226,66	B	194,51	B
Material Tetra-Pak®	242,36	A	210,17	A
Lona dupla face	231,76	B	198,17	B

* medidas com a mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro

Tabela 4 – Quadro de análise de variância com teste F para a variável massa fresca entre os diferentes tratamentos.

C. V.	GL	SQ	QM	F	PROB
Blocos	3	10542.43	3514.14		
Coberturas	2	2053.97	1026.99	6.86**	0.0028
Cor do Tubo PVC	1	514.18	514.18	3.44	0.0714
Cobertura X Cor Tubo	2	419.27	209.63	1.40	0.2586
Resíduo	39	5837.20	149.67		
Total	47	19367.05			

Os valores obtidos para massa fresca da cultivar Verônica, neste experimento, durante o período de 29/01 a 16/02/1999, são equivalentes aos alcançados por Mondin (1996) que, cultivando esta mesma variedade de alface em sistema hidropônico NFT, na cidade de Jaboticabal - SP, atingiu valor médio de 225,7 g de massa fresca por planta. Já Koefender (1996), Faquin et al. (1996), Vaz & Junqueira (1996) e Schimidt (1999) obtiveram valores inferiores aos

encontrados neste experimento, durante os dois primeiros ciclos analisados (29/01 a 16/02/1999 e 23/02 a 10/03/1999), sendo, respectivamente, 207,8 g, 192,75 g, 183,4 g e 163,5 g de massa fresca por planta, nas cidades de Piracicaba - SP, Lavras (MG) e Santa Maria (RS), não há informação sobre o período do ano em que estes autores trabalharam .

Verificando-se o número de folhas, observa-se que a cultivar Verônica utilizada neste experimento apresentou em média de 20 folhas por planta, número inferior ao obtido por Mondin (1996), que alcançou uma média de 29,6 folhas por planta. Já Vaz & Junqueira (1996) e Schimidt (1999) obtiveram valores inferiores, apresentando respectivamente, médias de 13,3 e 13,1 folhas por planta. Provavelmente isso ocorreu devido às condições climáticas locais e ao tipo de solução utilizada, ou mesmo sistema hidropônico.

A comparação dos resultados desses trabalhos indica que o número de folhas é muito mais variável do que a massa fresca, não sendo o melhor padrão de comparação.

Observando os resultados da análise de variância (Tabela 4), verifica-se que, para a variável massa fresca, não houve diferença significativa para a cor do tubo de PVC (branca ou cinza) durante o primeiro ciclo, sendo que no segundo ciclo esta diferença existe. Observa-se pela Tabela 5 que o tubo de PVC de cor cinza proporcionou pequeno acréscimo (2,8 e 4,7 %) na massa das plantas em relação ao tubo de PVC branco nos dois ciclos da cultura, respectivamente. Estes dados comprovam que, os tubos de PVC branco ou cinza podem ser igualmente utilizados, pois não afetam a produtividade da alface.

Tabela 5 – Valores médios de massa fresca de alface nos tubos de PVC com diferentes colorações, nos dois ciclos da cultura.

Cor do tubo	29/01 a 16/02		23/02 a 10/03	
	Média (g)		Média (g)	
Cinza	236,87	A	205,95	A
Branco	230,32	A	196,28	B

* medidas com a mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro

Ao se fazer a interação cobertura de bancada e cor do tubo de PVC observa-se que apesar dessa interação não ser estatisticamente significativa, a cobertura de bancada Tetra-Pak® juntamente com o tubo de PVC cinza apresentou valor médio de massa fresca superior as demais interações, chegando a proporcionar diferença média de 9,2% em relação à combinação lona dupla face com cor branca no primeiro ciclo, e 13,9% em relação ao tubo de PVC branco, no segundo ciclo (Tabela 6).

Tabela 6 - Valores médios de massa fresca de alface obtidos nas combinações das diferentes colorações do tubo de PVC com as coberturas de bancada.

Cobertura	Cor do tubo	Média (g)	Média (g)	Tukey*
		1º ciclo	2º ciclo	
Tubo de PVC	Cinza	226,41	201,14	A
Tubo de PVC	Branca	226,90	187,88	A
Tetra-Pak®	Cinza	245,44	214,63	A
Tetra-Pak®	Branca	239,29	206,71	A
Lona Dupla Face	Cinza	238,75	202,10	A
Lona Dupla Face	Branca	224,78	194,24	A

* medidas com a mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro

4.2.2. Massa seca e área foliar da alface para o período de 23/02 a 10/03/1999.

A análise estatística mostra que não houve efeito significativo, pelo teste F ao nível de 5%, da cobertura de bancada sobre a produção de massa seca de plantas de alface durante o segundo ciclo da cultura (Tabela 7).

Tabela 7 – Quadro de análise de variância com teste F para a variável massa seca entre os diferentes tratamentos.

C. V.	GL	SQ	QM	F	PROB
Blocos	3	3,2032	1,0677	0,90	
Coberturas	2	1,2997	0,6498	0,55	0,60
Resíduo	6	7,1242	1,1874		
Total	11	11,6271			

Pela tabela 8 observa-se que em relação à massa seca da parte aérea, para qualquer material de cobertura da bancada utilizado, o valor médio observado neste experimento foi inferior ao encontrado por Faquin et al. (1996) e Schmidt (1999) que obtiveram respectivamente, em média, 7,93 e 6,93 g de massa seca da parte aérea por planta.

Tabela 8 - Valores médios de massa seca por planta da parte aérea, da raiz e total e relação entre a massa seca da parte aérea e da raiz nas diferentes coberturas de bancada, durante o período de 23/02 a 10/03/1999.

Cobertura	MS* parte aérea (g)	MS da raiz (g)	MS total (g)	MSPA/MSR	
Tubo de PVC	5,06	1,11	6,17	4,56	A
Tetra-Pak®	5,86	1,29	7,15	4,54	A
Lona Dupla Face	5,39	1,12	6,51	4,71	A

medidas com a mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro

*MS – massa seca por planta

A massa seca total também apresentou valores inferiores aos encontrados por Koefender (1996), Faquin et al. (1996), Mondin (1996) e Schmidt (1999) que obtiveram respectivamente, médias de 7,35 g, 9,12 g, 15,88 g e 8,48 g de massa seca total por planta.

Apesar da massa seca total obtida neste experimento ser em todos os casos inferior à encontrada por Koefender (1996) e Faquin et al. (1996), o valor da massa seca da raiz foi equivalente a encontrada por estes autores, sendo respectivamente, médias de 1,05 g e 1,19 g de massa seca da raiz. O valor observado neste experimento só foi inferior ao encontrado por Schmidt (1999) que obteve médias de 1,69 g de massa seca de raiz por planta.

Ao analisar-se a relação massa seca da parte aérea e massa seca de raiz (MSPA/MSR), que segundo Schmidt (1999), revela-se melhor quanto maior for, pois o consumo desta hortaliça é feito com a parte aérea, observa-se que não existe diferença de resposta entre as coberturas de bancada, sendo que os valores encontrados foram equivalentes ao alcançado por Schmidt (1999) que obteve 4,48 na relação massa seca da parte aérea e massa seca da raiz.

Outra variável de crescimento analisada durante o segundo ciclo da cultura foi a área foliar. Na tabela 9 observa-se que a área foliar, por pé de alface, para a cobertura de bancada Tetra-Pak® foi superior as demais coberturas, atingindo uma diferença percentual de 24,4% em relação ao tratamento sem cobertura do tubo de PVC, embora tais diferenças não tenham sido estatisticamente significativas.

Tabela 9 – Área foliar por pé de alface para os diferentes tratamentos de cobertura de bancada, no período de 23/02 a 10/03/1999.

Coberturas	Área foliar (cm ²)	Tukey*
PVC	0,90	A
Tetra-Pak®	1,12	A
Lona dupla face	1,03	A

* medidas com a mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro

Verifica-se que no segundo ciclo, embora o Tetra-Pak® tendesse a apresentar valores superiores das variáveis de crescimento em relação aos outros tratamentos, não houve diferença estatística entre eles, o que pode ser justificado por não ter havido diferença significativa da temperatura do ar das canaletas nos diferentes tratamentos. Entretanto, deve-se recordar que nesse ciclo ocorreu diferença significativa de massa fresca entre o Tetra-Pak® e os demais tratamentos, indicando uma diferença do balanço hídrico da planta entre os tratamentos.

4.2.3. Comparação da cv. Vera e a cv. Regina no período de 13/03 a 27/03/1999.

Durante o terceiro ciclo de estudo, no período de 13/03 a 27/03/1999 foi realizada a comparação do desenvolvimento das cultivares Vera e Regina. No quadro de análise de variância (Tabela 10) verifica-se que não houve diferença significativa pelo teste F ao nível de 5% (5,14) entre as cultivares, concluindo-se que para o período acima, nas condições do experimento as cultivares podem ser tratadas de forma agrupada pois apresentaram desempenho semelhante.

Tabela 10 – Quadro de análise de variância com teste F para a variável cultivar entre os diferentes tratamentos.

C. V.	GL	SQ	QM	F	PROB
Blocos	3	3251,17	1083,72		
Coberturas	2	1820,38	910,19	6,17*	0,0053
Cor do tubo	1	261,3	261,33	1,77	0,1924
Coberturas X Cor do tubo	2	30,29	15,15	0,10	0,9027
Cultivar	1	80,08	80,08	0,54	0,4665
Coberturas X Cultivar	2	80,54	40,27	0,27	0,7629
Cor do tubo X Cultivar	1	352,08	352,08	2,39	0,1320
Coberturas X Cor tubo X Cultivar	2	232,29	116,15	0,79	0,4635
Resíduo	33	4869,83	147,57		
Total	47	10978,0			

Observa-se pela tabela 11 que apesar da interação cobertura de bancada, cor do tubo e cultivar não apresentar diferença estatística significativa, a interação entre o tubo de PVC sem cobertura, a cor do tubo cinza e a cultivar Vera apresentou valor de massa fresca superior às demais interações, com um valor percentual de 13,3% maior em relação à combinação com menor massa fresca (lona dupla face, com tubo de PVC branco e cv. Vera).

Tabela 11 - Valores médios de massa fresca entre as diferentes colorações do tubo de PVC, as coberturas de bancada e as cultivares.

Cobertura	Cor do tubo	Cultivares	Média (g)	Tukey*
Tubo de PVC	Cinza	Regina	229,50	A
Tubo de PVC	Cinza	Vera	240,75	A
Tubo de PVC	Branca	Regina	234,25	A
Tubo de PVC	Branca	Vera	223,00	A
Tetra-Pak®	Cinza	Regina	230,75	A
Tetra-Pak®	Cinza	Vera	233,50	A
Tetra-Pak®	Branca	Regina	232,50	A
Tetra-Pak®	Branca	Vera	226,50	A
Lona Dupla Face	Cinza	Regina	223,50	A
Lona Dupla Face	Cinza	Vera	218,00	A
Lona Dupla Face	Branca	Regina	219,25	A
Lona Dupla Face	Branca	Vera	212,50	A

* medidas com a mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro

Analisando apenas a cor do tubo e material de cobertura e considerando a média entre a massa fresca das duas cultivares, observa-se na tabela 12 que a interação tubo de PVC sem cobertura e cor do tubo cinza apresentou valor médio

de massa fresca superior aos demais tratamentos, mas por sua diferença em relação a interação do Tetra-Pak® e cor do tubo cinza ser desprezível, conclui-se que para este período as duas interações podem ser igualmente utilizadas.

Tabela 12 - Valores médios de massa fresca entre as diferentes colorações do tubo de PVC e as coberturas de bancada.

Cobertura	Cor do tubo	Média (g)	Tukey*
Tubo de PVC	Cinza	235,13	A
Tubo de PVC	Branca	228,63	A
Tetra-Pak®	Cinza	232,13	A
Tetra-Pak®	Branca	229,50	A
Lona Dupla Face	Cinza	220,75	A
Lona Dupla Face	Branca	215,88	A

* medidas com a mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro

4.3. Análise global incluindo as condições microclimáticas da estufa.

Durante o primeiro ciclo da cultura estudado (29/01 a 16/02/1999) o material de cobertura Tetra-Pak® originou menor temperatura média do ar no período diurno nas canaletas de cultivo (Tabela 2), e também maior massa fresca em relação as demais coberturas (Tabela 3).

Já no segundo ciclo da cultura (23/02 a 10/03/1999) o ganho de massa fresca do Tetra-Pak® em relação as demais coberturas foi estatisticamente maior, mas a temperatura média do ar nas canaletas cobertas com este material não foi

estatisticamente significativa quando comparado aos demais tratamentos, mesmo apresentando temperaturas menores.

No terceiro ciclo (13/03 a 27/03/1999), a temperatura do ar das canaletas de cultivo foi significativamente menor no Tetra-Pak®, mas não houve diferença na produção de massa fresca entre ele e o tubo de PVC sem cobertura (tabela 12), sendo que ambos produziram cerca de 5,7 % a mais de massa fresca que o tratamento com lona dupla face.

Analizando os três ciclos em conjunto, observa-se que durante o primeiro ciclo a temperatura do ar no interior das canaletas, tanto no período diurno quanto no noturno, foi superior aos demais ciclos para todos os tipos de cobertura (Tabela 2), sendo o terceiro ciclo o que apresentou temperaturas mais baixas. Em relação a massa fresca verifica-se que o primeiro ciclo também apresentou valores superiores em cerca de 16%, sendo em ambos usada a mesma cultivar.

Embora a temperatura média do ar no interior das canaletas no primeiro ciclo tenha sido superior à dos demais ciclos, a menor temperatura do ar da estufa no primeiro ciclo pode justificar a maior massa fresca obtida nesse ciclo.

Esse ganho de massa fresca provavelmente está relacionado às condições microclimáticas da estufa no período em que foi conduzido o experimento (Figura 13 e Apêndice B), pois ao se analisar a temperatura do ar da estufa, vê-se que no primeiro ciclo ela foi menor que nos demais períodos, sendo que este ciclo foi o que apresentou temperaturas mais próximas à faixa de temperatura ideal de desenvolvimento da alface, 15-20°C (Cormeño, 1977).

Figura 13 – Variação da temperatura média do ar da estufa durante os três ciclos da cultura ao longo do dia.

O Apêndice B mostra, também, que no segundo ciclo a irradiância solar no interior da estufa foi, em média 11,0% maior que no primeiro ciclo e 5,2% em relação ao terceiro ciclo, o que poderia explicar a maior temperatura do ar no segundo ciclo. Deve-se ressaltar que os valores de irradiância no interior da estufa foram equivalentes a cerca de 40% dos observados no exterior, em função da atenuação pela cobertura da estufa. Esta diferença do regime de radiação no interior da estufa nos diferentes ciclos pode explicar, em parte, as diferenças de temperatura média do ar entre eles.

Os valores médios de umidade relativa do ar foram bastante próximos nos diferentes ciclos de cultivo. Sganzerla (1995) cita que a faixa ideal de valores médios para a alface encontra-se entre 60 e 80%; os valores médios observados neste estudo estiveram dentro dessa faixa.

Pode-se concluir, portanto, que tanto a temperatura do ar nas canaletas de cultivo, como a temperatura do ar da estufa, devem ser consideradas no estudo do efeito das condições ambientais sobre o crescimento da alface em sistema hidropônico.

Além da temperatura do ar das canaletas e das condições microclimáticas da estufa, seria interessante desenvolver um estudo da influência do material de cobertura sobre a temperatura da solução nutritiva.

Durante o experimento não foi observado se houve diferença de maturação das plantas nos tratamentos com diferentes materiais de cobertura de bancada, ou seja, se o tipo de cobertura influiu antecipando ou retardando a maturação de cada variedade, o que seria interessante levar em consideração em futuros experimentos.

5. CONCLUSÕES

- A. A temperatura do ar no interior das canaletas de cultivo foi sempre superior à da temperatura do ar da estufa. No período noturno, com a ausência da radiação não houve influência das coberturas e a variabilidade espacial da temperatura ficou minimizada em toda a estufa.
- B. No primeiro e terceiro ciclos de estudo, a cobertura Tetra-Pak® condicionou menor temperatura média do ar das canaletas, sendo que no segundo ciclo não ocorreu diferença significativa entre os tratamentos.
- C. Com relação ao tipo de cobertura, observou-se que a massa fresca produzida pela cv. Verônica com o material de cobertura de bancada Tetra-Pak® foi em média significativamente maior que nos demais tratamentos, nos períodos de 29/01 a 16/02/1999 e 23/02 a 10/03/1999.
- D. Com relação a cor do tubo de PVC (branco ou cinza), embora tenha existido um acréscimo em relação a massa fresca para a cor do tubo cinza, essas diferenças não foram estatisticamente significativas ao nível de 5%.
- E. No período de 23/02 a 10/03/1999, embora o Tetra-Pak® tendesse a apresentar valores superiores das variáveis de crescimento, não houve diferença estatística entre os tratamentos, o que poderia ser justificado por não ter havido diferença

significativa da temperatura do ar das canaletas nos tratamentos. Entretanto, deve-se recordar que nesse ciclo ocorreu diferença significativa de massa fresca entre o Tetra-Pak® e os demais tratamentos, indicando uma diferença do balanço hídrico da planta entre os tratamentos.

F. No período de 13/03 a 27/03/1999, não foi verificada diferença de massa fresca entre as cultivares Vera e Regina nos diferentes tratamentos. Não foi observada, também, diferença significativa entre os tratamentos, embora o Tetra-Pak® tenha condicionado temperatura do ar das canaletas inferior.

G. A temperatura do ar nas canaletas e na estufa durante todo o período de observação, foi muito superior aos valores recomendados como ideais para o desenvolvimento da alface (15 – 20°C). Este fato pode ter influído na resposta de crescimento, dificultando a separação do efeito do tipo de cobertura de bancada. Tanto a temperatura do ar das canaletas como a da estufa devem ser consideradas no estudo do efeito das condições ambientais sobre o crescimento da alface em sistema hidropônico.

6. BIBLIOGRAFIA

ALPI, A.; TOGNONI, F. **Cultura em estufas**. Lisboa, 2ª edição, Editorial Presença, 1978.

_____. American Society for Horticultural Science, **HortScience**, volume 10. 1975.

APONTE, A. **Alternativa ecológica ante el desastre agropecuario en la region andina y costera**. Fonaip Divulga; Maracay, v.10, 1993. p. 15-16.

ARAUJO, J. A. C.; CASTELLANE, P. D. **Plasticultura**. Jaboticabal, FUNEP, 1991

BASSO, E. N.; BERNARDES, L. J. L. **Hidroponia - Técnicas e implantação comercial do cultivo do alface**. Estação experimental de hidroponia, Charqueada, 1993.

BLISKA JUNIOR, A.; HONÓRIO, S.L. **Cartilha tecnológica: hidroponia**. UNICAMP: Campinas, 1996. 50 p.

BLISKA JUNIOR, A.; HONÓRIO, S.L. **Cartilha tecnológica: Plasticultura e estufa**. UNICAMP: Campinas, 1996. 85 p.

BURIOL et al., 1993. **Modificação na Temperatura Mínima do Ar causada pôr estufas de polietileno transparente de baixa densidade**. Revista Brasileira de Agrometeorologia / Universidade Federal de Santa Maria.

- Departamento de Fitotecnia. Vol. 1 (1993). Santa Maria.
- CAMARGO, A. P.; PINTO, H. S.; PEDRO JÚNIOR, M. J.; ALFONSI, R.R.; ORTOLANI, A.A. **Clima do Estado de São Paulo**. In: SAAESP, Instituto Agrônômico. Zoneamento Agrícola do Estado de São Paulo. Campinas, Instituto agrônômico, vol.1, 1974.
- CARMELLO, Q.A.C. Cultivo hidropônico de plantas. Série produtor rural – nº1, Piracicaba: ESALQ, 1997. 27p.
- CASTELLANE, P. D.; ARAUJO, J. A. C. **Cultivo sem solo - Hidroponia**. Jaboticabal, FUNEP, 1994.
- CERMEÑO, Z. S. **Cultivo de plantas hortícolas em estufas**. Lisboa: Litexa Editora Ltda. 1977. 355p.
- CERMEÑO, Z. S. **Cultura de plantas hortícolas em estufas**. Barcelona: Editorial Aedos. 1977. 301p.
- CERMEÑO, Z. S. **Estufas – instalações e manejo**. Lisboa: Litexa, 1990. 301p.
- COSTA, M. G. S. Estudo da variação da temperatura e umidade relativa do ar em ambiente protegido. São Carlos, 1998. 156p. Dissertação (mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- DOUGLAS, J. S. **Hidroponia - Cultura sem terra**. São Paulo, Ed. Nobel, 1987.
- FAQUIN, V.; FURTINI NETO, A.E.; VILELA, L.A.A. **Produção de alface em hidroponia**. Lavras: UFLA, 1996.
- FARIA JÚNIOR, M. J. de A.; ARAÚJO, J. A. **Estudo do microclima em dois modelos de estufas cobertas com filme de polietileno em Ilha Solteira – SP**. In: XXIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, Campinas, 1994. 14p.
- FARIAS et al. 1993-a. **Efeito da Cobertura Plástica de estufa sobre a Radiação Solar**. Revista Brasileira de Agrometeorologia / Universidade Federal de Santa Maria. Departamento de Fitotecnia. Vol. 1 (1993). Santa Maria.

- FARIAS et al. 1993-b. **Alterações na Temperatura e Umidade Relativa do Ar provocadas pelo uso de Estufa Plástica.** Revista Brasileira de Agrometeorologia / Universidade Federal de Santa Maria. Departamento de Fitotecnia. Vol. 1 (1993). Santa Maria.
- FERNANDES, A. L. T. Monitoramento da cultura de crisântemo em estufa através do uso de lisímetro e estação agrometeorológica automatizados. Piracicaba, 1996. 96p. Dissertação (mestrado). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- FOSSATI, C. **Como praticar el hidrocultivo.** EDAF, Madrid, 174p. 1986.
- FURLAN, R. A. Consumo de água pela cultura do crisântemo envasado, cultivar puritan, sob condições de estufa. Piracicaba, 1996. 65p. Dissertação (mestrado). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- FURLANI, P.R. **Cultivo de Alface pela Técnica de Hidroponia,** Instituto Agrônômico de Campinas, 1995.
- Globo Rural. Cultivo sem solo. Ano 10 - N 119 - set / 1995.
- GOTO, R. & TIVELLI, S.W. **Produção de hortaliças em ambiente protegido: condições subtropicais.** São Paulo: Fundação Editora da UNESP, 1998.
- GONZALES, A.M. Ahorro energetico y materiales de cobertura para cultivos horticolas. In: **Curso Internacional de Horticultura Intensiva (Comestible y Ornamental) en Climats Aridos, IV, 1985,** Murcia,Espana, Apostilas..., Murcia: Ministerio de Agricultura, Instituto nacional de Investigaciones Agrarias. V.2. 1985 n.p.
- HANGER; B.C. The nutrient solution and its preparation. In: **Hydroponics for Schools and the Home Grower.** Melbourne, Victorian Schools’Nursery. 1986. P. 21-33.
- HUTERWAL, G.O. **Hidroponia: cultivo de plantas sin tierra.** 3 ed. Buenos Aires, Hobby, 1960.

Informativo Coopercitrus - Hidroponia - Verduras limpas o ano todo. Ano VII - N 84 - Bebedouro, 1993.

JANICK, J. Horticultural Reviews, volume 5, Avi Publishing Company, INC. Westport, Connecticut.

JANICK, J. Horticultural Reviews, volume 7, Avi Publishing Company, INC. Westport, Connecticut.

JONES, L. Home Hydroponics. Crown Publishers, INC. New York

KOEFENDER, V.N. Crescimento e absorção de nutrientes pela alface cultivada em fluxo laminar de solução . Piracicaba, 1996. 85p. Dissertação (mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

LEJEUNE, J.P.; BALESTRAZZI, E. **L’importanza dell’acqua nella coltura idroponica**. L’Informatore Agrario, 1992

Manchete Rural - Hidroponia; as vantagens do plantio na água. n.90. nov / 1994

MAGNANI Jr, T. Estudo das condições de desenvolvimento de culturas pelo processo hidropônico. São carlos, 1998. 66p. Dissertação (mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

MAROTO, J.V. **Elementos de Horticultura General**. Madrid, Ediciones Mundi-Prensa. 1990. 443p.

MARTINEZ GARCIA, P. F. **Características climáticas de los invernaderos de plástico**. Madrid: Instituto Nacional de Investigaciones Agrárias – INIA. Hojas Tecnica, 19, 1978. 48p.

MARTINEZ GARCIA, P. F. La regulación de las condidiones del ambiente enlos cultivos protegidos. In: **Feria Tecnica Internacional de la Maquinaria Agricola, 1986**. Zaragoza, espana. **Anais...**, Zaragoza: Asociación nacional de Ingieros Agronomos, 1986. p. 135-147.

- MILLS, P. J. W.; SMITH, I. E.; MORAIS, G. A greenhouse design for a cool subtropical climate with mild winters based in microclimatic measurements of protected environments. **Acta Horticulturae**, n.281, 1990. p. 83-93.
- MONDIN, M. Efeito de sistema de cultivo na produtividade e acúmulo de nitrato em cultivares de alface. Jaboticabal, 1996. 88p. (Dissertação de mestrado). Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”.
- MONTERO, J. I.; CASTILLA, N.; GUTIERREZ DE RAUÉ, E; BRESTONES, F. Climate under plastic in the Almeria area. **Acta Horticulturae**, n.170, 1985. p. 227-234.
- MORAES, C. A. G. **Hidroponia – Como cultivar tomates em sistema NFT (Técnica de fluxo laminar)**. Jundiaí: DISQ Editora, 1997.
- MOUGON, R.; MOUGON, A.; BEM MECHILA, N. **Comparative study of greenhouse covers with and without thermal screens**. Plasticulture, Paris, n.81, 1989. p.37-42.
- NEVILLE et al. Cultura do tomate com e sem cobertura plástica. I – Efeito sobre a produção e radiação interceptada. In: **Congresso Brasileiro de Agrometeorologia**, Viçosa. Resumos. 1991.
- OLIVEIRA, M.R.V. O emprego de casas de vegetação no Brasil: Vantagens e desvantagens. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.30, n.8, p. 1049-1060, ago. 1995.
- OMETTO, J.C.. 1981. **Bioclimatologia Vegetal**. São Paulo: Ed. Agronômica Ceres.
- PENNINGSFIELP, F.& KURSMANN, P. **Cultivos hidropônicos y en turba**. Madrid, Mundi-Prensa, 1975.
- PEZZOPANE, J. E. M. Uso de estufa com cobertura plástica e de quebra-ventos na produção de porta-enxertos de seringueira, na região de Campinas - SP. Piracicaba, 1994. 87p. Dissertação (mestrado). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

- PRADOS, N.C. Contribuição al estudio de los cultivos enarenados en Almeria: necesidades hídricas y extracción del nutrientes del cultivo de tomate de crecimiento indeterminado en abrigo de polietileno. Almeria, Espana, 1986. 195p Tesis (doutorado). Caja Rural Provincial, Almeria.
- PRIMAVESI, A. **Manejo Ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais**. São Paulo, Nobel, 1990.
- Revista Chapingo - Experiências sobre la produccion de flores y hortalizas en México com sistema hidropônico. Chapingo , V. 15, jun / 1991
- RESH, H.M. **Cultivos Hidropônicos**. Madrid, Ediciones Mundi-Prensa. 1987.
- ROBLEDO DE PEDRO, F.; MARTIN, L.V. **Aplicación de los plásticos en la agricultura**. Madrid: Mundi-Prensa. 1981. 552p.
- ROBLEDO DE PEDRO, F. **Laminas de polietileno y copolimero EVA para usos en agricultura**. Hojas Divulgadoras, n. 2, 1987. p. 1-20.
- ROBLEDO DE PEDRO, F ; VICENTE, L.M. **Aplicacion de los plasticos en la agricultura**. Madrid : Mundi-Prensa, 1988, 573 p.
- SALVATIERRA et al. 1991. Modificação Ambiental causada pôr tela de polietileno 1. Efeito sobre a disponibilidade de energia solar, temperaturas do solo e ar. **Congresso Brasileiro de Agrometeorologia**, 7, Viçosa, 1991. Resumos.
- SCATOLINI, M. E. Estimativa da evapotranspiração da cultura de crisântemo em estufa a partir de elementos meteorológicos. Piracicaba, 1996. 70p. Dissertação (mestrado). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- SCHIMIDT, D. Produção final. In: **Hidroponia da alface**, Santa Maria: UFSM, 1998. p. 57-62.
- SCHIMIDT, D Soluções nutritivas, cultivares e formas de sustentação de alface cultivada em hidroponia. Santa Maria, 1999. 88p. (Dissertação de mestrado). Universidade Federal de Santa Maria.

- SEEMAN, J. Greenhouse climate. In: **Seeman, J. et alli, Agrometeorology**. New York, Springer-Verlag, 1979. p.167-178.
- SGANZERLA, E. **Nova agricultura: a fascinante arte de cultivar com plásticos**. Edilio Sganzerla. Porto Alegre: Plasticultura Gaúcha. 5ª Edição. 1995.
- STOUGHTON, R. H. **Soilless cultivation and its application to commercial horticultural crop production**. Rome, FAO, 1969.
- VAZ, R.M.R. & JUNQUEIRA, A.M.R. **Desempenho de três cultivares de alface sob cultivo hidropônico**. Horticultura Brasileira, Brasília, v.16, n.2, 1998. p. 178-180.
- WINSOR, G.W.; HURD, R.G. & PRICE, D. **Nutrient film technique**. 2 ed. London, Glasshouse Crops Research Institute, 1980.

APÊNDICE

A. –Umidade do ar e Radiação Solar da estufa durante os três ciclos da cultura.

B. – Valores médios horários de Temperatura do Ar; Umidade Relativa do Ar e Irradiância Solar da estufa durante os três ciclos da cultura.

Hora	Temperatura do Ar (°C)			Umidade Relativa (%)			Irradiância Solar (W/m ²)		
	1ºciclo	2º ciclo	3ºciclo	1º ciclo	2º ciclo	3ºciclo	1ºciclo	2º ciclo	3ºciclo
1:00	20,02	21,29	20,66	86,12	88,30	87,21	0,00	0,00	0,00
2:00	19,73	21,06	20,40	86,23	89,79	88,01	0,00	0,00	0,00
3:00	19,52	20,80	20,16	86,88	90,77	88,82	0,00	0,00	0,00
4:00	19,39	20,63	20,01	87,28	91,10	89,19	0,00	0,00	0,00
5:00	19,23	20,51	19,87	87,89	90,53	89,21	0,00	0,00	0,00
6:00	19,21	20,28	19,75	87,58	91,42	89,50	0,00	0,00	0,00
7:00	19,22	20,06	19,64	87,44	92,62	90,03	0,35	0,05	0,20
8:00	19,56	20,25	19,90	86,99	92,52	89,76	15,13	9,42	12,28
9:00	21,54	22,92	22,23	79,48	81,86	80,67	73,10	78,87	75,99
10:00	23,90	25,51	24,71	70,44	71,04	70,74	169,32	127,02	148,17
11:00	25,19	27,28	26,24	65,74	64,95	65,34	225,55	200,72	213,14
12:00	26,31	28,28	27,29	62,37	62,06	62,22	295,27	294,92	295,10
13:00	27,27	29,38	28,33	59,17	58,35	58,76	323,04	362,32	342,68
14:00	27,71	30,29	29,00	57,63	54,94	56,29	324,21	388,00	356,10
15:00	27,30	30,03	28,67	59,33	55,45	57,39	233,92	247,21	240,56
16:00	26,93	29,90	28,42	59,76	56,02	57,61	193,32	247,16	220,24
17:00	24,44	29,34	26,89	60,65	57,60	59,13	108,34	177,44	142,89
18:00	22,90	27,66	25,28	66,59	64,96	65,78	53,98	82,24	68,11
19:00	21,43	27,25	24,34	71,28	66,44	68,86	26,97	54,11	40,54
20:00	20,45	25,37	22,91	74,34	73,68	74,01	5,81	4,00	4,91
21:00	19,55	23,83	21,69	77,90	80,06	78,98	0,03	0,00	0,01
22:00	19,32	23,10	21,21	78,94	82,76	80,85	0,00	0,00	0,00
23:00	19,09	22,48	20,78	79,51	85,90	82,71	0,00	0,00	0,00
24:00	18,87	21,96	20,42	80,23	87,70	83,97	0,00	0,00	0,00
média	22,00	24,56	23,28	74,99	76,28	75,63	85,35	94,73	90,04