COMPORTAMENTO TÉRMICO DO SOLO E DO AR EM ALFACE (Lactuca
sativa L.) PARA DIFERENTES TIPOS DE COBERTURA DO SOLO

ARTUR GUSTAVO MULLER

Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof. Dr. Klaus Reichardt

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

PIRACICABA

Estado de São Paulo - Brasil

agosto - 1991

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Livros da
Divisão de Biblioteca e Documentação - PCAP/USP

M958c Muller, Artur Gustavo
Comportamento térmico do solo e do ar em alface
(Lactuca sativa L.) para diferentes tipos de cobertura do
solo. Piracicaba, 1991.
77p.

Diss.(Mestre) - ESALQ
Bibliografia.

1. Alface - Desenvolvimento - Efeito da cobertura do
solo 2. Ar - Temperatura - Efeito da cobertura do solo
3. Solo - Cobertura 4. Solo - Temperatura I. Escola Supe-
rior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba

CDD 631.436

COMPORTAMENTO TÉRMICO DO SOLO E DO AR EM ALFACE (Lactuca
sativa L.) PARA DIFERENTES TIPOS DE COBERTURA DO SOLO

ARTUR GUSTAVO MULLER

Aprovada em: 19. 09. 1991

Comissão julgadora:

Prof. Dr. Klaus Reichardt	ESALQ/USP
Prof. Dr. Osny Oliveira Santos Bacchi	CENA
Prof. Dr. Sérgio Oliveira Moraes	ESALQ/USP

Prof. Dr. Klaus Reichardt
Orientador

Aos meus pais

Manfred Lothar Müller e

Adalisa Hoffmann Müller

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Klaus Reichardt, pe ami e orientação durante o período de execução deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Nilson Augusto Villa Nova pelas sugestões e incentivo.

Aos demais professores do departamento de Física e Meteorologia pelos ensinamentos e dedicação.

À Maria Izalina Ferreira Alves, pelo auxílio na análise estatística.

Aos colegas Marciano Medeiros de Pereira Brito, Mauro Januário, Irene Trebejo Varillas e Zildene Pedrosa de Oliveira, pelo convívio e amizade.

Aos demais colegas de curso pelo convívio.

Aos funcionários Francisco Bernardo Dias e Ivan José Moretti pela colaboração na montagem e instalação dos instrumentos.

Aos funcionários Ana Maria da Silva Maia Michelin, Antônio José Leite Ferraz, Edivaldo Modesto de Abreu, Marcia Regina Telles de Freitas e Robinson Luis Tuon, pelo convívio e presteza nos serviços.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS.....	vi
LISTA DE TABELAS.....	viii
RESUMO.....	xi
SUMMARY.....	xiii
1. INTRODUÇÃO.....	1
X 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	2
2.1. Botânica e Origem da Alface (<u>Lactuca</u> <u>sativa</u> L.).....	2
2.2. Distribuição Geográfica e Áreas Produtoras....	4
2.3. Necessidades Ambientais da Cultura.....	5
2.3.1. Necessidades Nutricionais.....	5
2.3.2. Necessidades Climáticas.....	6
2.4. Efeito da cobertura do solo no ambiente das culturas.....	10
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	19
3.1. Material.....	19
3.1.1. Local.....	19
3.1.2. Solo.....	19
3.1.3. Material Vegetal.....	20
3.1.4. Condições Meteorológicas do Período Experimental.....	20

3.1.5. Equipamento.....	20
3.1.5.1. Termômetros.....	20
3.1.5.2. Tensiômetros.....	24
3.1.6. Características da Parcela Experimental	24
3.1.7. Distribuição dos Instrumentos nas Parcelas.....	25
3.2. Métodos.....	27
3.2.1. Avaliação da Temperatura do Solo.....	28
3.2.2. Avaliação da Resposta da Temperatura do Ar.....	31
3.2.3. Avaliação da Resposta da Cultura.....	31
3.2.4. Avaliação da Produção.....	34
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	35
4.1. Temperatura do Solo.....	35
4.2. Temperatura do Ar.....	43
4.3. Análise de Crescimento.....	48
4.4. Produção.....	49
4.5. Análise Estatística.....	51
4.5.1. Temperatura Máxima do Solo.....	51
4.5.2. Amplitude de Temperatura do Solo.....	57
4.5.3. Temperatura Máxima do Ar.....	60
4.5.4. Amplitude Térmica do Ar.....	65
4.5.5. Análise do Crescimento.....	66

4.5.5.1. Peso Seco da Planta.....	66
4.5.5.2. Índice de Área Foliar.....	67
4.5.5.3. Taxa de Assimilação Líquida...	68
4.5.6. Produção.....	68
5. CONCLUSÃO.....	72
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	73

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
1 - Esquema da Torre com os Sensores Térmicos.....	22
2 - Distribuição dos Tratamentos e Instrumentos na Área Experimental.....	26
3 - Temperatura Estimada e Observada no Solo com Cobertura de Bidim Preto no dia 08/11 a 2 cm de Profundidade.....	37
4 - Temperatura Estimada e Observada no Solo com Cobertura de Bidim Preto no dia 08/11 a 5 cm de Profundidade.....	38
5 - Temperatura Estimada e Observada no Solo com Cobertura de Bidim Preto no dia 08/11 a 10 cm de Profundidade.....	38
6 - Temperatura do Solo com Cobertura de Bidim Preto no dia 16/11 nas Diferentes Profundidades.....	37
7 - Temperatura do Solo com Cobertura de Bagacilho no dia 16/11 nas Diferentes Profundidades.....	40
8 - Temperatura do Solo com Cobertura de Bidim Cinza no dia 16/11 nas Diferentes Profundidades.....	40
9 - Temperatura do Solo sem Cobertura no dia 16/11 nas Diferentes Profundidades.....	40

Figura	Página
10 - Temperatura do Solo nos Diferentes Tratamentos a 5 cm de Profundidade no dia 30/10.....	42
11 - Temperatura do Solo nos Diferentes Tratamentos a 5 cm de Profundidade no dia 08/11.....	42
12 - Temperatura do Solo nos Diferentes Tratamentos a 5 cm de Profundidade no dia 16/11.....	43
13 - Temperatura do Ar sobre Solo Coberto com Bidim Preto no dia 16/11 nas Diferentes Alturas.....	44
14 - Temperatura do Ar sobre Solo Coberto com Bagacilho no dia 16/11 nas Diferentes Alturas.....	44
15 - Temperatura do Ar sobre Solo Coberto com Bidim Cinza no dia 16/11 nas Diferentes Alturas.....	45
16 - Temperatura do Ar sobre Solo sem Cobertura no dia 16/11 nas Diferentes Alturas.....	45
17 - Temperatura do Ar nos Diferentes Tratamentos a 5 cm de Altura no dia 30/10.....	46
18 - Temperatura do Ar nos Diferentes Tratamentos a 5 cm de Altura no dia 08/11.....	47
19 - Temperatura do Ar nos Diferentes Tratamentos a 5 cm de Altura no dia 16/11.....	47

LISTA DE TABELAS

Tabela	Página
1 - Dados Meteorológicos do Período Experimental.....	21
2 - Profundidades dos Sensores Térmicos nos Diferentes Tratamentos e Repetições.....	28
3 - Dados de Difusividade Térmica do Solo nos Dias 30/10 e 08/11.....	36
4 - Dados de Difusividade Térmica do Solo nos Dias 16/11 e 27/11.....	36
5 - Peso Seco da Planta nos Diferentes Dias após o Plantio.....	48
6 - Índice de Área Foliar nos Diferentes Dias após o Plantio.....	48
7 - Taxa de Assimilação Líquida nos Diferentes Dias após o Plantio.....	48
8 - Número de Plantas Comercializáveis, por Canteiro (repetição) nas Diferentes Coberturas do Solo....	50
9 - Peso Médio de Plantas, por Canteiro (repetição) nas Diferentes Coberturas do Solo (gramas).....	50
10 - Número de Plantas Mortas, por Canteiro (repetição) nas Diferentes Coberturas do Solo.....	50
11 - Número de Plantas em Fase de Alongamento dos En-	

Tabela

Página

trenós, por Canteiro (repetição), nas Diferentes Coberturas do Solo.....	51
12 - Número de Plantas Doentes, por Canteiro (repetição), nas Diferentes Coberturas do Solo.....	51
13 - Temperatura Máxima Média do Solo nas Diferentes Coberturas do Solo.....	52
14 - Temperatura Máxima Média do Solo nos Diferentes Tipos de Coberturas e dias por Transplante...	53
15 - Radiação Solar nos dias de Acompanhamento do Comportamento Térmico do Solo e Ar.....	53
16 - Análise da Regressão Polinomial da Temperatura Máxima com a Profundidade.....	54
17 - Análise das Regressões Polinomiais da Temperatura Máxima do Solo com a Profundidade dentro do Fator Datas.....	54
18 - Análise das Regressões Polinomiais da Temperatura Máxima do Solo com as Datas.....	56
19 - Amplitude Média de Temperatura do Solo nas Diferentes Cobertura do Solo.....	57
20 - Amplitude de Temperatura do Solo nos Diferentes tipos de Cobertura e dias após o transplante.....	58
21 - Análise da Regressão Polinomial da Amplitude de Temperatura do Solo com a Profundidade.....	59
22 - Análise das Regressões Polinomiais da Amplitude	

Tabela	Página
de Temperatura com a Profundidade dentro do Fator Datas.....	59
23 - Análise da Regressão Polinomial da Amplitude de Temperatura do Solo com as Datas.....	60
24 - Temperatura Média das Máximas do Ar nos Diferen- tes tipos de Cobertura e dias após o transplante.	61
25 - Temperatura Média das Máximas do Ar nos Diferen- tes tipos de Cobertura e dias após o transplante.	64
26 - Análise da Regressão Polinomial do Peso Seco das Plantas com o Fator Data.....	65
27 - Análise da Regressão Polinomial do Índice de Área Foliar com a Fator Datas.....	65
28 - Taxa de Assimilação Líquida nas Diferentes Cober- turas do Solo.....	66
29 - Produção de Alface nos Diferentes Tipos de Cober- tura do Solo.....	67
30 - Produção de Alface nos Diferentes Tipos de Cober- tura do Solo.....	68

Comportamento térmico do solo e do ar em alface
(Lactuca sativa L.) para diferentes tipos de cobertura do
solo

Candidato: Artur Gustavo Müller

Orientador: Prof. Dr. Klaus Reichardt

Resumo:

O trabalho consistiu na determinação do comportamento térmico do solo e do ar em cultura de alface, nas camadas próximas a superfície do solo, através de sensores térmicos de resistência elétrica do tipo NTC (coeficiente térmico negativo) instalados 5, 10 e 20 cm de altura e a três profundidades em relação a superfície do solo, sendo posteriormente feita a estimativa da temperatura do solo a 2, 5 e 10 cm de profundidades.

Os tratamentos analisados foram as coberturas do solo com bidim preto, bidim cinza, bagacilho de cana e a testemunha com o solo sem cobertura. Cada tratamento constou de três parcelas experimentais que eram constituídas por canteiros de 10 m x 1.2 m com 4 linhas de alface (Lactuca sativa L.) espaçadas em 0.30 x 0.30 m.

Os sensores térmicos estavam fixos nos diferentes níveis de altura e profundidade em torres de PVC sendo que foram instaladas 3 torres (repetições) em cada canteiro central dos diferentes tratamentos. As leituras de

temperatura foram realizadas em dias típicos de céu claro a partir das 6h até às 20h em intervalos de 20 min.

A análise de crescimento foi realizada com amostragens, a partir do 22º dia, de 10 em 10 dias com a determinação do peso seco da planta, índice de área foliar e taxa de assimilação líquida.

A partir dos dados das quatro datas de leituras utilizadas para este trabalho foi encontrada uma diminuição da temperatura máxima e da amplitude térmica do solo nos tratamentos com as diferentes coberturas em relação ao solo nú, porém as variações na taxa de assimilação líquida nos períodos observados não puderam ser correlacionados às variações de temperatura do solo, pois os tratamentos que se destacaram foram o bidim preto e o solo nú que tiveram comportamentos térmicos distintos.

Soil and air thermal behaviour for different soil covers in lettuce crop (Lactuca sativa L.) and its influence on plant growth

Summary:

The experiment consisted of monitoring soil and air thermal behaviours in lettuce crop. Measurements were made close to soil surface, using electrical resistance sensors of the type NTC (negative thermal coefficient) at heights of 5, 10 and 20 cm, and at three depths in relation to soil surface. Later soil temperatures were estimated at the depths of 2, 5 and 10 cm.

Soil covers were i) black "bidim"; ii) grey "bidim"; iii) sugar-cane bagasse; and iv) bare soil. Each treatment consisted of three experimental plots of 1.2 x 10.0 m, with four lettuce lines (Lactuca sativa L.) with a spacing of 30 x 30 cm.

Thermal sensors were fixed to PVC towers installed in the center of each treatment. Three replicates were used. Temperature measurements were made in typical days of clear sky, starting 6:00 am, until 8:00 pm, in intervals of 20 minutes. Growth analysis was made in 10 day intervals, after the 22th day, with determinations of dry matter of the

plant, leaf area index and net assimilation rate.

The analysis of the four typical days showed a decrease of maximum temperature and of the thermal wave amplitude in the soil, for all treatments in relation to bare soil. On the other hand, changes in net assimilation rate, for the periods under observation, could not be correlated to soil temperature changes. Only bare soil had significantly different thermal behaviour.

1. Introdução

A cobertura do solo é uma prática cultural que visa principalmente o controle de ervas daninhas, evitar a perda demasiada de água por evaporação do solo, e facilitar a colheita e a comercialização uma vez que o produto é mais limpo e sadio.

Porém ao se cobrir o solo também são alterados parâmetros importantes do microclima, como a temperatura do solo e ar cujas amplitudes variam com a absortividade e condutividade térmica do material utilizado na cobertura.

A temperatura é um dos principais parâmetros que controlam o crescimento e desenvolvimento dos vegetais. Alguns processos afetados pela temperatura são: germinação das sementes, o crescimento das raízes, a absorção de água e nutrientes, a produção de metabólitos e armazenamento de carboidratos.

Além disto a temperatura do solo influi na evaporação da água, no crescimento e multiplicação de microorganismos, na intemperização de rochas e na volatilização de sais, fatores estes que indiretamente também influenciam no crescimento e desenvolvimento vegetal.

Por isto é necessário que se estude todos os

parâmetros afetados em uma determinada mudança de prática cultural e avalie seus efeitos na cultura para melhor poder adequar esta nova prática cultural, visando o aumento da produtividade e/ou qualidade do produto.

Neste trabalho foram medidos perfis de temperatura do solo e do ar com termoresistores e realizado o acompanhamento do desenvolvimento da cultura pela análise do peso seco da planta, índice de área foliar e taxa de assimilação líquida com os objetivos de:

- determinar a influência de diferentes tipos de cobertura no comportamento térmico do solo e ar,
- fazer a avaliação do desenvolvimento da cultura com relação aos tipos de cobertura.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Botânica e Origem da Alface (Lactuca sativa L.)

A alface pertence a família Compositae, tribo Cichorieae, caracterizando-se pelo hábito herbáceo devido ao caule muito curto, não ramificado, dando a planta um aspecto de roseta, as folhas podem também encurvar-se e formar uma "cabeça" que é característica das variedades do tipo repolhudo. As folhas podem ter a forma arredondada, lanceolada ou quase espatulada. A consistência pode ser coreácea ou tenra. Os bordos dos limbos foliares podem ser lisos, ondulados ou crespos. O sistema radicular é pivotante, com ramificações finas e curtas que, segundo MAROVELLI et alii (1989), exploram efetivamente até 15 a 30 cm de profundidade durante a fase vegetativa, que é a fase de interesse do produtor.

Segundo LINDQVIST (1960), a alface é originária da Ásia Menor, sendo que esta já era bem conhecida 500 A.C. porém vários autores, segundo WHITAKER (1969), relatam que ela é originária da costa sul do mediterrâneo.

2.2. Distribuição Geográfica e Áreas Produtoras

A alface é uma das hortaliças mais produzidas em todo o mundo pois devido ao seu ciclo curto pode ser cultivada em quase todas as regiões, pois são necessários apenas a existência de no mínimo dois meses de clima apto ao cultivo.

Atualmente existem variedades mais adaptadas aos diferentes ambientes e climas que já permitem certas regiões produzirem alface durante o ano inteiro, como é o caso das regiões serranas dos trópicos. Apesar disto a qualidade e quantidade aumentam nos períodos mais frios.

Por causa da sua precocidade a alface encontra-se no mercado brasileiro durante todo o ano, fazendo desta hortaliça uma das mais consumidas no Brasil. Outras características importantes da alface são o seu , as qualidades nutricionais de possui vitamina C e do complexo B que não se perdem, pois a alface é consumida "in natura", e nutrientes essenciais como Fe e Ca.

No Brasil as maiores zonas produtoras de alface se encontram nos "cinturões verdes" que circundam as grandes regiões metropolitanas do país. Isto ocorre devido a alface ser um produto apenas comercializável in natura, cujo transporte possui uma grande influência no custo final, e por ter seu preço de mercado muito afetado pela perda de água que ocorre rapidamente pelas folhas.

2.3. Necessidades Ambientais da Cultura

A alface, por ser uma hortaliça de ciclo curto e crescimento rápido, é muito exigente na existência de um meio adequado para que ocorra um acelerado incremento de peso, tanto da disponibilidade de nutrientes quanto das condições climáticas.

2.3.1 Necessidades Nutricionais

Segundo EDMOND et alii (1967), a alface pode ser cultivada em vários tipos de solo, conforme pode ser exemplificado pela grande variação de textura destes nos principais centros produtores dos EUA. Quanto a fertilização do solo é necessário que se faça um controle adequado do pH, pois as plantas diminuem sua produção com a acidez do solo. Outro aspecto é a concentração de sais, uma vez que esta cultura é sensível, sobretudo nos estádios mais jovens, à alta concentração salina sendo então necessário um adequado sistema de irrigação e escolha de fertilizantes que não salinizem o terreno.

Por ser uma hortaliça folhosa a alface requer um bom suprimento de N que deve ser oferecido em doses pequenas e mais constantes no período de maior crescimento.

MAROTO (1986) recomenda que sejam fornecidas 4 doses iguais de N, a primeira juntamente com os demais fertilizantes no preparo dos canteiros, a segunda quando a

planta tiver 6-8 cm, a terceira 15 dias após, e a quarta no início da fase de formação da "cabeça".

Como hortaliça a alface exige normalmente no preparo do solo uma boa adubação orgânica, que é além de fonte de nutrientes para a planta além de melhorar as qualidades físicas do solo e aumentar a atividade microrrgânica, contudo como as quantidades de nutrientes exigidas pela planta para desenvolver o seu potencial econômico são grandes, normalmente são necessárias adubações complementares de N, P, K, B e Mo.

2.3.2 Necessidades Climáticas

Todas as plantas possuem uma faixa de condições ambientais na qual conseguem se desenvolver, e dentro desta faixa existem as condições ideais para este desenvolvimento, que se alteram nos diferentes estádios de desenvolvimento da planta. Assim também ocorre com a alface que durante o seu ciclo sofre a influência do fotoperiodismo, intensidade luminosa e temperatura em diferentes intensidades de acordo com o seu estágio de desenvolvimento fisiológico e variedade.

Segundo FILGUEIRA (1982), o fotoperiodismo é importante para a alface sendo esta uma planta que exige dias curtos durante seu período vegetativo e para emitir o pendão floral a alface exige dias longos, havendo porém

grandes diferenças nos valores críticos de comprimento do dia exigidos entre as variedades cultivadas. Segundo Ryder¹ (1979), citado por ZATARIN (1985), existem inclusive variedades que são de classes fotoperiódicas diferentes, além de plantas de dias longos, como a Grand Rapids, existem variedades indiferentes ao fotoperíodo, como a Grand Lakes.

No período de crescimento vegetativo a luz solar é essencial para o desenvolvimento da planta sendo que a intensidade luminosa tem um efeito tanto no ciclo da cultura como no seu rendimento. PANDURO (1986), analisando o desenvolvimento e rendimento da alface cultivada a pleno sol e com cobertura de telados que reduzem a radiação solar incidente na cultura em 60 e 45%, em sistemas de cultivo direto e transplantado, observou que tanto o telado de 60 como o 45% de redução da luz incidente apresentaram um rendimento menor em relação ao tratamento a pleno sol nos dois tipos de cultivo, e que os tratamentos telados retardaram o início do florescimento em 30 dias em relação as plantas cultivadas a pleno sol.

Segundo ADAMS et alii (1984), a iluminação é necessária para a boa germinação da semente de alface, pois

¹RYDER, E. J. 1979. Leafy salad vegetables. Westport, AVI Publishing Company. 266p.

quando esta é colocada em ambiente com ausência de luz diminui a sua velocidade de germinação.

MAROTO (1986), indica que mesmo que exista um grande número de variedades cultivadas, em termos gerais pode se dizer que a temperatura ótima para a germinação é de 25°C e a temperatura ótima para o crescimento da alface oscila entre os 15 e 20°C.

BRUNINI et alii (1976), em trabalho realizado em Campinas com o cultivar "White Boston" com o qual foi feito o acompanhamento do desenvolvimento relativo em diferentes temperaturas ambiente, observou que o desenvolvimento da cultura em função da temperatura não é linear, pois atinge um valor máximo, em torno de 22°C, após o qual a taxa de desenvolvimento decresce.

Segundo FILGUEIRA (1982), todos os cultivares produzem melhor em climas amenos pois as temperaturas baixas são essenciais para a boa formação da "cabeça" sendo que temperaturas noturnas são mais importantes do que temperaturas diúrnas (temperaturas altas são prejudiciais devido ao encurtamento do ciclo vegetativo, ocasionando a produção de plantas menores). Se a alface não for colhida nesta fase, ainda com tamanho reduzido, vai formar o talo floral o que deprecia ainda mais o produto. CASSERES (1980), complementa observando que com o desenvolvimento do talo floral diminui a qualidade da alface pois esta sai do padrão de comercialização e se torna mais amarga.

EDMOND (1967), afirma que o principal fator ambiental no cultivo da alface é a temperatura e também

ênfatiza a importância da temperatura noturna, afirmando que, para o desenvolvimento de "cabeças" firmes e sólidas, são necessárias temperaturas noturnas uniformes entre 7,2 e 10°C combinadas com temperaturas diurnas, em dias ensolarados, entre 12,8 e 26,7°C, sendo que temperaturas elevadas, particularmente durante a etapa de formação das cabeças, parece ser o principal fator responsável pela falta de firmeza da cabeça.

NOTHMANN (1977), estudando o efeito das condições sazonais no desenvolvimento da alface em Israel observou que são dois os processos que governam o desenvolvimento da "cabeça" em todas as estações do ano que são, o acúmulo de folhas de mesmo comprimento e dobradura destas folhas. O adequado dobramento das folhas ocorre estas crescem em temperaturas moderadas e com o aumento do número de horas de brilho solar, período este que ocorre durante o final do inverno e entrada da primavera. Já no período de encurtamento do fotoperíodo assim como no outono, e temperaturas elevadas, como no verão, não houve dobradura e formação de "cabeça".

KNIGHT & MITCHELL (1983), trabalhando com duas variedades de alface "Salad Borol" e "Waldmann's Green", nos Estados Unidos, submeteram-nas a duas intensidades luminosas: (1) 1,14 cal.cm⁻².min⁻¹ e (2) 2,28 cal.cm⁻².min⁻¹; e três regimes térmicos: (1) 25°C durante o dia e 25°C durante a noite, (2) 25°C durante o dia e 20°C durante a noite e (3)

20°C durante o dia e 25°C durante a noite; observaram que ambos os cultivares apresentaram um maior acúmulo de matéria seca em alta intensidade luminosa e alta temperatura durante o dia e a noite.

MILLER & LANGHADS (1985), em trabalho realizado em Ithaca, NY, utilizando alface variedade "Grand Rapids" observando o efeito das temperaturas máxima em diferentes períodos do dia ou da noite constataram que quando o pico de temperatura é dado pela manhã, cedo às 6h, proporciona um incremento de temperatura durante o período noturno e as plantas crescem lentamente, e por outro lado, quando o pico máximo é dado durante o meio do dia ou no final do dia a planta cresce bem.

2.4. Efeito da cobertura do solo no ambiente das culturas

O desenvolvimento vegetal é influenciado pela temperatura do ar e do solo em todas as suas atividades metabólicas.

BLISS (1944), afirma que as amplitudes térmicas diárias no ar e na camada superficial do solo estão associadas às diferentes condições meteorológicas. OLIVEIRA et alii (1979), correlacionaram as temperaturas do solo a 2 cm de profundidade como resposta a temperatura do ar e verificou bons resultados para dias sem precipitação. Porém estas relações entre temperatura do ar e do solo em relação

as condições ambientais também são alteradas com a mudança do albedo e da difusividade térmica da superfície, que propriedades que variam com a utilização de "mulching". Por isto as relações de cobertura do solo com a temperatura do solo e do ar, bem como com a produção vegetal são bastante estudados.

O efeito da cobertura sobre a temperatura do solo e do ar e os seus efeitos sobre o crescimento da cultura podem ser bem observados no trabalho de WALKER (1969), que estudou o comportamento de sementes de milho com o aumento de 1°C na temperatura do solo. Neste trabalho foram observados vários parâmetros que resultaram nas seguintes análises:

- a) 1° C de diferença na temperatura do solo, no intervalo de 12 a 35°C, induz a mudança no crescimento e nutrição das sementes em uma quantidade de 30 a 40% por °C;
- b) com o incremento de 1°C na temperatura do solo, no intervalo de 12 a 26°C, o peso seco total das sementes tem um aumento de 20% que em relação ao tratamento anterior, e com incremento de 1°C na temperatura no intervalo de 26 a 35°C, o peso seco total da semente diminui 12%;
- c) em altas temperaturas do solo as plantas apresentaram uma queda na concentração de Ca, sendo que no intervalo de temperatura entre 24 a 30°C, nas duas folhas mais jovens, o nível de cálcio é decrescente com o aumento da temperatura do solo chegando a níveis de deficiência;
- d) a concentração de N aumenta em plantas crescidas em solo

com incrementos de temperatura no intervalo de 12 a 18°C, e decresce em plantas com o incremento de temperaturas no intervalo de 18 a 26°C e aumenta novamente com o incremento de temperatura na faixa de 26 a 34°C;

decresce cerca de 25% quando a temperatura do solo aumenta de 12 a 34°C, nesta faixa o crescimento da planta aumentou com o incremento da temperatura, o que demonstra que baixas temperaturas de solo não diminuem a taxa de crescimento pelo decrescimento de fósforo absorvido;

f) a concentração de K aumenta acima de 100% quando a temperatura do solo foi elevada de 12 para 18°C, e permaneceu ao mesmo nível com temperaturas do solo maiores de 18°C.

Alhmaras et alii (1964), encontraram uma variação linear entre o crescimento de milho e a temperatura do solo sendo que foram estudados três índices de crescimento da planta, peso seco, quantidade de N e quantidade de K na planta, cujas temperaturas do solo a 10 cm que corresponderam ao máximo desenvolvimento foram respectivamente de 25,2°C a 28,9°C, de 24,2°C a 28,4°C e de 22,6°C a 25,8°C.

CERVELLINI & SALATI (1962), constataram que de maneira geral a cobertura morta faz com que no período da manhã a temperatura do solo seja maior, em relação ao solo descoberto, e no da tarde menor, isto é, diminui a amplitude térmica do solo.

SIDIRAS & PAVAN (1986), estudando o sistema de

manejo de plantio direto e com cobertura permanente, obtiveram resultados que concordam com o parágrafo anterior. O trabalho de DECICO & SANTOS (1975), também produziu resultados semelhantes, porém a cobertura do solo com polietileno preto apresentou uma temperatura média mais alta e a amplitude de temperatura não diferiu do solo sem cobertura.

KOHNKE & WERKHOVEN (1963), observaram que existe uma variação na resposta da temperatura média diária ao "mulching" de acordo com a época do ano. Em seu experimento com dados de 2,5 cm de profundidade houve um acréscimo de temperatura de 1 a 2°F durante o inverno, uma diminuição de temperatura na primavera de 1 a 2°F e que foi acrescida durante o verão para 3 a 4°F.

Lehenauer¹, citado por WIJK et alii (1959), observou que a taxa de desenvolvimento das sementes era maior em uma faixa de temperatura do solo entre 30,5 a 33°C e que quanto mais se distanciava desta temperatura do solo havia um maior decréscimo nesta taxa. Assim como na germinação, todas as fases de desenvolvimento das plantas tem as suas temperaturas cardinais para o solo e ar e a alteração das propriedades de albedo e condutividade térmica da superfície do solo podem ajudar no desenvolvimento da cultura e aumento

¹ LEHENAUER, P. A. Growth of maize seedlings in relation to temperature. Physiology Research 1:247-288.

da produção. Por isto é importante a determinação de qual cobertura de solo em que melhor a cultura produz, bem como entender os parâmetros que foram modificados pela cobertura para que houvesse este aumento na produção.

Um bom exemplo da necessidade de considerarmos os efeitos das coberturas sobre a temperatura do solo é o trabalho de GREWAL & SINGH (1974) em cultura de batata, onde o uso do polietileno durante o outono produziu um significativo aumento na produção, porém na produção de primavera o incremento de temperatura, produzido por este tipo de cobertura, resultou no decréscimo da produção e de tubérculos mal formados.

MOTSENBOCKER & BONANO (1989), estudando a influência de três coberturas do solo, "aglomerado" de poliéster, polietileno com fendas duplas e polietileno perfurado, na temperatura do solo e do ar. Observaram que a temperatura máxima do ar a 15 cm de altura da superfície do solo foi maior em todas as coberturas em relação à testemunha sem cobertura, sendo que o polietileno perfurado foi o de temperaturas máximas mais elevadas e o poliéster o de máximas mais baixas entre as coberturas. As temperaturas mínimas foram homogêneas porém em média as coberturas provocavam temperaturas mínimas 0,3°C maiores do que o tratamento sem cobertura. A 5 cm de profundidade a temperatura do solo, tanto máxima como mínima, foram maiores em todos os tratamentos com cobertura do solo.

A consequência destes aumentos de temperaturas do solo e ar sobre a produção de melão foi o incremento da precocidade dos melões que com uma boa estratégia de comercialização, para quando estes entrassem no mercado obtivessem bons preços, viabilizaria a utilização destas coberturas do solo.

MAGISTAD et alii (1935) citando Hutchins¹ (1933); Longley² (1921) e Sakurai³ (1931), afirma que o "mulching" aumenta a temperatura do solo e reduz a amplitude de variação de sua temperatura melhorando o crescimento das plantas cultivadas, reduzindo a evaporação do solo e portanto melhorando a conservação da umidade do solo e disponibilidade hídrica. Além disto existem os fatores indiretos ligados ao aumento de umidade e temperatura do solo, como aumento dos processos biológicos e consequente aumento de liberação de nutrientes mostram que existem muitas variações de respostas a estes parâmetros de acordo com o tipo de cobertura e de

¹ HUTCHINS, A. E. Mulch paper in vegetable production. Minn. Agr. Expt. Sta. Bul. 298. 1933.

² LONGLEY, A. T. The first annual short course in pineapple production. Agr. Conf. Hawaiian Pineapple Packers Assoc. Honolulu, T. H., I: 39-46. 1921.

³ SAKURAI, Y. The results gained by the use of paper mulch and straw mulch in the fruit tree industry. Jour. Soc. Trop. Agr., 3:85-102. 1931.

solo.

Outros fatores, além da temperatura, também são influenciados pela cobertura do solo e podem alterar o desenvolvimento e produção das culturas. A redução da população de plantas invasoras, favorecendo assim o crescimento das plantas cultivadas como foi observado pelos autores citados no parágrafo anterior é um destes fatores. Outros fatores são citados a seguir.

SANS et alii (1974), estudando o efeito da cobertura morta de restos culturais (palha) de arroz no cultivo de alho, sobre a umidade e algumas características químicas do solo, observaram que a cobertura morta apresentou um efeito muito pequeno sobre a manutenção da umidade, a cobertura do solo tende a diminuir as temperaturas do solo próximas a superfície e também diminuiu as amplitudes térmicas em todo o perfil de solo.

GREWAL & SINGH (1974), estudaram o efeito da cobertura morta orgânica sobre o regime hídrico do solo e observaram que a umidade do solo foi semelhante nos diferentes tratamentos, contudo o solo sem cobertura necessitou 6 irrigações enquanto as coberturas orgânicas apenas 5 e a cobertura com polietileno 4 irrigações durante o período de experimentação.

KOHNKE & WERKHOWEN (1963), estudando o efeito de "mulching" orgânico na temperatura do solo observaram que para solos com baixa temperatura o uso desta prática cultural

é desfavorável pois diminui o aquecimento do solo e sua amplitude de variação diurna, diminuindo assim o movimento de gases como o O₂ e CO₂ no solo.

ONSANDO (1988), verificou a grande influência da cobertura do solo na disseminação da podridão preta (coração negro), provocada pela bactéria Xantomonas campestris pv. campestris, em repolho. O uso da cobertura morta com grama reduziu os respingos do solo, que contém a bactéria, reduzindo a disseminação da doença e sendo tão efetivo quanto o tratamento Cobox (50% Cu) no manejo da doença, além disto ocasionou uma melhor aparência das cabeças de repolho.

VIZZOTTO & MULLER (1989), observaram que as coberturas do solo com sombrite, bagaço de cana picado e serragem, experimentados em dois anos, e casca de arroz experimentado em apenas um ano proporcionaram um maior número de plântulas de cenoura emergidas.

COURTER & OEBKER (1964), verificaram que a cobertura polietileno preto e papel preto e marrom incrementaram a precocidade e a produção de pepino e abóbora.

CAMARGO et alii (1961), encontraram aplicabilidade de "mulching" em laranjas uma vez que a cobertura provoca um aumento na amplitude diária de temperatura do ar, que é o fator climático mais importante na coloração laranja das cascas do fruto.

O efeito da cobertura do solo na produção e desenvolvimento

dos vegetais já foi estudado visando aprimorar o uso desta técnica agrícola em várias culturas, mostrando-se um importante recurso para o aumento do rendimento.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1.

3.1.1. Local

A área utilizada neste experimento está localizada dentro da horta pertencente ao setor de horticultura da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba - SP, cujas coordenadas geográficas são: 22° 42' 30" S de latitude, 47° 38' 00" W de longitude.

Ranzani et alii¹ (1966), citados por PANDURO (1986) classificaram o solo desta área como sendo da série Luiz de Queiroz.

3.1.3. Material Vegetal

O cultivar de alface (Lactuca sativa L.) utilizado foi o Hansol que se caracteriza por ser um

¹ RANZANI, G.; FREIRE O.; KINJO, T., 1966. Carta de solos do município de Piracicaba, ESALQ - USP. 85p.

cultivar de inverno, de ciclo curto e de folhas crespas. As mudas prontas para o transplante foram fornecidas pelo Setor de Horticultura do Departamento de Agricultura da ESALQ.

3.1.4. Condições Meteorológicas do Período Experimental

As condições meteorológicas do período experimental estão na tabela 1 e são consideradas normais para a região nesta época do ano.

3.1.5. Equipamentos

3.1.5.1. Termômetros

Em cada tratamento foram instalados três torres (três repetições) com sensores térmicos para a medida de perfis de temperatura do ar e do solo. As torres eram constituídas de uma estrutura de PVC que protegia e sustentava os sensores que foram instalados a 5, 10 e 20 cm de altura e 2, 5 e 10 cm de profundidade em relação a superfície do solo conforme a figura 1.

TABELA 1 - Dados Meteorológicos do Período Experimental

Decêndio	Radiação solar	Inso- lação	Preci- tação	Umidade do ar	T média
	(cal./cm ² .dia)	(h/dia)	(mm)	(%)	(°C)
20-31 outubro	481	9,2	38,0	57	22,1
01-10 novembro	446	7,6	4,5	61	21,4
11-20 novembro	434	6,8	70,9	63	22,5
21-30 novembro	454	7,7	24,5	64	21,9
01-10 dezembro	474	9,1	7,0	56	24,2

Os sensores térmicos eram termoresistores do tipo NTC (coeficiente térmico negativo) de 30 ohms (resistência na condição padrão de 20°C) que foram escolhidos através de uma prévia avaliação de nove termoresistências procurando escolher a que tivesse o maior coeficiente de correlação na calibração e que tivesse oferta no mercado.

Estes sensores foram ligados através de um cabo à uma chave rotativa onde conectava-se um multímetro para leituras da resistência. Através da equação de calibração de cada resistência as leituras eram transformadas em temperatura.

As termoresistências foram calibradas através da leitura simultânea da resistência e de um termômetro de mercúrio imersos em água. Elevou-se a temperatura da água

Figura 1. Esquema da torre com os sensores térmicos

adicionando-se água fervente que era logo homogeneizada através de um agitador. As leituras eram tomadas quando as temperaturas se mantinham constantes eram feitas as leituras. A faixa de temperatura que foi utilizada foi dos 8 aos 47°C sendo que foram lidos em média 18 dados por termoresistência.

Estes dados foram então ajustados à seguinte equação, utilizada por Ferraz et alii (1974):

$$T = a + b \cdot \ln R + c (\ln R)^2 \quad (1)$$

onde: T: é a temperatura

R: é a resistência

a, b e c: são constantes determinadas pela regressão polinomial dos dados

Como no equipamento existe a inclusão de fios, chaves e soldas a resistência destes foram medidas antes da inclusão das termoresistências e esta incluída na equação (1) para cada sensor obtendo-se então:

$$T = a + b \cdot \ln(R - r) + c [\ln(R - r)]^2 \quad (2)$$

onde: r: é a resistência dos fios, chaves e soldas e que permanece praticamente constante com a variação da temperatura.

Os coeficientes de correlação da calibração variaram de 0,984 a 0,999.

3.1.5.2. Tensiômetros

Foram instalados tensiômetros a uma profundidade de 10 cm em relação à superfície do solo sendo que em cada parcela experimental cujas leituras serviram para o acompanhamento da umidade do solo e a determinação do momento de irrigação.

3.1.6. Características da Parcela Experimental

Cada parcela experimental constou de um canteiro de 10 m x 1,2 m que possuía 4 linhas de alface espessadas de 0,3 m e com igual espaçamento de planta na linha, contendo um total de 136 plantas na parcela.

Cada tratamento constou de três repetições que foram instaladas uma ao lado da outra com o objetivo de aumentar a área de mesmo tratamento ao redor dos sensores térmicos do ar, uma vez que a temperatura deste é influenciada pela cobertura de uma extensa área. Os tratamentos testados foram: bidim cinza, bidim preto e bagacilho de cana. Como testemunha foi utilizada a cultura instalada sobre o solo sem cobertura, ou seja, solo nua. A distribuição dos tratamentos pode ser vista na figura 2.

3.1.7. Caracterização das Diferentes Coberturas

O bagacilho de cana é o material residual da prensagem da cana-de-açúcar para a retirada do caldo de cana,

este material é picotado para facilitar o seu manuseio.

O bidim é um material poroso, o que possibilita a infiltração de água por toda a superfície, produzido a partir de uma fibra sintética, o poliéster. Fabricado pela Rhodia S.A., os bidims utilizados possuíam a espessura de 0,2 cm.

3.1.8. Distribuição dos Instrumentos nas Parcelas

As torres com os sensores térmicos foram instaladas no canteiro central de cada tratamento, sempre no meio do canteiro e entre as linhas internas de alface (Lactuca sativa L.), com uma distância de 1 metro entre as torres. As chaves rotativas, nas quais era conectado o multímetro, estavam a 4 metros de distância da torre mais próxima, conforme mostra a figura 2.

Os tensiômetros também foram instalados entre as linhas internas dos canteiros, sendo que em cada tratamento uma repetição o possuía instalado no lado sudoeste da parcela, outro na parte noroeste e o terceiro na parte central, conforme a figura 2.

O preparo do solo constou de fertilização, aração para a incorporação do adubo e então o achego de terra para a confecção dos canteiros. Além das fertilizações tradicionais foi realizada uma suplementar de NPK via foliar no dia 22/11 para evitar qualquer tipo de deficiência

Figura 2. Distribuição dos tratamentos e instrumentos na área experimental.

nutricional.

O transplante foi realizado no dia 23/10 e algumas mudas que não vingaram foram substituídas num replantio no dia 01/11.

Para assegurar o pegamento das mudas foram realizadas irrigações todos os dias até o 25º dia após o transplante. A partir deste dia foram irrigados apenas os tratamentos cuja média das leituras dos três tensiômetros foi maior do que 20 cm de coluna de mercúrio o que corresponde a uma tensão de aproximadamente 0,21 atmosferas.

O controle das ervas daninhas foi realizado manualmente através de capina nos dias 09/11 e 22/11.

O final do experimento ocorreu com a colheita da no dia 05/12.

3.2. Métodos

3.2.1. Avaliação da Temperatura do Solo

As leituras de temperatura foram feitas em dias típicos de céu claro e ensolarado, para poder-se avaliar o comportamento térmico, uma vez que em dias nublados ocorrem flutuações de temperatura que não possibilitam a obtenção de um comportamento diário característico, não se adaptando à equação de comportamento térmico do solo.

Os dias cujos dados foram utilizados no presente trabalho foram: 30/10, 08/11, 16/11 e 27/11. As

leituras iniciavam as 6 h da manhã e eram feitas de 20 em 20 minutos até as 19:40 a não ser no dia 08/11 quando ainda foram realizadas leituras durante o período noturno, às 9, 10, 12, 02 e 04 h .

Os sensores de temperatura do solo não ficaram instalados exatamente nas profundidades desejadas , as profundidades reais foram medidas ao serem removidos os instrumentos e estão na tabela 2, o que não permite a comparação entre as temperaturas do solo dos tratamentos. Por isto foram calculadas as difusividades térmicas do solo nos diferentes dias e profundidades médias de cada tratamento para que se pudesse fazer uma estimativa das temperaturas em uma mesma profundidade nos diferentes tratamentos.

Tabela 2. Profundidades dos sensores térmicos nos diferentes tratamentos e repetições

repetição	bidim preto (cm)	bagacilho (cm)	bidim cinza (cm)	solo nu (cm)
1	1,5 5,0 10,0	3,0 5,5 11,0	2,0 5,0 9,5	3,5 6,0 10,0
2	1,0 4,5 8,0	3,0 6,0 10,0	2,0 4,5 9,5	3,5 6,0 10,0
3	2,5 5,5 10,0	3,0 5,5 9,5	1,5 5,0 9,5	4,0 5,5 9,5

A difusividade térmica foi estimada através da fórmula do comportamento térmico do solo, estabelecida para solo nú, conforme utilizado por DECICO (1974) em diferentes coberturas de solo:

$$T(z,t) = \bar{T}(z) + T_0 \cdot \exp \{ -[w / (2 \cdot D)]^{1/2} \cdot Z \} \cdot \sin \{ w \cdot t - [w / (2 \cdot D)]^{1/2} \cdot Z \} \quad (3)$$

onde: $T(z,t)$: é a temperatura a uma profundidade z (cm) no instante t (s) medida em °C

$\bar{T}(z)$: é a temperatura média à profundidade Z

T_0 : é a amplitude máxima de variação da temperatura em $z = 0$ cm

w : velocidade angular da terra (0.0000727 rad/s)

z : profundidade (cm)

t : tempo (s)

D : difusividade térmica (cm /s)

A difusividade foi então estimada a partir dos dados de $T(z,t)$, z e t medidos a campo e da amplitude máxima de variação da temperatura em $z = 0$ estimada através do termo de amplitude térmica da equação anterior. Conforme desenvolvido a seguir:

$$A = T_0 \cdot \exp \{ -[w / (2 \cdot D)]^{1/2} \cdot z \} \quad (4)$$

onde: A : é a amplitude máxima de variação da temperatura a uma determinada profundidade z

Eliminando-se a exponencial, tem-se:

$$\ln A = \ln T_0 + [-w / (2 \cdot D)^{1/2} \cdot z] \quad (5)$$

$$\text{Considerando que: } a = \ln T_0 \quad (6)$$

$$b = [-w / (2 \cdot D)]^{1/2} \quad (7)$$

Então temos uma equação linear:

$$\ln A = a + b \cdot z \quad (8)$$

Fez-se então a regressão linear, para cada tratamento e para cada dia de coleta de dados, entre os valores de $\ln A$ e suas respectivas profundidades z_1 , z_2 , e z_3 . Com isto obteve-se os coeficientes a e b e consequentemente T_0 pois:

$$T_0 = e^a \quad (9)$$

A difusividade térmica foi obtida através do programa estatístico SAS (Statistical Analysis System).

Após o cálculo da difusividade esta entrou na equação do comportamento térmico do solo onde se obteve a estimativa da temperatura máxima e da amplitude térmica para cada tratamento nas profundidades de 2, 5 e 10 cm com os quais foram avaliados os efeitos dos tratamentos na temperatura do solo.

O comportamento térmico do solo nos diferentes tratamentos foi comparado também através de gráficos do comportamento térmico do perfil nos dias 30/10, 09/11 e 16/11.

3.2.2. Avaliação da Resposta da Temperatura do Ar

Os dados de temperatura do ar não necessitaram de nenhum ajuste nos seus valores uma vez que o suporte manteve os sensores na altura desejada. Os dados do campo foram então utilizados para a análise estatística da influência dos tratamentos sobre a temperatura do ar.

Uma análise do comportamento térmico do ar nas diferentes alturas estudadas durante o período de leitura foi realizada através de gráficos destes comportamentos para os dias 30/10, 09/11 e 16/11.

3.2.3. Avaliação da Resposta da Cultura

Para a análise do crescimento da cultura foram feitas amostragens aos 22, 32 e 42 dias após o transplante. Cada amostragem consistiu da coleta de 11 plantas por tratamento, 4 nos canteiros laterais e 3 no canteiro central, pois neste estavam instalados os sensores térmicos o que diminui a disponibilidade de plantas para a amostragem.

As plantas amostradas eram sorteadas das duas linhas internas de cada canteiro pois as linhas externas eram consideradas como sendo a bordadura da parcela experimental.

As folhas e os caules foram ensacados separadamente e colocados em estufa a uma temperatura de 70°C

até estarem totalmente secas, sendo então pesados obtendo-se o peso seco do caule, o peso seco das folhas e consequentemente de toda a parte aérea da planta.

A área foliar foi estimada através do método de Blackman & Wilson¹ (1951), citados por LUCCHESI (1984). Foram retirados círculos das folhas tenras, utilizando-se um furador de área conhecida (1,09 cm²), num total de 30 círculos por planta, sendo 6 círculos de cada uma das 5 folhas coletadas por planta. Para uniformizar as características de espessura e conteúdo de água eram utilizados sempre da 4ª a 8ª folhas mais jovens e já formadas, evitando-se sempre retirar círculos com as nervuras principais da folha. Estes círculos também eram secados em estufa e pesados obtendo-se o peso seco de uma área conhecida de folha, podendo-se então com o peso seco das folhas calcular a área foliar da planta através da fórmula:

$$AF = PSF \cdot ACirc / PSCirc \quad (10)$$

onde: AF: área foliar

PSF: peso seco das folhas

ACirc: área dos 30 círculos

PSC: peso seco dos 30 círculos

¹BLACKMANN, G. E. & G. L. WILSON. 1951. Physiological and ecological studies in the analyses of plant environment. *Annals of botany*, 15: 63-84.

O índice de área foliar obteve-se dividindo-se a AF pela área ocupada por uma planta, que é de 0,09 m² uma vez que o espaçamento utilizado foi de 0,3 x 0,3 m.

Outro índice fisiológico calculado foi a TAL (taxa de assimilação líquida) que, segundo PEREIRA & MACHADO (1987), mede as alterações na quantidade de material orgânico formada em peso de matéria seca por unidade de área foliar e unidade de tempo. Este índice mede a acumulação de matéria orgânica levando em consideração a área potencial de captação de energia solar (IAF) da planta. O índice é obtido através da seguinte equação:

$$TAL = (P_2 - P_1 / A_2 - A_1) \cdot (\ln A_2 - \ln A_1) / (t_2 - t_1) \quad (11)$$

onde: TAL: taxa de assimilação líquida (g / cm² . dia)

P₁ e P₂: são os pesos seco das folhas nas amostragens 1 e 2 respectivamente (gramas)

A₁ e A₂: são as áreas foliares nas amostragens 1 e 2 respectivamente (cm²)

t₁ e t₂: são os tempos das amostragens 1 e 2 respectivamente (dia)

Através destes índices é que se avaliou a influência dos tratamentos no desenvolvimento da cultura.

3.2.4. Avaliação da Produção

O efeito dos tratamentos sobre a produção da cultura foi avaliada através do peso final das plantas em bom estado para comercialização e pela contagem das plantas doentes, mortas e em fase de alongamento dos entrenós, que foram feitas por repetição (canteiro).

4. Resultados e Discussão

4.1. Temperatura do Solo

Os dados de difusividade térmica dos solos e de seus respectivos intervalos de confiança ao nível de 95 % estão nas tabelas 3 e 4. Observa-se que a difusividade térmica vai aumentando com a profundidade do solo em todos os tratamentos. Mesmo nos solos cobertos ocorre um secamento maior nas camadas superficiais do solo, como podemos observar nas regressões entre a difusividade térmica do solo, que é função da umidade em um mesmo tipo de solo, e a profundidade, nos diferentes tratamentos. Observa-se que a difusividade aumenta com o aumento da profundidade.

6 dias: $y = -0.072 + 0,159 x$, com $r^2 = 0,94$

15 dias: $y = -0.063 + 0,143 x$, com $r^2 = 0,96$

23 dias: $y = -0.076 + 0,169 x$, com $r^2 = 0,92$

34 dias: $y = -0.072 + 0,135 x$, com $r^2 = 0,84$

onde: y: difusividade D na profundidade z em 10^3 . cm^2/s .

x: profundidade z em cm

Observa-se que, devido a irrigação diferenciada entre os tratamentos, aos 34 dias houve uma variação da difusividade térmica, em relação as outras datas, mantendo-se porém em níveis bastante altos e com um

coeficiente de correlação de 0,84 na regressão entre difusividade e profundidade. Isto evidencia que estas variações na umidade do solo provocam uma pequena variação na condutividade térmica do solo, conforme já constatado por DECICO & SANTOS (1974).

tabela 3. Dados de Difusividade térmica do solo nos dias 30/10 e 08/11.

Tratamento	Prof. (cm)	Dia 30/10		Dia 08/11	
		D ($\cdot 10^{-3}$ cm ² /s)	Intervalo confiança	D ($\cdot 10^{-3}$ cm ² /s)	Intervalo confiança
bidim preto	1.7	0.116	0.093-0.138	0.115	0.087-0.144
	5.0	0.786	0.700-0.872	0.707	0.632-0.782
	9.3	1.389	1.314-1.435	1.272	1.119-1.352
bagacilho	3.0	0.413	0.362-0.461	0.357	0.322-0.403
	5.7	0.948	0.857-1.088	0.873	0.801-0.945
	10.2	1.646	1.547-1.745	1.502	1.422-1.583
bidim cinza	1.8	0.184	0.153-0.214	0.176	0.149-0.203
	4.8	0.779	0.693-0.864	0.619	0.749-0.638
	9.5	1.505	1.391-1.619	1.321	1.224-1.398
solo nú	3.7	0.491	0.406-0.577	0.470	0.423-0.517
	5.8	0.818	0.709-0.928	0.791	0.727-0.855
	9.8	1.145	1.033-1.257	1.133	1.056-1.210

tabela 4. Dados de Difusividade térmica do solo nos dias 16/11 e 27/11.

Tratamento	Prof. (cm)	Dia 16/11		Dia 27/11	
		D ($\cdot 10^{-3}$ cm ² /s)	Intervalo confiança	D ($\cdot 10^{-3}$ cm ² /s)	Intervalo confiança
bidim preto	1.7	0.100	0.070-0.130	0.171	0.153-0.190
	5.0	0.742	0.661-0.823	1.078	0.982-1.168
	9.3	1.400	1.255-1.424	1.298	1.134-1.469
bagacilho	3.0	0.403	0.321-0.485	0.624	0.584-0.671
	5.7	0.869	0.780-0.958	0.925	0.830-1.118
	10.2	1.693	1.465-1.921	1.692	1.618-1.776
bidim cinza	1.8	0.172	0.146-0.198	0.387	0.334-0.442
	4.8	0.638	0.569-0.707	1.094	1.006-1.179
	9.5	1.336	1.242-1.429	1.641	1.513-1.770
solo nú	3.7	0.673	0.562-0.785	0.960	0.909-1.011
	5.8	1.300	1.175-1.425	1.231	1.150-1.209
	9.8	1.642	1.432-1.851	1.337	1.266-1.414

Os dados de temperatura do solo e do ar nos dias escolhidos para a coleta dos dados foram utilizados na análise estatística, porém apenas foram impressos gráficos representativos para evitar a repetição de informações.

As figuras 3 a 5 comparam a temperatura observada e estimada nas diferentes profundidades no dia 08/11 no tratamento com bidim preto. A partir da análise destas verifica-se que existe uma boa relação entre a temperatura estimada e observada durante o período diurno, porém no período noturno há uma subestimação da temperatura do solo em todas as profundidades estudadas.

Figura 3. Temperatura estimada e observada no solo com cobertura de bidim preto no dia 08/11 a 1,7 cm de profundidade

Figura 4. Temperatura estimada e observada no solo com cobertura de bidin preto no dia 08/11 a 5 cm de profundidades

Figura 5. Temperatura estimada e observada no solo com cobertura de bidin preto no dia 08/11 a 9,7 cm de profundidades

Comparando-se as figuras 6 a 9 observa-se que o perfil com maior amplitude de variação de temperatura ocorre no solo nú. Desta observação podemos constatar que este tratamento mostrou uma maior difusividade térmica na sua camada entre a superfície do solo e 2 cm de profundidade, do que nos solos com cobertura, uma vez que na camada entre 2 e 10 cm de profundidade a difusividade é semelhante em todos os tratamentos, como já exposto anteriormente.

Figura 6. Temperatura do solo com cobertura de bidin preto no dia 16/11 nas diferentes profundidades.

Figura 7. Temperatura do solo com cobertura de bagacilho no dia 16/11 nas diferentes profundidades.

Figura 8. Temperatura do solo com cobertura de bidin cinza no dia 16/11 nas diferentes profundidades.

Figura 9. Temperatura do solo sem cobertura no dia 16/11 nas diferentes profundidades.

Comparando-se as figuras 10 a 12 verifica-se que o tratamento com o solo nú apresenta uma nítida tendência a aumentar sua variação de temperatura durante o dia enquanto que os demais tratamentos mantem suas variações de temperaturas extremas semelhantes.

Figura 10. Temperatura do solo nos diferentes tratamentos a 5 cm de profundidade no dia 30/10.

Figura 11. Temperatura do solo nos diferentes tratamentos a 5 cm de profundidade no dia 08/11.

Figura 12. Temperatura do solo nos diferentes tratamentos a 5 cm de profundidade no dia 16/11.

4.2. Temperatura do Ar

A influência dos tratamentos na temperatura nas diferentes alturas pode ser analisada nas figuras 13 a 16, observa-se que as temperaturas mínimas, em todas as alturas estudadas, são iguais, porém durante o período de temperaturas mais altas durante o dia ocorrem variações da temperatura do ar com as alturas, ocorrendo uma maior temperatura na altura de 20 cm, que é devido a um maior fluxo de calor neste período pela ocorrência de convecção livre.

Figura 13. Temperatura do ar sobre o solo coberto com bidin preto no dia 16/11 nas diferentes alturas.

Figura 14. Temperatura do ar sobre o solo coberto com bagacilho no dia 16/11 nas diferentes alturas.

Figura 15. Temperatura do ar sobre o solo coberto com bidin cinza no dia 16/11 nas diferentes alturas.

Figura 16. Temperatura do ar sobre o solo sem cobertura no dia 16/11 nas diferentes alturas.

O comportamento diário do perfil de temperatura nos diferentes tratamentos e dias são observados nas figuras 17 a 19. A partir destas verifica-se que não ocorrem variações de temperatura entre os tratamentos durante o período de temperaturas mais baixas, porém quando existe uma maior disponibilidade energética ocorrem maiores variações na temperatura do ar entre os tratamentos, contudo devido a alta oscilação da temperatura dentro do próprio tratamento fica difícil visualizar alguma variação no comportamento térmico do ar entre os tratamentos, a não ser uma tendência do solo nu de possuir as temperaturas mais baixas em relação aos outros tratamentos.

Figura 17. Temperatura do ar nos diferentes tratamentos a 5 cm de altura no dia 30/10.

Figura 18. Temperatura do ar nos diferentes tratamentos a 5 cm de altura no dia 08/11.

Figura 19. Temperatura do ar nos diferentes tratamentos a 5 cm de altura no dia 16/11.

4.3. Análise de Crescimento

Os dados de análise de crescimento da cultura, que neste trabalho foram o peso seco da planta, o índice de área foliar e a taxa de assimilação líquida estão respectivamente nas Tabelas 5, 6 e 7 e foram utilizados para a análise estatística do desempenho da cultura em cada tratamento.

tabela 5. Peso seco da planta nos diferentes dias após o plantio (gramas)

Re- pe- ti- ção	bidim preto			bagacilho			bidim cinza			solo nú		
	22	32	32	22	32	42	22	32	42	22	32	42
1	1.53	4.92	16.88	1.90	5.17	9.61	1.37	7.09	11.84	1.74	7.34	13.21
2	0.91	3.97	10.70	3.07	6.25	14.22	1.37	7.24	14.22	1.76	5.93	11.86
3	1.05	5.37	10.59	2.59	6.39	17.70	2.13	8.85	17.95	1.65	9.57	17.14
M	1.16	4.75	12.72	2.52	5.94	13.84	1.62	7.73	14.67	1.72	7.61	14.04

tabela 6. Índice de área foliar da planta nos diferentes dias após o plantio

Re- pe- ti- ção	bidim preto			bagacilho			bidim cinza			solo nú		
	22	32	32	22	32	42	22	32	42	22	32	42
1	0.53	1.60	3.98	0.69	1.49	2.38	0.51	1.80	2.45	0.53	1.68	2.54
2	0.28	0.97	2.35	1.19	1.75	3.23	2.13	2.00	3.23	0.61	0.68	2.06
3	0.33	1.49	2.61	0.94	1.93	4.32	0.81	2.23	3.82	0.56	2.02	3.41
M	0.38	1.35	2.98	0.94	1.72	3.31	1.15	2.01	3.17	0.57	1.46	2.67

tabela 7. Taxa de assimilação líquida nos diferentes dias após o plantio (gramas . cm⁻² . dia⁻¹)

Re- pe- ti- ção	bidim preto		bagacilho		bidim cinza		solo nú	
	22-32	32-42	32-32	32-42	32-32	32-42	32-32	32-42
1	0.64	0.75	0.47	0.30	1.12	0.26	1.05	0.35
2	1.10	0.69	0.27	0.49	1.24	0.35	0.68	0.46
3	1.32	0.35	0.41	0.59	0.83	0.41	1.42	1.42
M	1.02	0.60	0.38	0.41	1.06	0.34	1.05	1.39

4.4. Produção

Os dados de número de plantas comercializáveis, peso médio de plantas, número de plantas mortas, número de plantas em fase de alongamento dos entrenós e número de plantas doentes, para cada repetição, estão respectivamente organizadas nas Tabelas 8, 9, 10, 11 e 12.

Tabela 8. Número de plantas comercializáveis, por canteiro (repetição), nas diferentes coberturas do solo.

Repetição	bidim preto	bagacilho	bidim cinza	solo nú
1	56	31	59	40
2	65	41	74	48
3	61	44	67	35
Total	182	116	200	123

Tabela 9. Peso médio de plantas, por canteiro (repetição), nas diferentes coberturas do solo (gramas).

Repetição	bidin preto	bagacilho	bidin cinza	solo nú
1	190	280	290	260
2	220	350	320	290
3	200	320	270	210
Média	200	320	290	250

Tabela 10. Número de plantas mortas, por canteiro (repetição), nas diferentes coberturas do solo.

Repetição	bidin preto	bagacilho	bidin cinza	solo nú
1	35	19	15	28
2	23	08	11	21
3	18	09	27	26
Total	76	36	53	75

Tabela 11. Número de plantas em fase de alongamento dos entrenós, por canteiro (repetição), nas diferentes coberturas do solo.

Repetição	bidin preto	bagacilho	bidin cinza	solo nú
1	1	0	2	1
2	1	5	2	1
3	3	3	4	1
Total	5	8	8	3

Tabela 12. Número de plantas doentes, por canteiro (repetição), nas diferentes coberturas do solo.

Repetição	bidim preto	bagacilho	bidim cinza	solo nú
1	11	53	27	34
2	14	49	16	33
3	21	48	05	41
Total	46	150	48	108

4.5. Análise Estatística

4.5.2. Temperatura Máxima do Solo

Na tabela 13 observamos que a temperatura máxima do solo mais elevada ocorreu no solo nú e no bidim cinza, as mais baixas ocorreram no bidim preto e bagacilho de cana, contudo não diferindo estatisticamente do bidim cinza.

Como é indicado pela análise do efeito dos diferentes tipos de cobertura sobre a temperatura máxima do solo, durante o período experimental, o solo nú, juntamente com o bidim cinza, apresentaram as maiores temperaturas máximas do solo confirmando DECICO & SANTOS (1975).

Tabela 13. Temperatura máxima média do solo nas diferentes cobertura do solo.

Cobertura	Temperatura máxima (°C)	5%
solo nú	34,22	a
bidin cinza	31,22	ab
bidin preto	30,60	b
bagacilho	30,21	b

obs.: médias seguidas de mesmas letras não diferem entre si ao nível de 5%.

Na tabela 14 observamos que não houve diferença significativa na temperatura máxima do solo entre os tratamentos nas duas primeiras datas, aos 23 dias o solo nú apresentou uma temperatura máxima do solo maior diferindo significativamente das demais e aos 34 dias o solo nú apresentou a maior temperatura máxima do solo diferindo significativamente do bidin preto e bagacilho de cana, o bidin cinza apresentou uma temperatura máxima do solo intermediária não diferindo estatisticamente de nenhum dos outros tratamentos.

A partir desta análise podemos verificar uma tendência da temperatura máxima do solo aumentar com o decorrer do tempo no tratamento sem cobertura do solo. Este comportamento não está relacionado com a variação de energia disponível pois os outros tratamentos não aumentaram a temperatura proporcionalmente a variação de temperatura máxima no solo sem cobertura. Além disto a radiação solar não

acompanha a curva de temperatura máxima do solo mas pelo contrário no 34º dia após o transplante, que apresentou a temperatura média máxima do perfil mais alta, a radiação solar solar foi de 454 cal/cm².dia enquanto que nos demais dias a radiação foi superior, como mostra a Tabela 15.

Tabela 14. Temperatura máxima média do solo nos diferentes tipos de cobertura e dias após o transplante.

Cobertura	Dias após o transplante			
	6	15	23	34
Solo nú	32,26 a	32,52 a	36,52 a	35,64 a
Bidin preto	31,51 a	30,44 a	29,66 b	30,79 b
Bidin cinza	31,73 a	30,17 a	30,20 b	32,80 ab
Bagacilho de cana	29,79 a	29,84 a	31,14 b	30,08 b

DMS (5%) = 3,68781 obs.: médias seguidas de mesmas letras não diferem entre si ao nível de 5%

Tabela 15. Radiação solar nos dias de acompanhamento do comportamento térmico do solo e ar.

data	radiação solar (cal/cm ² .dia)
30/10	545
08/11	500
16/11	575
27/11	454

Este comportamento da temperatura do solo nú é provavelmente devido à formação de uma crosta na superfície, o que aumenta a difusividade térmica da camada de impedimento à condução de calor pelo aumento da densidade do solo na

camada superficial, proporcionando uma melhor condução de calor nesta camada do solo, uma vez que na camada de solo, entre 2 e 10 cm de profundidade, observamos que a difusividade térmica permaneceu nos índices dos demais dias.

Observa-se na tabela 16 que existe uma regressão linear significativa para a temperatura máxima com relação as profundidades, o que pode ser confirmado pela análise das figuras 6 a 9.

Tabela 16. Análise de regressões polinomiais da temperatura máxima com a profundidade.

Causas da variação	F	equação	r
Regressão linear	**	$y=34,32-0,2364x$	0,9533
Regressão Quadrática	ns		

ns: não significativo pelo teste F ao nível de 5%

*: significativo pelo teste F ao nível de 5%

** : significativo pelo teste F ao nível de 1%

Pela análise das regressões polinomiais (tabela 17) verificamos que as três primeiras datas apresentaram equações lineares semelhantes, decrescente para a temperatura máxima do solo com a profundidade. Aos 34 dias após o transplante notou-se um comportamento quadrático.

A partir da análise destes dados constata-se que as variações na temperatura máxima do solo possuem variações semelhantes entre as profundidades de 2 e 10 cm nos três primeiros dias de observação, o que evidencia que não houve uma variação na condução de calor no perfil, nos diferentes tratamentos em profundidades iguais. (1974).

Tabela 17. Análise das regressões polinomiais da temperatura máxima do solo com a profundidade dentro do fator datas.

Regressão	Q.M.			
	6 dias	15 dias	23 dias	34 dias
Linear	134,95**	128,41**	138,50**	0,45ns
Quadrática	2,02ns	1,13ns	1,93ns	15,66**

ns: não significativo pelo teste F ao nível de 5%

*: significativo pelo teste F ao nível de 5%

** : significativo pelo teste F ao nível de 1%

As equações ajustadas para os níveis de profundidade dentro das datas foram as seguintes:

6 dias: $y = 34,941667 - 0,31047642 x$; com $r = 0,9853$

15 dias: $y = 34,266666 - 0,3028572 x$; com $r = 0,9912$

23 dias: $y = 35,55 - 0,3145238 x$; com $r = 0,9863$

34 dias: $36,10 - 0,750832 x + 0,02850 x^2$; com $r =$

1,00

O comportamento irregular da temperatura aos 34 dias após o plantio se deve a ocorrência de nebulosidades ocasionais durante o período de aquisição de dados ,principalmente entre 14 e 16 horas, provocando assim um comportamento térmico diário do solo não característico.

Tabela 18. Análise de regressões polinomiais da temperatura máxima do solo com as datas.

Causas da variação	F
Regressão linear	9,19 **
Regressão quadrática	2,01 ns
Desvios da regressão	3,95 *

ns: não significativo pelo teste F ao nível de 5%

*: significativo pelo teste F ao nível de 5%

**: significativo pelo teste F ao nível de 1%

Observa-se na tabela 18 que houve um comportamento linear significativo (nível de 1%) para a temperatura máxima do solo no decorrer das datas.

Os dados das análises de variância da temperatura máxima do solo, amplitude de temperatura do solo, temperatura máxima do ar e amplitude de temperatura do ar indicam uma diferença significativa com a variável data, o que demonstra que apesar da escolha de dias típicos de céu claro o balanço energético varia dentro desta amostragem devido as diferenças de umidade do solo no dia 27/11. As análises das regressões destes parâmetros, respectivamente as Tabelas 18, 23, 26 e 29 demostram que estes dados não se comportam de forma a seguir uma regressão, pois as condições do tempo são aleatórias e isto pode ser verificado pelos altos desvios da regressão que provocam coeficientes de correlação não aceitáveis.

4.5.2. Amplitude de Temperatura do Solo

A tabela 19 mostra que a maior amplitude térmica diária do solo ocorreu no solo nú, bidim cinza e bidim preto, e a menor ocorreu no bagacilho de cana, porém não diferindo estatisticamente das coberturas de bidim cinza e bidim preto.

Figura 19. Amplitude média de temperatura do solo para as diferentes cobertura do solo.

Cobertura	amplitude (°C)	5%
solo nu	14,34	a
bidim cinza	11,01	ab
bidim preto	10,57	ab
bagacilho	10,16	b

obs.: médias seguidas de mesmas letras não diferem entre si ao nível de 5%.

Por esta análise temos a confirmação dos resultados encontrados por CERVELINI & SALATI (1962) que concluem que as amplitudes térmicas do solo coberto são menores do que no solo descoberto.

Na tabela 20 observa-se que não houve diferença significativa na amplitude térmica diária do solo entre os tratamentos nas duas primeiras datas, aos 23 dias o solo nú apresentou uma maior amplitude térmica do solo diferindo significativamente das demais e aos 34 dias após o plantio o solo nú apresentou a maior amplitude térmica do solo, diferindo significativamente do bidim preto e

bagacilho de cana, o bidin cinza apresentou uma amplitude térmica intermediária na, diferindo estatisticamente de nenhum dos outros tratamentos.

Pela análise da tabela 20 observamos o mesmo comportamento da temperatura máxima do solo, ou seja, as amplitudes tendem a aumentar dentro da variável datas no tratamento de solo sem cobertura, provocando assim uma variação significativa de sua temperatura comparada aos diferentes tipos de cobertura do solo nas últimas datas de leitura.

Tabela 20. Amplitude de temperatura do solo nos diferentes tipos de cobertura e dias após o transplante.

Cobertura	Dias após • transplante			
	6	15	23	34
Solo nú	12,13 a	13,70 a	17,80 a	13,71 a
Bidin preto	11,61 a	10,94 a	10,33 b	9,42 b
Bidin cinza	11,61 a	10,37 a	10,74 b	11,32 ab
Bagacilho de cana	9,78 a	10,63 a	10,74 b	8,69 b

DMS (5%) = 3,68781 obs.: médias seguidas de mesmas letras não diferem entre si ao nível de 5%

Pela tabela 21 é verificada a existência de uma relação linear entre a amplitude de temperatura do solo com a profundidade mostrando que entre as profundidades de 2 e 10 cm as variações de condutividade térmica existentes são muito pequenas entre as profundidades não provocando variações de temperatura em relação a um solo com umidade homogênea nesta camada de solo.

Tabela 21. Análise de regressões polinomiais da amplitude de temperatura do solo com a profundidade.

Causas da variação	F	equação	r
Regressão linear	**	$y=15,99-0,3834$	0,9618
Regressão Quadrática	ns		

ns: não significativo pelo teste F ao nível de 5%

*: significativo pelo teste F ao nível de 5%

**: significativo pelo teste F ao nível de 1%

As três primeiras datas apresentaram equações lineares semelhantes, decrescente para a amplitude térmica diária do solo com a profundidade. Aos 34 dias após o transplante notou-se um comportamento quadrático.

Tabela 22. Análise das regressões polinomiais da amplitude de temperatura do solo com a profundidade dentro do fator datas.

regressão	Q.M.			
	6 dias	15 dias	23 dias	34 dias
Regressão linear	336,63**	297,97**	275,90**	26,79*
Regressão quadrática	4,83ns	2,85ns	8,46ns	21,57*

ns: não significativo pelo teste F ao nível de 5%

*: significativo pelo teste F ao nível de 5%

**: significativo pelo teste F ao nível de 1%

A amplitude de temperatura diária nas diferentes profundidades mantém coeficientes semelhantes nos três primeiros dias de coleta de dados o que reforça as afirmações feitas quando da análise das regressões da temperatura máxima do solo com a profundidade nas diferentes datas.

As equações ajustadas para os níveis de profundidade dentro das datas foram as seguintes:

6 dias: $y = 17,004166 - 0,4903571 x$; com $r = 0,9858$

15 dias: $y = 16,795833 - 0,4613095 x$; com $r = 0,9905$

23 dias: $y = 17,787500 - 0,4439286 x$; com $r = 0,9702$

34 dias: $16,580555 + 0,9983333 x + 0,03344444 x^2$;

com $r = 1,00$

Através da tabela 23 observa-se que a regressão polinomial não conduziu a uma equação que representasse satisfatoriamente os dados de amplitude térmica do solo com as datas pois, apesar da alta significancia estatística, o coeficiente de correlação foi baixo (59,82 %) devido aos desvios da regressão, ou seja estas variações ocorrem ao acaso em relação ao tempo pois estão relacionadas com a disponibilidade de energia e condutividade térmica do solo.

Tabela 23. Análise de regressões polinomiais da amplitude de temperatura do solo com as datas.

Causas da variação	F
Regressão linear	0,23 ns
Regressão quadrática	10,50 **
Desvios da regressão	7,21 **

ns: não significativo pelo teste F ao nível de 5%

*: significativo pelo teste F ao nível de 5%

** : significativo pelo teste F ao nível de 1%

4.5.3. Temperatura Máxima do Ar

Observa-se na tabela 24 que no sexto dia o bidin preto e o bidin cinza apresentaram as maiores temperaturas máximas do ar, diferindo significativamente do solo nú que teve a menor temperatura máxima do ar. O bagacilho de cana apresentou a temperatura máxima do ar intermediária. Aos 15 e 23 dias após o plantio não houve diferença significativa para a temperatura máxima do ar nas diferentes coberturas. Aos 34 dias após o plantio o bagacilho de cana apresentou a temperatura máxima do ar mais alta, diferindo significativamente da temperatura máxima do ar do bidin preto, que teve a menor média, o solo nú e o bidin cinza apresentaram a temperatura máxima do ar intermediária.

Tabela 24. Temperatura média das máximas do ar nos diferentes tipos de cobertura e dias após o transplante.

Cobertura	Dias após o transplante			
	6	15	23	34
Solo nú	36,10 b	38,69 a	37,22 a	41,63 ab
Bidin preto	39,23 a	40,68 a	37,69 a	38,95 b
Bidin cinza	38,98 a	39,60 a	37,93 a	39,39 ab
Bagacilho de cana	38,64 ab	39,83 a	37,99 a	41,84 a

DMS (5%) = 2,78459 obs.: médias seguidas de mesmas letras não diferem entre si ao nível de 5%

A partir da determinação da temperatura ótima para o crescimento da alface, determinado nos trabalhos de MAROTO (1986) e BRUNINI et alii (1976), verifica-se que as

temperaturas máximas nas diferentes coberturas do solo estão bem acima destas, o que pode proporcionar um decréscimo da taxa de desenvolvimento da cultura em relação a temperatura ótima, o que ocorre quando o período de cultivo possuir uma alta temperatura como no caso de alguns dias que fazem parte do período experimental.

Os dados de temperatura máxima média do ar não diferiram significativamente entre si, o que não nos impossibilita de observar que a não cobertura do solo tende a diminuir a temperatura do ar, possibilitando assim melhores condições de crescimento às plantas nos horários de temperatura elevada. Porém não tendo havido diferença estatística significativa a análise de variância da temperatura máxima do solo entre os tratamentos, este trabalho não produziu dados conclusivos sobre a variação da temperatura do ar. Isto provavelmente não ocorreria se houvesse uma maior área coberta, diminuindo assim o efeito das áreas circunvizinhas quando da ocorrência de pequenas advecções, produzindo assim resultados semelhantes aos de MOTSENBOKER & BONANO (1989) que possibilitou concluir que o "aglomerado" de poliéster (bidim), entre outras coberturas, provoca um aumento da temperatura máxima do ar em relação ao solo nu.

Os dados do 34º dia após o plantio foram muito condicionados pela ocorrência de nuvens o que não proporcionou a obtenção de um comportamento característico da

temperatura nas diferentes coberturas.

4.5.4. Amplitude Térmica do Ar

Pela análise da tabela 27 observa-se que no sexto dia o bidin preto apresentou a maior amplitude térmica do ar, diferindo significativamente do solo nú que teve a menor amplitude térmica do ar. O bidin cinza e bagacilho de cana apresentaram as médias intermediárias. Aos 15 e 23 dias não houve diferença significativa das amplitudes térmicas nas diferentes coberturas. Aos 34 dias o bagacilho de cana apresentou a amplitude térmica do ar mais alta, diferindo significativamente da amplitude térmica do bidin preto, que teve a menor média. O solo nú e o bidin cinza apresentaram as amplitudes térmicas intermediárias.

Apesar de não existir uma variação significativa da amplitude térmica do ar nos diferentes tipos de cobertura do solo observa-se que, pela análise da tabela 27, as afirmações feitas na análise da tabela 24, para a temperatura máxima do ar, também servem para a amplitude térmica do ar, ou seja, existe uma tendência das coberturas do solo provocarem uma maior variação da temperatura do ar em dias típicos de céu descoberto como nos três primeiros dias de observação. Esta tendência pode vir a ser confirmada com a utilização das coberturas em áreas maiores, ampliando assim as variações de temperatura entre os tratamentos e

concordando com as afirmações de CAMARGO et alii (1961) de que o "mulching" provoca um aumento da amplitude térmica diária do ar.

Tabela 25. Temperatura média das máximas do ar nos diferentes tipos de cobertura e dias após o transplante.

Cobertura	Dias após o transplante			
	6	15	23	34
Solo nú	21,22 b	23,77 a	24,03 a	25,57 ab
Bidin preto	24,63 a	26,04 a	24,61 a	23,29 b
Bidin cinza	24,01 ab	24,64 a	25,04 a	23,96 ab
Bagacilho de cana	24,03 ab	25,05 a	25,31 a	26,73 a

DMS (5%) = 2,23839 obs.: médias seguidas de mesmas letras não diferem entre si ao nível de 5%

4.5.5. Análise do Crescimento

4.5.5.1. Peso Seco da Planta

Pela análise de regressão da tabela 30 observa-se que houve regressão linear altamente significativa para o peso seco da planta com relação as datas (ao nível de 1%), mostrando que a cultura manteve o seu acúmulo linear de matéria seca dentro do período vegetativo de 22 a 42 dias após o plantio.

Tabela 26. Análise da regressão polinomial do peso seco das plantas com o fator datas

Causas da variação	F	equação	r
Regressão linear	**	$y = -1,72 + 0,56$	0,9830
Regressão Quadrática	ns		

ns: não significativo pelo teste F ao nível de 5%

*: significativo pelo teste F ao nível de 5%

**: significativo pelo teste F ao nível de 1%

4.5.5.2. Índice de Área Foliar

Pela tabela 31 observa-se que houve uma regressão linear altamente significativa para o índice de área foliar com relação as datas (ao nível de 1%), o que era esperado, pois na alface o acúmulo de matéria seca, no período vegetativo, ocorre mais intensamente nas folhas proporcionando um comportamento similar entre o acúmulo de matéria seca e o aumento do índice de área foliar.

Tabela 27. Análise da regressão polinomial do índice de área foliar com o fator datas.

Causas da variação	F	equação	r
Regressão linear	**	$y = -0,71 + 0,11$	0,9814
Regressão Quadrática	ns		

ns: não significativo pelo teste F ao nível de 5%

*: significativo pelo teste F ao nível de 5%

**: significativo pelo teste F ao nível de 1%

4.5.5.3. Taxa de Assimilação Líquida

Na tabela 32 verificamos que houve uma taxa média de assimilação líquida no período de acompanhamento do crescimento da cultura maior no tratamento com bidin preto e no solo nú, que diferiram significativamente da menor taxa de assimilação líquida da cobertura com bagacilho de cana. O tratamento com solo coberto com bidin cinza apresentou uma taxa de assimilação líquida intermediária que não diferiu significativamente de nenhum outro tratamento.

Tabela 28. Taxa de assimilação líquida nas diferentes coberturas do solo.

Cobertura	média	5%
bidin preto	0,808	a
solo nú	0,722	a
bidin cinza	0,722	ab
bagacilho	0,422	b

obs.: médias seguidas de mesmas letras não diferem entre si ao nível de 5%.

Estas variações na taxa de assimilação líquida não podem ser correlacionadas com o comportamento térmico do solo, pois o bidin preto apresentou respostas semelhantes às demais coberturas com relação ao comportamento térmico do solo, tendo o solo nú diferido destes.

4.5.6. Produção

A análise de variância para as variáveis número de plantas comercializáveis (NPcom), peso médio das plantas comercializáveis (P méd), número de plantas mortas (NPmor), número de plantas em fase de alongamento dos entrenós (NPalo) e número de plantas doentes (NPdoe), são apresentadas a seguir.

Pela tabela 33 são observados diferenças significativas apenas nas variáveis número de plantas comercializáveis, peso médio destas plantas e número de plantas doentes. Porém estas variações não podem ser conclusivas a respeito do melhor desempenho de algum tratamento, devido a um surto de vírus do vira-cabeça que, no fim do período experimental, deixou várias plantas doentes e mortas como pode ser observado nas tabelas 10 e 12.

Tabela 29. Produção de alface nos diferentes tipos de cobertura do solo

C.V.	G.L.	Q.M.				
		NPcom	Pmed	NPmor	NPalo	NPdoe
Cobertura	3	588,75**	0,0070 *	122,89ns	2,00ns	845,43**
Resíduo	8	41,50	0,0001	48,92	2,25	43,33
Total	11					

ns: não significativo pelo teste F ao nível de 5%

*: significativo pelo teste F ao nível de 5%

** : significativo pelo teste F ao nível de 1%

Através da tabela 34 verifica-se que para a variável número de plantas comercializáveis as maiores médias

foram as do bidin cinza e bidin preto que superaram significativamente as médias do solo nú e da cobertura com bagacilho, não havendo diferença significativa entre estas duas últimas.

Para a variável peso médio as maiores médias foram as com bagacilho e bidin cinza que não diferiram significativamente do solo nú, a menor média ficou com o bidin preto que também não diferiu do solo nú.

Para a variável número de plantas doentes apresenta-se uma situação inversa ao de número de plantas comercializáveis. Isto é, as maiores médias foram obtidas com as coberturas de bagacilho e com o solo nú, que diferiram significativamente das médias referentes as coberturas com bidin cinza e bidin preto.

Tabela 30. Produção de alface nos diferentes tipos de cobertura do solo.

Coberturas	Medias		
	NPcom	Pmedio (Kg/planta)	Npdoe
Solo nú	41,00 b	0,25 ab	36,00 a
Bidin preto	60,67 a	0,21 b	15,33 b
Bidin Cinza	66,67 a	0,29 a	16,00 b
Bagacilho de cana	38,67 b	0,32 a	50,00 a
DMS 5 %	16,65	0,08	17,22

obs.: médias seguidas de mesmas letras não diferem entre si ao nível de 5%.

As análises das variáveis número de plantas comercializáveis e número de plantas doentes apresentaram um resultado favorável com relação às coberturas com bidin preto e bidin cinza, que foram menos afetados pela doença.

A variável peso médio das plantas comercializáveis apresentou um melhor desempenho do bagacilho de cana e do bidin cinza, assim poderia se supor que o bidin cinza apresentasse o melhor resultado em condições normais, porém somente um experimento sem a ocorrência desta moléstia é que poderia apresentar um resultado conclusivo sobre este assunto.

5. Conclusões

- as coberturas do solo de bidin e de bagacilho de cana alteram o comportamento térmico do solo, diminuindo sua temperatura máxima e amplitude térmica em relação à testemunha, que é o solo nú.

- a equação de comportamento térmico do solo se ajusta aos dados de temperatura diurna porém, para os dados de temperatura noturna não houve ajuste em todas as profundidades estudadas.

- as coberturas do solo não influenciaram a temperatura do ar próximo à cultura (0 - 20 cm).

- a maior taxa de assimilação líquida da planta nos tratamentos bidin preto e solo nú não foi influenciada unicamente pela alteração do comportamento térmico do solo.

- as coberturas com bidin cinza e preto apresentaram uma menor infestação do vírus do vira-cabeça.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADAMS, C.R.; BANFORD, K.M.; EARLY, M.P. Principles of Horticulture. Singapore, Imago Publishing, 1984. 10 p.
- ALLMARAS, R.R.; BURROWS, W.C.; LARSON, W.E. Early growth of corn as affected by soil temperature. Soil Science Society of American Proceedings, Madison, 28 (2): 271-5, 1964.
- BLISS, D.E. Air and soil temperatures in a California citrus orchard. Soil Science, Baltimore, 58:259-73, 1944.
- BRUNINI, O.; LISBÃO, R.S.; BERNARDI, J. B.; FORNASIER, J.B.; PEDRO JUNIOR, M.J. Temperaturas base para alface, cultivar White Boston, em sistema de unidades térmicas. Brasília, Campinas 35(19): 213-9. 1976.
- CAMARGO, A.P. de; ALTINO, A.O.; RODRIGUES, O.; GODOY, H. Efeito da cobertura do terreno em laranja sobre as

temperaturas extremas do ar. Bragantia, Campinas, 20: XI-XVII, 1961.

CAMPOS, H. Estatística aplicada à experimentação com cana de açúcar. Piracicaba, FEALQ, 1984. 292p.

CASSERES, E. Producción de hortalizas. 2ed. México, Instituto Interamericano de Ciências Agrícolas, 1980. 387p.

CERVELLINI, A. & SALATI, E. Nota prévia sobre a influência da cobertura morta na temperatura do solo. In : CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 6., Salvador, 1957. Anais. Salvador, SBOS, 1962. p.45-8.

COURTER, J.W. & DEBKER, N.F. Comparison of paper and polyethylene mulching on yields of certain vegetable crops. American Society for Horticultural Science, Beltsville, 85:526-31, 1964.

DECIO, A. A determinação das propriedades térmicas do solo em condições de campo. Piracicaba, 1974. 78p. (Livre - docência - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).

DECIO, A. & SANTOS, J.M. Comportamento térmico do solo sob diferentes condições de cobertura. In: CONGRESSO

BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 15, Campinas, 1975. Anais.
Campinas, SBOS, 1976. p.55-62.

EDMOND, J.B.; SENN, T.L.; ANDREWS F.S.

horticultura. Barcelona, Continental. 1967

FERRAZ, E.S.B. & VILLA NOVA, N.A. O termômetro de

resistência elétrica para medidas de temperatura do solo.

Piracicaba, CENA, 1974. 17p. (CENA, Boletim Didático, 16).

FILGUEIRA, F.A.R. Manual de olericultura cultura e

comercialização de hortaliças. V 2, 2ed. São Paulo,

Editora Agronômica Ceres, 1982. 357p.

GREWAL, S.S. & SINGH, N.T. Effect of organic mulches on the
hydrothermal regime of soil and growth of potato crop in
northern India. Plant and Soil, Wageningen, 40:33-47,
1974.

KNIGHT, S.L. & MITCHELL, C.A. Stimulation of lettuce
productivity by manipulation of diurnal temperature and
light. Hortscience, Alexandria, 18 (4):462-3, 1983.

KOHNKE, H & WERKHOVEN, C.H. Soil temperature and soil
freezing as affected by an organic mulch. Soil Science
Society Proceeding. Madison, 27:13-7, 1963.

LINDQVIST, K. On the origin of cultivated lettuce. Hereditas, Lund, 46: 319-50, 1960.

LUCCHESI, A.A. Utilização prática da análise de crescimento vegetal. Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 41:181-201, 1984.

MAGISTAD, O.C.; FARDEN, C.A. ; BALDWIN, W.A. Bagasse and paper mulches. Journal of the American Society of Agronomy, Washington, 27(10):813-25, 1935.

MAROTO, J.V. Horticultura herbacea especial. 2ed. Madrid, Mundi Prensa, 1986. 590p.

MAROVELLI, W.A.; SILVA, H.R. da; SILVA, W.L.C. Manejo da irrigação hortaliças. 3ed. Brasília, EMBRAPA/CNPH, 1989. 16 p. (CNPH. Circular Técnica, 2).

MILLER, W.B. & LANGHANDS, R.S. Growth and productivity of "Grand Rapids" Lettuce in diurnally fluctuating temperatures and day/night average temperatures. Journal of the American Society for Horticultural Science, Alexandria, 110(4):560-5, 1985.

MOTSENBOCKER, C.E. & BONAND, A.R. Row cover effects on air and soil temperatures and yield of muskmelon.

Hortscience, Alexandria, 24(4): 601-3, 1989.

NOTHMANN, J. Effects of soil temperature on head development of lettuce. Scientia Horticulturae, Amsterdam, 7:97-107, 1977.

OLIVEIRA, F.R. de; SEDIYAMA, G.C.; VIEIRA, M.; PINHEIRO FILHO, J.B. Temperatura do solo, a 2cm de profundidade, como resposta a temperatura do ar. Revista Ceres, Viçosa, 26(144): 205-15, 1979.

ONSANDO, J.M. Management of black rot of cabbage caused by Xantomonas campestris pv. campestris in Kenya. Acta Horticulturae, Zaltbommel, (218): 311-14, 1988.

PANDURO, A.M.R. Análise do comportamento da alface (Lactuca sativa L.), sob diferentes condições de iluminação. Piracicaba, 1986. 129 p. (Mestrado-Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).

PEREIRA, A.R. & MACHADO, E.C. Análise quantitativa do crescimento de comunidades vegetais. Campinas, IAC, 1987. 33p. (IAC. Boletim Técnico, 114).

SANS, L.M.A.; MENEZES SOBRINHO, J.A. de; NOVAIS, R.F. de; SANTOS, H.L. dos. Efeito da cobertura morta, no cultivo

- de alho, sobre a umidade e algumas características químicas do solo. Revista ceres, Viçosa, 21(114):91-104, 1974.
- SIDIRAS, N. & PAVAN, M.A. Influência do sistema de manejo na temperatura do solo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, 10(3):181-4, 1986.
- VIZZOTTO, V.J. & MULLER, J.J. Efeito da cobertura do solo sobre a emergência de plântulas de cenoura. Horticultura Brasileira, Brasília, 7(2):22-3, 1989.
- WALKER, J.M. One-degree increments in soil temperatures affect maize seedling behavior. Soil Science Society American proceedings, Madison, 33(5):729-36, 1969.
- WHITAKER, T.W. & RYDER, E.J. Letucce production in the United States. USDA, Washington Agriculture Handbook 221, 1974. 43p.
- WIJK, W.R. van; LARSON, W.E.; BURROWS, W.C. Soil temperature and the early growth of corn from mulched and unmulched soil. Soil Science Society of America Proceedings, Madison, 23(5):428-34, 1959.
- ZATARIN, M. Comportamento de Progenie de alface (Lactuca sativa L.) em diferentes épocas de plantio. Piracicaba, 1985. 90 p. Mestrado-Escola Superior de Agricultura "Luiz

de Gueiros" / USP).