

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM METEOROLOGIA

BALANÇOS DE RADIAÇÃO E ENERGIA EM UM CULTIVO DE MELÃO

ADRIANI VIEIRA ALVES

**CAMPINA GRANDE - PB
SETEMBRO - 1997**

ADRIANI VIEIRA ALVES

BALANÇOS DE RADIAÇÃO E ENERGIA EM UM CULTIVO DE MELÃO

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Meteorologia, da Universidade Federal da Paraíba, em cumprimento às exigências para a obtenção do grau de Mestre.

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: AGROMETEOROLOGIA

PEDRO VIEIRA DE AZEVEDO
(Orientador)

BERNARDO BARBOSA DA SILVA
(Co-Orientador)

CAMPINA GRANDE - PB
SETEMBRO - 1997



A474b Alves, Adriani Vieira
Balancos de radiacao e energia em um cultivo de melao /
Adriani Vieira Alves. - Campina Grande, 1997.
95 f.

Dissertacao (Mestrado em Meteorologia) - Universidade
Federal da Paraiba, Centro de Ciencias e Tecnologia.

1. Cultivo de Melao - 2. Cultivo de Melao - 3.
Dissertacao I. Azevedo, Pedro Vieira de, Dr. II. Silva,
Bernardo Barbosa da, Dr. III. Universidade Federal da
Paraiba - Campina Grande (PB)

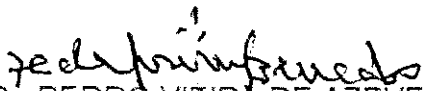
CDU 551.5:635.61(043)

ADRIANI VIEIRA ALVES

BALANÇOS DE RADIAÇÃO E ENERGIA NUM CULTIVO DE MELÃO

APROVADA EM 22/9/97

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. PEDRO VIEIRA DE AZEVEDO
Universidade Federal da Paraíba



Prof. Dr. MÁRIO DE MIRANDA VILAS BOAS RAMOS LEITÃO
Universidade Federal da Paraíba



Dr. MALAQUIAS DA SILVA AMORIM NETO
Centro Nacional de Pesquisa do Algodão - CNPA
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA

DEDICATÓRIA

Às minhas irmãs:

*Iára Regina Alves de Paiva e
Maria Cristina Alves Peres.*

E aos meus sobrinhos:

*André, Anderson, Karine, Rodrigo
e Carolina (afilhada).*

AGRADECIMENTOS

Aos dirigentes e técnicos da Fazenda São João Ltda, que tomaram possível a realização do experimento.

À José Alberto Ferreira por ceder os dados para a realização deste trabalho e pelas informações a respeito do experimento.

Em especial aos professores Dr. Pedro Vieira de Azevedo e Dr. Bernardo Barbosa da Silva, orientador e co-orientador, respectivamente, pela confiança, paciência e incentivo oferecidos.

Ao professor Dr. Mario de Miranda Vilas Boas Ramos Leitão pelas sugestões e conselhos dispensados.

À Adilson D. Barros pelas informações a respeito da cultura do melão.

Às funcionárias Eyres, Divanete e Mirian pela ajuda nas áreas de informática, administrativa e radiação, respectivamente.

À Coordenação de Pós-Graduação em Meteorologia que permitiu a realização deste trabalho.

Aos professores do Departamento de Ciências Atmosféricas e a todos os colegas de curso pela amizade e pela ajuda recebida durante a realização deste.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de estudo.

A Universidade Federal da Paraíba pela oportunidade de realizar este trabalho.

Aos amigos Halex Nunes Velez, Laércia Medeiros, Tereza Donato, Ioneide A. de Souza e Gildarte B. da Silva pelo apoio, carinho, amizade e incentivo, principalmente nas horas mais difíceis.

Também agradeço à minha família que, mesmo distante, compartilhou deste ideal.

RESUMO

Este trabalho resultou da análise dos dados de experimento realizado na Fazenda São João, município de Mossoró-RN, conduzido no período de outubro de 1993 à janeiro de 1994. Teve como objetivo avaliar os componentes dos balanços de radiação e energia, nos diversos subperíodos de desenvolvimento e crescimento da cultura do melão (*Cucumis melo* L.) irrigado, assim como estudar as necessidades hídricas da cultura, nas condições semi-áridas do Nordeste Brasileiro. O experimento foi dividido em duas parcelas de 8 X 100 m, sendo aplicadas duas lâminas diferenciadas de água, uma para cada parcela. A parcela PN recebeu a irrigação normalmente utilizada pela fazenda (100% de irrigação), estimada através da evaporação do tanque Classe A e a parcela P3 recebeu 70% da irrigação normal. Foram obtidos dados da temperatura do dossel da cultura (T_c), temperaturas dos termômetros de bulbo seco (T_a) e de bulbo úmido (T_w), pressão atmosférica (P_o), radiação solar global incidente (R_{si}) e refletida (R_{sr}), saldo de radiação (S_r), fluxo de calor no solo (G), resistência estomática da cultura (r_c) e aerodinâmica (r_a) e velocidade do vento (u). A temperatura do dossel da cultura foi monitorada através de um termômetro infravermelho e para obter a resistência estomática da cultura foi utilizado um porômetro. Semanalmente, foram avaliados a biomassa verde, matéria seca e área foliar. A análise morfológica apresentou biomassa verde, matéria seca e área foliar da parcela P3 menores do que os da parcela PN. A produção de frutos também foi maior na parcela PN, do que em P3. Conclui-se que a diminuição da lâmina de água em 30% foi suficiente para alterar o desenvolvimento morfológico e a produção da cultura. O saldo de radiação disponível representou 61% de R_{si} durante o período experimental. Os componentes do balanço de energia mostram-se bastante afetados pelo estado de estresse hídrico da cultura. A energia utilizada na evapotranspiração (LE) excedeu consideravelmente o saldo de radiação. LE representou, em média, 107,3% de S_r . Já o fluxo de calor sensível (H) e G representaram 11% e 4% do S_r , respectivamente. O albedo variou de 0,18, no início das observações, a um máximo de 0,23 no subperíodo de frutificação, apresentando flutuações diárias, especialmente após as irrigações.

ABSTRACT

This work was a result of data analysis from field experiment conducted in a private farm, Fazenda São João Ltda, located in the city of Mossoró-RN, in the period from October, 1993 to January, 1994. Its objective was to evaluate the radiation and energy balance components for various subperiods of development and growing of an irrigated melon (*Cucumis melo* L) crop, as well as to study the crop water requirements for the semi-arid conditions of Northeast Brazil. The experiment was divided into two plots, each one measuring 8m X 100m. Each plot received a different irrigation treatment. The plot PN received 100% the farm irrigation, obtained by the Class A pan evaporation and the other plot received 70% of the irrigation amount applied to the plot PN. Canopy (T_c), dry (T_a) and wet bulb (T_w) temperatures; atmospheric pressure (P_o); global (R_{si}), reflected (R_{sr}) and net (S_r) radiation; soil heat flux (G); crop (r_c) and aerodynamic (r_a) resistances and wind velocity (u) data were collected during the growing season of the melon crop. The canopy temperature was monitored by an infrared thermometer and a steady state porometer was used to measure the crop resistance. Leaf area, fresh and dry biomass were measured weekly. The morphological data showed higher values of fresh and dry biomass and leaf area for plot PN as compared to those of plot P3. It is concluded that a reduction of 30% in irrigation water was sufficient to change the morphological development and crop productivity. The available net radiation throughout the crop growing season was 61% of R_{si} . The components of the energy balance were significantly affected by the crop water stress conditions. Energy (LE) used in the evapotranspiration was found to exceed net radiation considerably. LE represented, in the average, 107% of S_r . Otherwise, the sensible heat fluxes (H and G) were 11% e 4% of S_r , respectively. Shortwave reflectivity (ρ) varied from 0.18 at the beginning of the growing season to 0.23 in the subperiod of fruit development with pronounced daily fluctuations, particularly after irrigations.

SUMÁRIO

	pág
LISTA DE FIGURAS	xii
LISTA DE TABELAS	xiv
LISTA DE SÍMBOLOS.....	xvii
LISTA DE ABREVIACÕES.....	xix
<u>CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO</u>	01
<u>CAPÍTULO 2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</u>	05
2.1 - Balanço de radiação à superfície	05
2.1.1 - Radiação de ondas curtas incidente	06
2.1.2 - Radiação de ondas curtas refletida.....	07
2.1.3 - Radiação de ondas longas.....	09
2.1.4 - Saldo de radiação	09
2.2 - Balanço de energia.....	10
2.3 - Variáveis morfológicas.....	12
<u>CAPÍTULO 3 - MATERIAL E MÉTODOS</u>	13
3.1 - MATERIAL	13
3.1.1 - Área experimental	13
3.1.2 - Clima	13
3.1.3 - Cultura.....	14
3.1.4 - Sistema de irrigação utilizado	14
3.1.5 - Solo	14
3.1.6 - Resultado qualitativo da análise dos frutos.....	16
3.1.6.1 - Conservação (vida útil pós-colheita)	16
3.1.6.2 - Perda de peso	17

3.1.6.3 - Sólidos solúveis totais	17
3.1.6.4 - pH	17
3.1.7 - Instrumentos utilizados.....	17
3.2 - MÉTODOS.....	18
3.2.1 - Sistemática das observações.....	18
3.2.2 - Tratos culturais.....	19
3.2.3 - Balanço de radiação sobre a cultura.....	20
3.2.3.1 - Componentes do balanço de radiação de ondas curtas	20
3.2.3.2 - Componentes do balanço de radiação de ondas longas	22
3.2.4 - Saldo de radiação (Sr)	23
3.2.5 - Componentes do balanço de energia sobre a cultura.....	23
3.2.6 - Determinação das variáveis morfológicas.....	29
<u>CAPÍTULO 4 - RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</u>	30
<u>CAPÍTULO 5 - CONCLUSÕES E SUGESTÃO</u>	74
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	76
APÊNDICE.....	84

LISTA DE FIGURAS

	pág
2.1 - Representação esquemática do balanço diurno de radiação.....	06
3.1 - Localização geográfica da área experimental	15
3.2 - Representação esquemática do balanço de energia num volume de controle.....	23
4.1 - Variação estacional da área foliar (AF) (a), biomassa verde (BV)(b) e matéria seca (MS) (c), nas parcelas PN e P3, juntamente com as curvas de regressão.....	33
4.2 - Variação estacional da reflectância da cultura do melão, cultivado na fazenda São João, Mossoró-RN, 1993.....	38
4.3 - Variação diurna do albedo para dia representativo do subperíodo de germinação	42
4.4 - Variação diurna do albedo para dia representativo do subperíodo de crescimento vegetativo	42
4.5 - Variação diurna do albedo para dia representativo do subperíodo de floração	43
4.6 - Variação diurna do albedo para dia representativo do subperíodo de frutificação.....	43
4.7 - Variação diurna do albedo para dia representativo do subperíodo de maturação	44
4.8 - Variação diurna média e desvio padrão do albedo representativo do período de completo desenvolvimento vegetativo.....	44
4.9 - Estimativa do albedo (ρ_v) em função do ângulo de	

elevação solar (α) para o período de completo desenvolvimento vegetativo.....	47
4.10 - Comportamento do albedo (ρ_v) e da área foliar (AF) na parcela PN (100% de irrigação) durante o crescimento do melão	49
4.11 - Estimativa do albedo (ρ_v) em função da área foliar (AF) durante o crescimento do melão.....	49
4.12 - Variação diurna das componentes do balanço de radiação para o subperíodo de germinação	54
4.13 - Variação diurna das componentes do balanço de radiação para o subperíodo de crescimento vegetativo	54
4.14 - Variação diurna das componentes do balanço de radiação para o subperíodo de floração	55
4.15 - Variação diurna das componentes do balanço de radiação para o subperíodo de frutificação	55
4.16 - Variação diurna das componentes do balanço de radiação para o subperíodo de maturação.....	56
4.17 - Variação estacional das componentes do balanço de radiação (Cal.cm^{-2} em 11h), sobre a cultura	56
4.18 - Variação estacional das componentes do balanço de energia para: (a) parcela PN (100% de irrigação) e (b) parcela P3 (70% de irrigação) no horário de 10h 30min	62
4.19 - Variação estacional das componentes do balanço de energia para: (c) parcela PN (100% de irrigação) e (d) parcela P3 (70% de irrigação) no horário de 12h 30min	69

LISTA DE TABELAS

pág

3.1 - Características físico-hídricas do solo da área experimental na Fazenda São João, Mossoró-RN.....	16
4.1 - Valores do albedo do melão, obtidos pelos métodos "A", "B" e "C", descritos anteriormente.....	46
4.2.- Razões entre as componentes do balanço de radiação para diferentes culturas.....	58
4.3 - Datas, dias após a semeadura, área foliar (cm ² /planta) e relações derivadas do balanço de energia na parcela PN às 10h 30min.....	63
4.4 - Datas, dias após a semeadura, área foliar (cm ² /planta) e relações derivadas do balanço de energia na parcela P3 às 10h 30min.....	64
4.5 - Datas, dias após a semeadura, área foliar (cm ² /planta) e relações derivadas do balanço de energia na parcela PN às 12h 30min.....	70
4.6 - Datas, dias após a semeadura, área foliar (cm ² /planta) e relações derivadas do balanço de energia na parcela P3 às 12h 30min.....	71
4.7 - Dados da produção de frutos para a parcela PN e P3, em Kg/200m ²	73

A.1 - Horários determinados do nascer e pôr do sol, meio dia solar e duração do dia (em horas e minutos) para os cinco dias representativos de cada subperíodo de desenvolvimento da cultura	85
A.2 - Valores medidos e determinados das componentes do balanço de radiação (W/m^2) e do albedo para dia representativo do subperíodo de germinação (DAS = 5).....	86
A.3 - Valores medidos e determinados das componentes do balanço de radiação (W/m^2) e do albedo para dia representativo do subperíodo de crescimento vegetativo (DAS = 20)	87
A.4 - Valores medidos e determinados das componentes do balanço de radiação (W/m^2) e do albedo para dia representativo do subperíodo de floração (DAS = 27).....	88
A.5 - Valores medidos e determinados das componentes do balanço de radiação (W/m^2) e do albedo para dia representativo do subperíodo de frutificação (DAS = 48).....	89
A.6 - Valores medidos e determinados das componentes do balanço de radiação (W/m^2) e do albedo para dia representativo do subperíodo de maturação (DAS = 67).....	90
A.7 - Valores diurnos das componentes do balanço de radiação ($Cal.cm^{-2}$ em 11h), sobre a cultura	91
A.8 - Datas, dias após a semeadura, área foliar ($cm^2/planta$) e componentes do balanço de energia (W/m^2) na parcela PN às 10h 30min.....	92

A.9 - Datas, dias após a semeadura, área foliar ($\text{cm}^2/\text{planta}$) e componentes do balanço de energia (W/m^2) na parcela P3 às 10h 30min.....	93
A.10 - Datas, dias após a semeadura, área foliar ($\text{cm}^2/\text{planta}$) e componentes do balanço de energia (W/m^2) na parcela PN às 12h 30min.....	94
A.11 - Datas, dias após a semeadura, área foliar ($\text{cm}^2/\text{planta}$) e componentes do balanço de energia (W/m^2) na parcela P3 às 12h 30min.....	95

LISTA DE SÍMBOLOS

LATINOS

- A - energia usada no processo fotossintético.
- C_p - calor específico do ar ar à pressão constante.
- d - deslocamento do plano zero.
- e_a - tensão atual do vapor d'água.
- $e_{s,a}$ - tensão de saturação à temperatura do ar.
- $e_{s,c}$ - tensão de saturação à temperatura do dossel.
- g - aceleração da gravidade.
- G - fluxo de calor no solo.
- h - altura da cultura.
- H' - ângulo horário.
- H - fluxo de calor sensível.
- L - calor latente de vaporização da água.
- LE - fluxo de calor latente.
- N - duração do dia astronômico.
- P_0 - pressão atmosférica.
- r_a - resistência aerodinâmica à difusão do vapor d'água.
- r_c - resistência da cultura à difusão do vapor d'água.
- $r_{s(aba)}$ - resistência estomática na face abaxial da folha.
- $r_{s(ada)}$ - resistência estomática na face adaxial da folha.
- $r_{s(tot)}$ - resistência estomática total da folha.
- R_{le} - fluxo de radiação de ondas longas emitido pela superfície para a atmosfera.
- R_{li} - fluxo de radiação de ondas longas emitido pela atmosfera em direção à superfície.
- R_{si} - densidade de fluxo de radiação de ondas curtas incidente.

- R_{sr} - densidade de fluxo de radiação de ondas curtas refletida pela superfície.
- R_v - constante específica do vapor d'água.
- S_r - saldo de radiação.
- t - hora legal.
- T_a - temperatura do ar.
- T_c - temperatura do dossel.
- T_{ak} - temperatura absoluta do ar.
- T_{ck} - temperatura absoluta do dossel.
- T_{mk} - média das temperaturas absoluta do ar e do dossel.
- T_v - temperatura absoluta da superfície vegetada.
- T_w - temperatura do bulbo úmido.
- $u(z)$ - velocidade média do vento na altura z .
- z_0 - coeficiente de rugosidade da superfície.
- Z - ângulo zenital.

GREGOS

- α - ângulo de elevação do sol.
- ϕ - latitude.
- δ - declinação do sol.
- γ - coeficiente psicrométrico.
- Δ - declividade da reta tangente à curva de saturação.
- Δt - correção astronômica.
- $\Delta \lambda$ - correção de longitude.
- ϵ_v - emissividade do dossel vegetativo.
- σ - constante de Stefan-Boltzmann.
- ρ_v - albedo ou reflectância da superfície vegetada.
- ρ_a - densidade do ar.

LISTA DE ABREVIACÕES

- AF - área foliar.
- BOC - balanço de radiação de ondas curtas.
- BOL - balanço de radiação de ondas longas.
- BV - biomassa verde.
- DAS - dias após a semeadura.
- MS - matéria seca.
- PN - parcela que recebeu a irrigação normal (100% de irrigação).
- P3 - parcela que recebeu 70% da irrigação normal.

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

O melão é hoje um dos produtos agrícolas de maior expressão econômica para o Nordeste do Brasil, cuja origem ainda não está bem esclarecida, motivando discussões por parte dos pesquisadores. Alguns estudiosos sugerem como provável centro de origem da espécie uma região que abrange do Irã a Transcaucasia, tendo como centros secundários o nordeste da Índia, Kashmir e Afeganistão. A sua introdução no Brasil se deu através de imigrantes europeus, tendo se desenvolvido inicialmente no Rio Grande do Sul, que foi o maior produtor nacional até final da década de 60. A sua expansão ocorreu somente depois de 1970, quando emergiram importantes núcleos de produção em São Paulo, Pará e na região do submédio São Francisco. Contudo, até 1975 a maior parte do melão comercializado no Brasil era importada, especialmente procedente de Portugal, Espanha, Argentina e Chile. Atualmente o Brasil exporta parte de sua produção para a Europa e Estados Unidos, proporcionando significativa acumulação de divisas (PEDROSA, 1992).

Destacam-se como produtores brasileiros os Estados do Rio Grande do Norte, Pernambuco, Bahia, Ceará, Rio Grande do Sul e São Paulo. O Nordeste do Brasil destaca-se como a principal região produtora de melão, sendo sua participação na produção nacional superior a 50%. Por sua vez a safra pernambucana participa com cerca de 30% da produção nacional e com mais de 60% da nordestina. A cultura do melão em Pernambuco tem sua área de concentração no submédio São Francisco, sendo Petrolina o principal município produtor, que juntamente com os municípios de Juazeiro-Ba e de Mossoró-RN, formam hoje, um dos principais pólos produtores de melão do Brasil (CEPA, 1985).

O melão pertence a família botânica Cucurbitácea (família da abóbora) e a espécie, "Cucumis melo L.". O seu fruto, de incomparável beleza plástica, é consumido " in natura ", fornecendo ao organismo humano valores significativos de hidratos de carbono, vitamina C, A e B₁, além de fósforo e cálcio. O suco concentrado pode se tornar um importante produto industrializado, próprio para exportação, podendo apresentar Brix elevado (16%), baixa acidez (0,6%) e pH 4,3 (MAISA, 1984).

O clima exerce influência substancial na produção e qualidade do melão, especialmente os fatores: temperatura, luminosidade e umidade.

A temperatura é o principal fator climático que afeta a cultura do melão, desde a germinação de sementes até a qualidade do produto. Para o crescimento de raízes, a temperatura ótima é de 15 a 20° C (WHITAKER & DAVIS, 1962). O crescimento da parte aérea é afetado por temperaturas baixas. Alguns autores afirmam que abaixo de 12°C o crescimento é paralizado. Para haver bom crescimento das plantas e boa produtividade, a cultura necessita de temperaturas elevadas, na faixa de 20 a 30°C.

A intensidade luminosa é outro fator climático que exerce influência na cultura do melão. A ação da luminosidade, interagindo com a temperatura, foi discutida por WHITAKER & DAVIS (1962). Eles verificaram que em temperaturas abaixo do ótimo, a taxa de crescimento foliar é determinada pela intensidade luminosa. A redução da intensidade de luz, ou encurtamento do período de iluminação, determina uma menor área foliar. Assim, considerando que todos os fatores que afetam a fotossíntese afetam também a qualidade do fruto, é imprescindível que uma região produtora de melão de alta qualidade apresente condições satisfatórias de luminosidade e temperatura.

A umidade do ar e do solo também apresentam influências sobre a produção e qualidade do melão. Condições de umidade elevada promovem a formação de frutos de má qualidade e propiciam a disseminação de doenças na cultura. Os melões produzidos nessas condições são pequenos e de sabor

inferior, geralmente, com baixo teor de açúcares, devido a ocorrência de doenças fúngicas que causam queda de folhas, e pelo excesso d'água que afeta a fisiologia da planta. Assim, temperaturas elevadas, associadas a alta luminosidade e baixa umidade, proporcionam as condições climáticas necessárias para a boa produtividade da cultura e para a obtenção de frutos de ótima qualidade (PEDROSA, 1992).

O meloeiro é uma cucurbitacea das mais exigentes em termos de solo, não sendo adaptável facilmente como as demais. É levemente tolerante a acidez, preferindo no entanto solos com pH em torno de 6,4 a 7,2 (BERNARDI, 1969). Somente apresenta bom desenvolvimento em solos franco-arenosos ou areno-argiloso, leves, soltos e bem arejados. Na escolha do terreno deve-se evitar local anteriormente cultivado com cucurbitácea ou então fazer rotação de pelo menos quatro anos, usando-o como pastagem.

O melão é uma cultura com particularidades na exigência de água. Durante o primeiro subperíodo de desenvolvimento, inclusive durante a germinação e a emergência, requer umidade moderada no solo. Durante o período de desenvolvimento das três ramas laterais, na floração e no início da frutificação, recomenda-se irrigações frequentes, sendo as fases de maior exigência em água. Durante o crescimento dos frutos selecionados, diminui-se a frequência das irrigações. Durante a maturação, um excesso de água exerce influência negativa decisiva na qualidade dos frutos, afetando o seu sabor e a sua capacidade de conservação. Diminui-se gradativamente as aplicações de água ao iniciar-se o subperíodo final de maturação dos frutos, quando estes adquirem sua coloração própria, mantendo-se o solo quase seco antes da colheita (PEDROSA, 1992).

Apesar de se ter conhecimento dos fatores climáticos que controlam as perdas de água pelas plantas, afetando conseqüentemente seu desenvolvimento e rendimento, é importante que se conheça o comportamento fisiológico das plantas cultivadas sob certas condições climáticas. Os fatores

ambientais são representados pela temperatura e a energia disponível para os processos metabólicos e fisiológicos que ocorrem no interior das plantas.

A atmosfera terrestre recebe energia cuja fonte primária é o Sol, mas essa energia chega à superfície sob diversas formas, ou seja: radiação de ondas curtas, radiação de ondas longas, calor sensível e calor latente. Se forem somadas todas essas contribuições, ter-se-á a quantidade total de energia trocada entre a superfície terrestre e o meio com o qual está em contato (superfície do solo, superfície vegetada, águas oceânicas), num processo tipicamente diabático, ou seja, a atmosfera recebe calor do meio com o qual está em contato ou cede (VIANELLO & ALVES, 1991).

É de fundamental importância o estudo de parâmetros meteorológicos que direta ou indiretamente possam afetar o desenvolvimento e o rendimento das culturas. Em particular, aqueles envolvidos com a diminuição ou aumento das perdas de água, têm recebido especial atenção por parte de muitos estudiosos do assunto. Visando entender melhor o comportamento das culturas e encontrar meios para aumentar a produtividade agrícola, vários estudos têm sido desenvolvidos no mundo inteiro no sentido de avaliar como os fatores ambientais e fisiológicos podem contribuir mais significativamente para tal propósito.

O presente trabalho objetivou: a) o monitoramento diurno e estacional dos fluxos de radiação sobre o meloeiro, visando analisar as componentes do balanço de radiação ao longo dos distintos subperíodos de desenvolvimento da cultura; b) estimar e analisar o comportamento das componentes do balanço de energia sobre a cultura do melão nos horários de 10h30min e 12h30min, nas parcelas que receberam 100 e 70% de irrigação; c) analisar o comportamento diurno do albedo ao longo dos distintos subperíodos de desenvolvimento da cultura, e d) analisar o comportamento estacional do albedo ao longo de todo o período de observação.

CAPÍTULO 2

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 - Balanço de radiação à superfície

O balanço de radiação à superfície representa as trocas verticais de radiação entre esta superfície e a atmosfera. Seu conhecimento é muito significativo haja vista que representa a principal fonte de energia para os processos físico-químicos que ocorrem na biosfera. Os fluxos de radiação são constituídos de radiação de ondas curtas (0,3 a 3,0 μm) e de ondas longas ($> 3,0 \mu\text{m}$). Os fluxos de radiação de ondas curtas apresentam magnitude maior do que os de ondas longas, sendo a radiação solar global a principal fonte. O fluxo de radiação solar que é refletida pela superfície é chamado de reflectância ou albedo. Segundo BLAD & BAKER (1972), o albedo é função da elevação solar, grau de cobertura do solo, estado de umidade do solo e das plantas e, quantidade e tipo de cobertura de nuvens.

A radiação solar que chega à superfície da Terra, representa apenas uma parte da radiação que chega do topo da atmosfera, visto que, devido a reflexão por nuvens, absorção e difusão pela atmosfera, somente uma parte atinge diretamente a superfície, enquanto que o restante, representa as radiações difusa e térmica do céu. Este balanço diurno de radiação é apresentado na figura 2.1.

A energia utilizada nos processos de aquecimento/resfriamento do ar e do solo, de transferência de água, na forma de vapor, da superfície para a atmosfera, e do metabolismo das plantas e animais, é proveniente da radiação solar. Assim, é importante o conhecimento do saldo de radiação à superfície (balanço entre as entradas e saídas de radiação da interface superfície-atmosfera) para estudos, por exemplo, das perdas d'água de solos vegetados

para a atmosfera (evapotranspiração). Esse saldo de radiação pode ser obtido tomando-se como base os fluxos de radiação de ondas curtas e de ondas longas incidentes e refletidos pela superfície (AZEVEDO et al., 1990b).

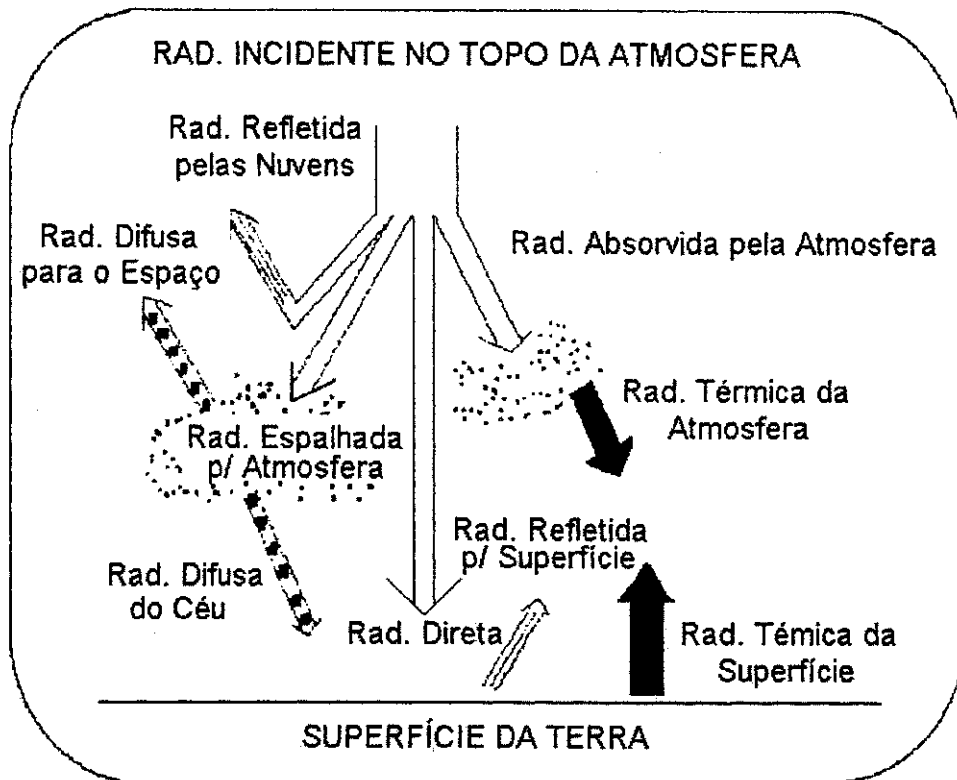


Figura 2.1 - Representação esquemática do balanço diurno de radiação

Fonte: LEITÃO (1994).

2.1.1 - Radiação de ondas curtas incidente

A radiação solar incidente à superfície varia com a latitude, altitude, ângulo de elevação do sol, cobertura de nuvens, turbidez atmosférica e época do ano (CHANG, 1968; MOTA, 1983, CUNHA et al., 1989b e AZEVEDO et al., 1990a). Nem toda radiação solar global que chega à superfície é absorvida pelo solo ou pelas plantas que compõem a superfície. Parte desta é imediatamente refletida.

CUNHA et al. (1993), constataram em uma cultura de alfafa que a densidade de fluxo de radiação de ondas curtas incidente (R_{si}) foi a principal determinante da variação da magnitude das demais componentes do balanço de radiação à superfície, verificando-se, em módulo, uma relação direta entre R_{si} e os outros fluxos de energia radiante. Comportamento semelhante foi observado nas determinações do balanço de radiação feitas por CUNHA et al. (1989a) em milho e FONTANA et al. (1989) em girassol.

2.1.2 - Radiação de ondas curtas refletida

O coeficiente de reflexão (razão entre os fluxos de radiação solar refletido e incidente à superfície) é um parâmetro indispensável para se estabelecer o balanço de radiação à superfície. Este coeficiente, também chamado de reflectância ou albedo da superfície, para uma superfície vegetada, depende da sua cor, condições de umidade do ar e do solo, percentagem de cobertura do solo, arranjo foliar, ângulo de inclinação do Sol, quantidade e tipo de nuvens (AZEVEDO et al., 1990b). A reflectância geralmente aumenta com o brilho visual da superfície.

ÅNGSTRÖM (1925) observou que, depois de uma chuva, o coeficiente de reflexão da grama de cor clara decresceu de 0,32 para 0,22. Os raios solares verticais geralmente produzem albedo menor que os raios oblíquos ou inclinados. Por isso o albedo de uma superfície é elevado após o nascer e antes do pôr-do-sol e baixo em torno do meio-dia (AYOADE, 1983).

BUDIKO (1958) afirmou que a reflectância da radiação de ondas curtas em um solo escuro e úmido é de 11% e de 20 a 25% num solo coberto com plantas de algodão. A reflectância depende fortemente da elevação solar e do ângulo formado entre os raios solares e as superfícies das folhas (AZEVEDO et al., 1989 e LEITÃO, 1989). A variação diurna do albedo em função do ângulo de elevação do Sol para o algodão é dada por RIJKS (1967) (citado por

BLAD and BAKER (1972). Estes autores e LEITÃO (1989), mostraram que o albedo de uma cultura de soja apresentou um valor médio em torno de 0,19 para o período compreendido entre o plantio e a floração.

Em trabalho realizado com soja, ANDRÉ & VISWANADHAM (1983) mostraram que o albedo varia com o desenvolvimento da cultura mas também, é inversamente relacionado com a altura da cultura. FRITSCHEN (1967) observou que o albedo do algodão tende a aumentar com o desenvolvimento da cultura, variando de 0,18 com o solo praticamente nu a 0,27 com a cultura a 1,15 m de altura. JACOBS & VAN PUL (1990) verificaram que o albedo médio diário estimado a partir de médias de 15 minutos foi 5% maior que os valores estimados com base no ângulo de elevação solar.

AZEVEDO et al. (1990b), objetivando o ajustamento das equações inerentes ao balanço de radiação às condições climáticas locais e das culturas de soja, feijão macassar e algodão herbáceo, observaram para todas as culturas que a reflectância da vegetação (ρ_V) evidenciou uma variação diurna com máximos ao nascer e pôr do sol e mínimos em torno do meio dia, e valores 3% inferiores para dias posteriores às irrigações. A reflectância atingiu um valor máximo no estágio de máximo desenvolvimento vegetativo das culturas, com as seguintes variações ao longo das estações de cultivo ($0,15 \leq \rho_{soja} \leq 0,25$; $0,12 \leq \rho_{feijão} \leq 0,21$; $0,14 \leq \rho_{algodão} \leq 0,25$).

O albedo pode diferir para diferentes comprimentos de ondas. Para o comprimento de onda da radiação solar, tem sido relatado valores entre 0,10 e 0,25 em áreas cultivadas (SHAW & DECKER, 1979). O albedo de uma superfície vegetada é influenciado por vários fatores como: tipo de vegetação, índice de área foliar, percentagem de cobertura do solo e ângulo zenital do sol (DAVIES & IDSO, 1979).

Na agricultura, o albedo é de particular importância tendo em vista sua influência no saldo de radiação de ondas curtas disponível na superfície da Terra para os processos que consomem tal energia, como a fotossíntese e a evaporação (LING and ROBERTSON, 1982). Variação no ângulo de elevação do Sol e estrutura física da superfície tende a modificar o número das reflexões dentro da camada vegetativa e, portanto, o total de radiação refletida (DIRMHIRN and BELT, 1971). O conhecimento do albedo e sua variação é muito importante na tentativa de se prognosticar o saldo de radiação sobre uma superfície com base na radiação solar, especialmente quando se deseja alta precisão (NKEMDIRIM, 1973).

2.1.3 - Radiação de ondas longas

A superfície da Terra, quando aquecida pela radiação solar, torna-se um corpo emissor de radiação de ondas longas. Este termo deve-se ao fato de que mais de 99% da radiação emitida pela superfície terrestre está compreendida na faixa de comprimento de onda de 4,0 a 100 μm . A radiação terrestre é também conhecida como radiação noturna, uma vez que é a principal fonte radiativa de energia a noite. Contudo, é importante salientar que a radiação infravermelha ocorre tanto durante o dia quanto a noite e também não é necessariamente terrestre, já que os constituintes atmosféricos também irradiam energia nos comprimentos de onda infravermelhos.

2.1.4 - Saldo de radiação

TANNER & PELTON (1960) e ROBINSON (1962) relataram que mesmo em cuidadosas medições do saldo de radiação, o erro típico pode ser de 10%. FRITSCHEN (1965), atribuiu ao acaso erros de 13,96 W/m^2 para médias de 15 minutos.

YAO & SHAW (1964), mostraram que num experimento realizado com trigo o saldo de radiação variou consideravelmente com o espaçamento entre fileiras e com a densidade de plantas. AUBERTIN & PETERS (1961) (citados por OWONUBI et al., 1975) mediram a captação da radiação pelas plantas e verificaram que a distribuição espacial das plantas tem um grande efeito na quantidade de energia absorvida pelas mesmas. DENMEAD et al. (1962), usando vários saldo radiômetros em uma cultura de trigo, verificaram que o espaçamento entre fileiras menor que 1,0 m pode causar um aumento de 15 a 20% no processo fotossintético. Em geral, o saldo de radiação aumenta com o escurecimento da superfície (HANKS et al., 1961).

AUBERTIN & PETERS, 1961 (citados por OWONUBI et al., 1975), observaram trabalhando com sorgo, que num espaçamento de 50 cm entre fileiras, a cultura absorveu 3,1 vezes mais energia do que num espaçamento de 100 cm. Por outro lado, num espaçamento de 100 cm, a superfície do solo absorveu 1,4 vezes mais energia do que no espaçamento de 50 cm.

2.2 - Balanço de energia

Os primeiros estudos a respeito de balanço de energia sobre uma superfície natural, foram desenvolvidos por BOWEN (1926) que determinou a razão entre os fluxos de calor sensível e de calor latente numa superfície de água, em função da pressão de vapor e da temperatura observada sobre a superfície estudada, por ocasião do processo de evaporação. Essa relação foi denominada Razão de Bowen (β).

Com o surgimento do saldo radiômetro, inicialmente utilizado por GIER & DUNKLE (1951) e dos medidores de fluxo de calor no solo, por DEACON (1950), o método do balanço de energia tomou grande impulso, tendo em vista que esses equipamentos foram sendo aperfeiçoados e fabricados em escala comercial.

Segundo MONTENY (1972), o método do balanço de energia quando aplicado à regiões semi-áridas pode indicar a existência de uma fonte adicional de energia, a advecção, que pode aumentar em mais de 100% a evaporação. Este fato foi confirmado por ROSEMBERG (1972), que observou 12 mm diários de evapotranspiração para um saldo de radiação que corresponderia a uma perda de apenas 6,7 mm no mesmo período.

JACKSON et al. (1985), através da combinação de dados de sensores remotos com dados de superfície, afirmam ser possível avaliar fluxos de energia sobre áreas relativamente grandes. CLOTHIER et al. (1986), afirmam que o saldo de radiação e o fluxo de calor sensível podem ser avaliados por medidas obtidas em sensores remotos combinados com medidas à superfície, bem como o fluxo de calor do solo pode ser estimado a partir do saldo de radiação com razoável precisão.

AZEVEDO et al. (1989), observaram que as componentes do balanço diurno de energia para uma cultura de soja irrigada mostraram-se bastante afetadas pelo estado de estresse hídrico da cultura. O fluxo de calor para o solo representou, em média, 5,68% do saldo de radiação (S_r), com valores inferiores a 5% na fase de completo desenvolvimento da cultura. Já a energia consumida nos processos fotossintéticos representaram, em média, 1,68% do S_r , com valores inferiores a 3,62% no período de máxima atividade fotossintética. AZEVEDO et al. (1997) obtiveram o fluxo de calor no solo variando de 4 a 15% do saldo de radiação, ao longo dos diferentes subperíodos de desenvolvimento da videira europeia.

CHIN CHOY & KANEMASU (1974), determinaram que a evapotranspiração estacional foi cerca de 10% maior em sorgo plantado em fileiras mais espaçadas, sugerindo como consequência, que a evapotranspiração em sorgo pode ser reduzida sensivelmente com a diminuição do espaçamento entre fileiras.

CUNHA et al. (1996), ao realizarem estudo micrometeorológico com a cultura do milho, sob diferentes condições de demanda evaporativa atmosférica, constataram que dentre os componentes do balanço de energia, o fluxo de calor no solo sempre apresentou o menor valor em termos absolutos. Proporcionalmente ao saldo de radiação, o fluxo de calor no solo variou entre 3% e 12%, estando inversamente relacionado com o índice de área foliar. FONTANA et al. (1989), também observaram esta mesma relação inversa para uma cultura de girassol.

2.3 - Variáveis morfológicas

A determinação da área foliar (AF) é fundamental porque as folhas são as principais responsáveis pela captação da energia solar e pela produção de matéria orgânica através da fotossíntese. Se a superfície foliar é conhecida e a alteração do peso da planta durante certo período de tempo é calculada, torna-se possível avaliar a eficiência fotossintética das folhas e sua contribuição para o crescimento da planta como um todo.

PINHEIRO & PINHEIRO JUNIOR (1989) em trabalho realizado com a cultura de trigo apresentam as equações de regressões para estimativa diária do albedo e índice de área foliar durante o crescimento da cultura. O crescimento diário do trigo pode ser estimado através de valores diários da temperatura do ar e do comprimento do dia do local da cultura. Observaram que as maiores diferenças entre os valores medidos e estimados para o albedo foi de 6% e de 0,59% para o índice de área folhada durante todo o desenvolvimento da cultura (isto é, da emergência até a floração). De acordo com BENICASA (1988) e SILVA (1994) os valores da biomassa (BV) verde e matéria seca (MS) obtidos por regressão representam melhor a evolução estacional da cultura.

CAPÍTULO 3

MATERIAL E MÉTODOS

3.1 - MATERIAL

3.1.1 - Área experimental

O experimento foi conduzido numa área de aproximadamente 2.200 m², da Fazenda São João, localizada no município de Mossoró-RN (Fig.3.1), durante o período de outubro de 1993 a janeiro de 1994, cujas coordenadas geográficas são: 5°12' de latitude sul, 37°12' de longitude oeste e 18 m de altitude (BEZERRA, 1993).

A área do experimento foi dividida em 2 parcelas iguais de 8 X 100 m², sendo as fileiras espaçadas de 1 m. Foram plantadas 3 sementes em cada cova. O espaçamento entre as covas foi de 1 m, dando um total de 100 covas por fileira, que após o desbaste resultaram numa densidade populacional de 20.000 plantas/ha. A sementeira foi realizada em 22 de outubro de 1993, tendo sido registrada a germinação 3 dias após a sementeira (3 DAS). O replantio ocorreu aos 14 DAS. No dia 13 de novembro verificou-se o início da floração, sendo que a cobertura total do solo somente ocorreu aos 28 DAS. A frutificação foi iniciada em 24 de novembro (aos 33 DAS), tendo resultado na primeira colheita em 21 de dezembro (aos 63 DAS). As demais colheitas ocorreram aos 69, 76 e 78 dias após a sementeira.

3.1.2 - Clima

O clima local é do tipo BSw'h' segundo a classificação climática de Köppen, de acordo com estudos de MEDINA & MAIA NETO (1989), correspondendo a um clima muito quente, semi-árido e com estação chuvosa limitada aos meses de fevereiro a maio, sendo as precipitações escassas e

mal distribuídas. A temperatura do ar geralmente é superior a 24°C, sendo que nos meses mais quentes, dezembro e janeiro, as médias mensais situam-se em torno de 31°C. Uma outra característica marcante do clima é a evaporação acentuada, resultante de uma intensa radiação solar e de velocidade do vento com médias mensais superiores a 5,0 m/s.

3.1.3 - Cultura

Foi implantada a cultura do melão valenciano cv. Gold Mine (*Cucumis melo* L.), semelhante à melancia, mas com folhas mais estreitas e recortadas, e seus frutos menores.

3.1.4 - Sistema de irrigação utilizado

O sistema de irrigação utilizado no experimento foi o de gotejamento por fileira, sendo colocados 100 gotejadores por fileira, espaçadas de 1 m. A lâmina de água da irrigação aplicada foi determinada em função da evaporação do tanque Classe A, instalado dentro da fazenda. A parcela que teve a irrigação considerada normal (100%), corresponde àquela utilizada na área de produção da fazenda e foi designada de PN, sendo a que recebeu a maior lâmina de água. A outra parcela foi designada de P3 e recebeu 70% de PN.

3.1.5 - Solo

O solo da área experimental (Tabela 3.1) é classificado como Podzólico Vermelho Amarelo Equivalente Eutrófico Latossólico Textura Argilosa. São solos profundos, porosos, bem drenados, moderadamente ácidos à praticamente neutros, segundo DNPEA/SUDENE (1971).

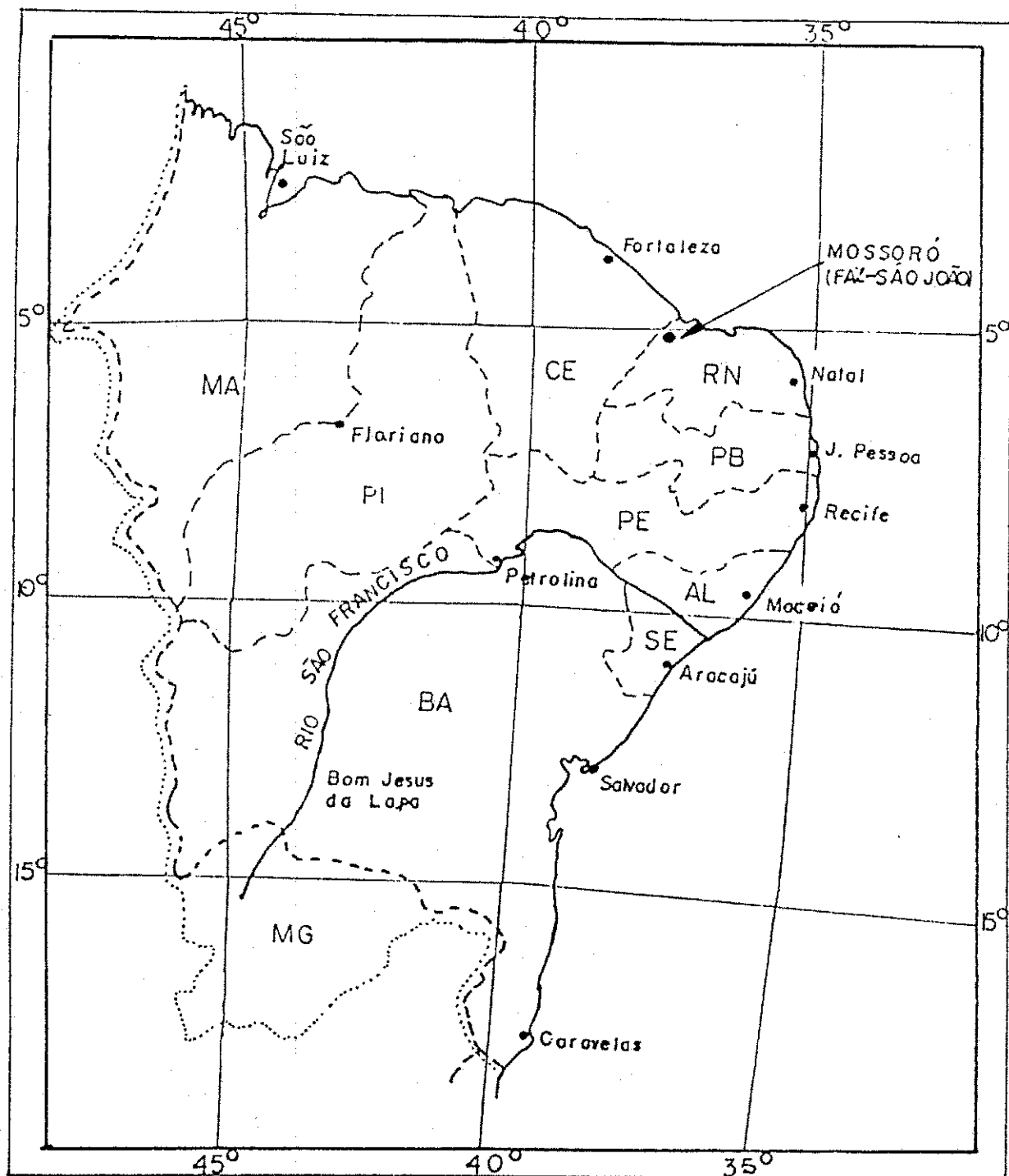


Fig.3.1 - Localização geográfica da área experimental.

**TABELA 3.1 - CARACTERÍSTICAS FÍSICO-HÍDRICAS DO SOLO DA ÁREA
EXPERIMENTAL NA FAZENDA SÃO JOÃO, MOSSORÓ-RN.**

Características físico-hídricas		Profundidade		
		0 - 15	15 - 35	35 - 84
Granulometria (%)	Areia	54,82	54,84	47,78
	Silte	10,14	10,23	10,06
	Argila	35,04	34,93	42,89
Classificação Textural		Argilo Arenosa	Argilo Arenosa	Argilo Arenosa
Densidade Aparente (g/cm ³)		1,67	1,63	1,59
Densidade do Solo (g/cm ³)		2,50	2,52	2,52
Tensão (MPa)		Umidade Volumétrica (%)		
0,01		32,99	31,25	29,90
0,03		28,71	25,97	23,31
0,10		22,65	20,65	20,95
0,30		18,02	16,90	17,93
1,50		16,21	15,71	16,58

3.1.6 - Resultado qualitativo da análise dos frutos

A análise dos frutos foi realizada no laboratório da Escola Superior de Agronomia de Mossoró (ESAM) (citado por FERREIRA, 1995).

3.1.6 1 - Conservação (vida útil pós-colheita)

Pode-se assegurar 35 dias de vida útil pós-colheita na análise das características de qualidade para o consumo "in natura" dos melões Gold Mine, tanto para a parcela PN quanto P3.

3.1.6.2 - Perda de peso

Em ambas parcelas ou ambos tratamentos, a perda d'água durante o armazenamento não comprometeu a aparência do produto para a comercialização, nem a textura de polpa para o consumo. Não sendo observado correlação entre a perda de peso e a percentagem de lâmina d'água. Em geral, a perda de peso foi em torno de 40 Kg/ton, resultado semelhante àqueles já verificados para a cultura do melão.

3.1.6.3 - Sólidos solúveis totais

De maneira geral, não observou-se grandes diferenças com relação aos teores de açúcares deste híbrido com relação aos tratamentos. Sendo que, verificou-se um baixo teor de sólidos solúveis, em média igual a 7,0%, com relação ao teor normalmente obtido pela fazenda, não havendo variação acentuada durante o armazenamento.

3.1.6.4 - pH

Em ambos tratamentos (PN e P3), há uma diminuição considerável da acidez (aumento do pH), o que caracteriza uma melhoria deste produto durante o armazenamento.

3.1.7 - Instrumentos utilizados

- Heliógrafo, para registro da insolação;
- Termômetros de máxima e de mínima; para medir as temperaturas máxima e mínimas do ar;
- Barômetro de cápsulas aneróides, para medir a pressão atmosférica;

- Anemômetro totalizador instalado a 2 m de altura, para medir a velocidade do vento;
- Psicrômetro ventilado, contendo os termômetros de bulbo seco e úmido; para medir a temperatura do ar;
- Actinógrafo bimetálico, para registro de radiação solar global;
- Tanque Classe A, para medir a evaporação da água, visando estimar as irrigações;
- Piranômetros Eppley, acoplados a um registrador para medir e registrar os fluxos de radiação solar global incidente e refletida;
- Saldo radiômetro da Whethertronic modelo 3035, para medida e registro do saldo de radiação;
- Fluxímetro da Micromet Instruments, para medição do fluxo de calor no solo;
- Termômetro Infravermelho AG-42, Telatemp, para medir a temperatura do dossel da cultura, e
- Porômetro de estado estável LI-1600 da LI-COR, para medir a radiação fotossinteticamente ativa, temperatura da folha, taxa de transpiração e condutância estomática.

3.2 - MÉTODOS

3.2.1. Sistemática das observações

As medições micrometeorológicas foram realizadas entre 6 e 17 h, em intervalos de uma hora, a 1,5 m acima do dossel da cultura, no centro da parcela experimental.

As medições meteorológicas correspondem àquelas obtidas no interior do abrigo meteorológico, localizado entre as parcelas, a 1,5 m do solo. Também foram feitas medições morfológicas como índice de área foliar e biomassas verde e seca.

As leituras anemométricas foram feitas em intervalos de 30 minutos, correspondentes as do início e final das leituras de T_c , de forma a proporcionar a velocidade média do vento no mesmo período. Em seguida, foram feitas as leituras do psicrômetro e do barômetro, instalados no interior do abrigo meteorológico, posicionado entre as parcelas.

Foram realizadas medições simultâneas da temperatura do dossel (T_c), diferença entre T_c e a temperatura do ar (T_a), com o termômetro infravermelho, e do saldo de radiação (S_r), em cada uma das duas fileiras do tratamento, nos horários das 10h 30min e 12h 30min, hora local. Semanalmente, foram obtidos ciclos diurnos das 6 às 17h, obedecendo essa mesma sistemática.

Com relação às medições porométricas, foram considerados dois horários, 10h 30min e 12h 30min e obtido, semanalmente, um ciclo diurno das 6 às 17h, em intervalos de uma hora.

3.2.2 - Tratos culturais

Os tratos culturais aplicados foram os convencionais para a cultura do melão, sendo feita diariamente a adubação, através da irrigação, a partir do dia 28/10 (6 DAS). Utilizou-se NH_4NO_3 , KNO_3 , KCl, $CaNO_3$, K_2SO_4 , ácido fosfórico e, a partir do dia 24/11 (33 DAS), uréia. Foram realizadas, no total, dez pulverizações para controle das ervas daninhas e de pragas, através de pulverizador costal e de barras adaptadas em tratores, aos 32, 35, 38, 43, 46, 50, 55, 59, 63 e 66 DAS. Os produtos utilizados foram Vertimec, Molibdenio, Bayfidan, Folicur, Karate, CAB-2, Sulfur-800, Sumithion, Capafan, Afugan e Tecto. Houve também, pulverização de ferro, zinco e magnésio, este somente aos 66 DAS. O controle de ervas daninhas também foi feito através de duas capinas aos 32 e 55 DAS.

3.2.3 - Balanço de radiação sobre a cultura

Para o estudo do balanço de radiação sobre uma superfície vegetada, se faz necessário caracterizar os fluxos de radiação incidente e refletido ou emitido pela superfície. Neste caso, num instante qualquer o fluxo líquido de energia radiante é o resultado algébrico dos fluxos incidentes e refletidos ou emitidos pela superfície vegetada, em todos os comprimentos de onda, isto é:

$$S_r = R_{si} - R_{sr} + R_{li} - R_{le} \quad (3.1)$$

onde: S_r é o saldo de radiação (W/m^2); R_{si} é a densidade de fluxo de radiação de ondas curtas incidente (W/m^2); R_{sr} é a densidade de fluxo de radiação de ondas curtas refletida pela superfície (W/m^2); R_{li} é o fluxo de radiação de ondas longas emitido pela atmosfera em direção à superfície (W/m^2) e R_{le} é o fluxo de radiação de ondas longas emitido pela superfície (W/m^2).

Considerando a emissividade da superfície $\varepsilon = 1$, tem-se que:

$$S_r = (1 - \rho_v) R_{si} + R_{li} - \sigma T_v^4 \quad (3.2)$$

onde ρ_v é o albedo da superfície vegetada (adimensional), T_v é a temperatura da superfície vegetada (K) e $\sigma = 5,67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$ é a constante de Stefan-Boltzmann.

3.2.3.1 - Componentes do balanço de radiação de ondas curtas

A) Radiação solar incidente (R_{si})

A radiação solar incidente sobre a cultura foi medida de hora em hora, das 6 às 17h, utilizando-se de um piranômetro Eppley instalado a 1,5 m acima da vegetação.

B) Radiação solar refletida (Rsr)

A radiação solar refletida pela superfície da cultura foi medida usando-se um piranômetro Eppley, instalado a cerca de 1,5 m acima da vegetação, com a cúpula voltada para o dossel vegetativo.

C) Coeficiente de reflexão (ρ_v)

O coeficiente de reflexão da cultura foi determinado para duas situações:

C.1) para qualquer condição de nebulosidade.

Os valores instantâneos do albedo foram obtidos dividindo-se a radiação solar refletida (Rsr) pela radiação solar de ondas curtas incidente (Rsi) observadas a cada uma hora, nos horários de 6 às 17h. Para tal, selecionou-se dias representativos dos subperíodos de germinação, crescimento vegetativo, floração, frutificação e maturação, com a cultura estressada e em ótimas condições de umidade.

Já os valores médios diurnos do albedo, ao longo do ciclo da cultura, foram determinados pela média, nos horários de 9, 12 e 15h, da razão entre a radiação solar refletida (Rsr) e a radiação solar de ondas curtas incidente (Rsi), (FRITSCHEN, 1967), ou seja:

$$\rho_v = \frac{Rsr}{Rsi} \quad (3.3)$$

C.2) com base na dependência do ângulo de elevação do sol (α), para o período em que o solo se encontrava praticamente coberto pela cultura.

Neste caso, o coeficiente de reflexão da cultura foi obtido a partir da regressão linear entre a razão Rsr/Rsi e o ângulo de elevação do sol, usando os dados observados em intervalos de uma hora de Rsr, Rsi e α , nos horários das 6 às 17h. Para determinação do ângulo de elevação do sol, utilizou-se a equação (VAREJÃO-SILVA & CEBALLOS, 1982):

$$\sin \alpha = \sin \phi \sin \delta + \cos \phi \cos \delta \cos H' \quad (3.4)$$

onde ϕ é a latitude do local, δ é a declinação do sol, e H' é o ângulo horário, obtido da seguinte forma:

$$H' = (t + \Delta t + \Delta \lambda - 12) 15 \quad (3.5)$$

onde t é a hora legal (hora solar média), Δt é a correção astronômica e $\Delta \lambda$ a correção de longitude.

Conforme SPENCER (1971), citado por VIANELLO & ALVES (1991), os valores de δ podem ser calculados pela equação:

$$\begin{aligned} \delta = & 0,006918 - 0,399912 \cos x + 0,070257 \sin x - 0,0067 \cos 2x + \\ & + 0,000907 \sin 2x - 0,002697 \cos 3x + 0,001480 \sin 3x \end{aligned} \quad (3.6)$$

sendo δ e x expressos em radianos, onde $x = 2 \pi (n - 1)/365$ e n é o número do dia do ano, variando de 1 a 365 para o período de 1º de janeiro a 31 de dezembro.

3.2.3.2 - Componentes do balanço de radiação de ondas longas

A) radiação emitida pela superfície (R_{le})

O fluxo de radiação de ondas longas emitido pela superfície da vegetação, dossel vegetativo, pode ser determinado pela Lei de Stefan-Boltzmann:

$$R_{le} = \epsilon_v \sigma T_v^4 \quad (3.7)$$

onde: ϵ_v é a emissividade do dossel vegetativo (adimensional); e T_v a temperatura absoluta da superfície da vegetação (K).

B) radiação atmosférica incidente à superfície (R_{li})

A radiação atmosférica (R_{li}) foi determinada para o período diurno pela expressão:

$$R_{li} = S_r + R_{le} - (R_{si} - R_{sr}) \quad (3.8)$$

3.2.4 - Saldo de radiação (S_r)

As medidas do saldo de radiação foram efetuadas utilizando-se um saldo radiômetro da Whethertronics modelo 3035, instalado a 1,5 m acima da cultura. As medições foram feitas a cada uma hora, das 6 às 17h, durante o período experimental.

3.2.5 - Componentes do balanço de energia sobre a cultura

Para que haja eficiência em qualquer estudo envolvendo um sistema, se faz necessário uma adequada caracterização do mesmo. No caso específico do balanço de energia é muito comum adotar-se, para estudá-lo, um volume de controle. Os fluxos no sistema solo-planta-atmosfera estão caracterizados na figura 3.2, a qual apresenta o balanço de energia num volume de controle.

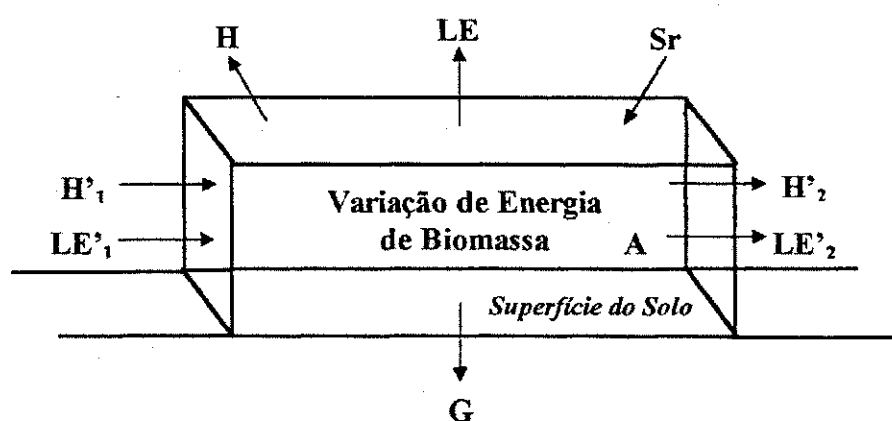


Figura 3.2 - Representação esquemática do balanço de energia num volume de controle.

onde: LE é o fluxo de calor latente; H é o fluxo de calor sensível; G é o fluxo de calor no solo; A é a energia usada no processo fotossintético, H'1 e H'2 são os

fluxos advectivos de calor sensível e LE'_1 e LE'_2 os fluxos advectivos de calor latente.

No cálculo do balanço de energia, os fluxos que chegam ao sistema, solo-melão, foram considerados positivos, enquanto que os fluxos que saem do sistema foram considerados negativos. Neste caso, determinou-se como limites superior e inferior do volume de controle, o topo da cultura e a superfície do solo, respectivamente. Portanto, acima da cultura, os fluxos ascendentes (\uparrow) foram considerados negativos e os fluxos descendentes (\downarrow) foram considerados positivos.

Assim sendo, a equação completa do balanço de energia no volume de controle apresenta-se da seguinte forma:

$$S_r = LE + H + G + A + \Delta LE' + \Delta H' \quad (3.9)$$

onde Δ é a variação do fluxo advectivo de calor no volume de controle.

Considerando que os fluxos advectivos (H'_1 e H'_2) e (LE'_1 e LE'_2) são desprezíveis, quando são efetuadas medidas a baixa altura e dentro de uma área tampão suficientemente grande, para que os gradientes horizontais de temperatura e umidade sejam absorvidos, a equação do balanço de energia pode então ser escrita da seguinte forma:

$$S_r = LE + H + G + A \quad (3.10)$$

Para analisar o balanço de energia, além dos valores medidos foram determinados, mediante o uso de equações, alguns dos seus termos, porém se faz necessário citar algumas definições importantes e alguns comentários à respeito de cada um desses termos.

A) Fluxo de calor latente (LE)

A relação entre evaporação e precipitação representam um fator determinante do clima, e das características da vegetação natural e do solo de

uma região. O maior percentual do saldo de radiação à superfície da Terra é usado no processo de evaporação do solo, de superfícies líquidas e transpiração das plantas.

Em solos úmidos e/ou superfícies vegetadas grande parte da energia disponível é transferida para a atmosfera em forma de calor latente. No caso de solo nu, suas propriedades físicas, altura do lençol freático, etc., controlam a taxa de evaporação, enquanto que em superfícies vegetadas fatores ligados a planta, também exercem importante influência na taxa de perda d'água para a atmosfera. Usualmente, as perdas d'água da superfície para a atmosfera são estimadas pelos métodos aerodinâmicos e do balanço de energia.

O método que combina o balanço de energia com a aproximação aerodinâmica foi desenvolvido por Penman e publicado a primeira vez em 1948 (PENMAN, 1956). Esse método, desde aquela época, tem sido modificado pelo próprio Penman e por diversos outros pesquisadores. Uma das principais vantagens do método é a eliminação da necessidade de medidas dos gradientes de temperatura e umidade à superfície, não disponíveis em estações meteorológicas comuns e, também, difíceis de serem obtidas com a exatidão requerida.

O fluxo de calor latente (LE) foi determinado pelo método de Penman-Monteith (MONTEITH, 1965), na seguinte forma:

$$LE = \frac{\Delta S_r + \frac{\rho_a C_p (e_{s,a} - e_a)}{r_a}}{\Delta + \gamma \left(1 + \frac{r_c}{r_a}\right)} \quad (3.11)$$

onde Δ é a tangente à curva de saturação do vapor d'água (mb/°C), ρ_a é a densidade do ar (Kg/m³), C_p é o calor específico do ar a pressão constante

(J/Kg°K), $e_{s,a}$ é a pressão de saturação do vapor d'água (mb) do ar, e_a é a pressão parcial do vapor d'água do ar (mb), r_c é a resistência da cultura à difusão do vapor d'água (s/m), r_a é a resistência aerodinâmica (s/m) ao transporte vertical de vapor no ar e, γ é a constante psicrométrica ou coeficiente psicrométrico (mb/°C) dado por:

$$\gamma = \frac{P_0 C_p}{0,622L} \quad (3.12)$$

A tangente a curva de saturação foi obtida através da eq. de Clausius-Clapeyron (VIANELLO & ALVES, 1991), a qual nos fornece a declividade da reta tangente à curva de saturação em um ponto qualquer, isto é:

$$\Delta = \frac{L e_s (t_a)}{R_v T^2} \quad (3.13)$$

onde: L é o calor latente de vaporização da água (J/Kg) dado pela expressão: $L = 596,73 - 0,601 t_a$ (°C), R_v é a constante específica do vapor d'água, igual a 461,5 J/Kg°K, T é a temperatura média absoluta do ar (K) e $e_s(t_a)$ é a pressão de vapor d'água (mb) à temperatura do ar, obtida pela equação de Tetens (ROSEMBERG et al., 1983):

$$e_s(t_a) = 6,1078 \exp\left(\frac{a t_a}{b + t_a}\right) \quad (3.14)$$

sendo, $a = 17,269$ e $b = 237,3$, e a tensão atual do vapor d'água foi obtida segundo a expressão (VAREJÃO SILVA, 1979):

$$e_a = \{e_s(t_w) - [0,00066P_0(t_a - t_w) * (1 + 0,00115t_w)]\} \quad (3.15)$$

onde t_w é a temperatura do bulbo úmido (°C), P_0 é a pressão atmosférica (mb) e $e_s(t_w)$ é dado em mb.

A resistência estomática da cultura (r_c) foi obtidas pelo somatório, em paralelo, das resistências estomáticas das duas faces de cada folha analisada, através da seguinte expressão (FERREIRA, 1995):

$$r_{s(\text{tot})} = \frac{r_{s(\text{aba})} * r_{s(\text{ada})}}{r_{s(\text{aba})} + r_{s(\text{ada})}} \quad (3.16)$$

onde: $r_{s(\text{tot})}$ é a resistência estomática total da folha, $r_{s(\text{aba})}$ e $r_{s(\text{ada})}$ são as resistências estomáticas nas faces abaxial e adaxial da folha. Com esses valores determinou-se a média aritmética das resistências das duas folhas analisadas por tratamento, que assumiu-se ser a resistência apresentada pela cultura (r_c).

A resistência aerodinâmica ao transporte de vapor, para qualquer condição de instabilidade do ar foi obtida pela expressão (MONTEITH, 1973):

$$r_a = \frac{\left\{ \ln \left[\frac{(z-d)}{z_0} \right] \right\}^2}{0,16 u(z)} \left[1 - \frac{5 g (z-d) (T_{ck} - T_{ak})}{T_{mk} u(z)^2} \right] \quad (3.17)$$

onde $d = 0,65h$ e $z_0 = 0,13h$ representam o deslocamento do plano zero (m) e o coeficiente de rugosidade da superfície (m), respectivamente, sendo a altura da cultura (h) igual a 50 cm, $u(z)$ é a velocidade média do vento obtida no nível z (2 m) acima do solo, g é a aceleração da gravidade e T_{ck} , T_{ak} e T_{mk} representam as temperaturas absolutas (K) do dossel da cultura, do ar e a média dessas duas temperaturas. O valor 0,16 é a constante de Von Karman ao quadrado.

B) Fluxo de calor sensível (H)

O fluxo de calor sensível representa o transporte vertical de calor, devido ao gradiente vertical de temperatura e/ou a turbulência próxima a superfície e concorre para um maior ou menor aquecimento ou resfriamento da

atmosfera. O conhecimento da transferência de calor sensível para a atmosfera é usado no prognóstico da temperatura máxima. A temperatura do solo e das camadas mais baixas da atmosfera é importante nos problemas relacionados com a agricultura.

O fluxo de calor sensível foi determinado pela expressão:

$$H = \frac{\rho_a C_p (T_c - T_a)}{r_a} \quad (3.18)$$

onde T_c é a temperatura do dossel da cultura ($^{\circ}\text{C}$), T_a a temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$), r_a a resistência aerodinâmica definida pela equação (3.17) e os outros termos também já foram definidos anteriormente.

C) Fluxo de calor no solo (G)

Durante o período diurno, a superfície do solo é aquecida pela radiação com uma temperatura mais elevada à superfície, provocando uma condução de calor para as camadas mais profundas. Durante a noite, a temperatura à superfície sendo menor que a temperatura das camadas inferiores, provoca um fluxo de calor no sentido oposto, isto é, das camadas inferiores para a superfície do solo.

O fluxo diário de calor no solo foi medido nos horários de 9, 10:30, 12, 12:30 e 15 h, sendo que, uma vez por semana o foi, de hora em hora, das 6h às 17h, através de medições feitas com dois fluxímetros ligados em série.

D) Energia utilizada no processo fotossintético (A)

A energia utilizada no processo fotossintético (A) pode ser contabilizada ao longo do desenvolvimento da cultura, multiplicando-se o índice de produção de matéria seca (g/cm^2) no período pela constante energética apropriada à cultura, necessária para produzir uma grama de matéria seca. VILLA NOVA

(1973) e outros autores observaram que (A) não ultrapassa 3% do saldo de radiação, podendo ser desprezado no balanço de energia sobre superfícies vegetadas.

3.2.6 - Determinação das variáveis morfológicas

A determinação da área foliar e, biomassas verde e matéria seca foi realizada através de amostras de três plantas por parcela, a cada cinco dias aproximadamente, a partir dos 21 DAS. As amostras eram coletadas aleatoriamente, nas parcelas PN (100% de irrigação) e P3 (70% de irrigação). A área foliar foi determinada pelo somatório das áreas das folhas de cada planta, por meio de um medidor de área. A biomassas verde e matéria seca resultaram das pesagens das plantas, sem raízes, e após a secagem em estufa (105° C) até o peso se tornar constante.

CAPÍTULO 4

RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 - Análise das variáveis morfológicas

4.1.1 - Área foliar (AF)

A figura 4.1a apresenta a variação estacional da área foliar do meloeiro para as parcelas PN e P3, que receberam 100 e 70% de irrigação, respectivamente, juntamente com as curvas de regressão. Observa-se, para ambas parcelas, um comportamento similar, qual seja: crescimento da área foliar no subperíodo de floração até atingir um máximo na frutificação e decrescendo até a maturação, sendo que para PN a área foliar apresentou-se maior do que para a parcela P3, alcançando o dobro desta aos 51 DAS, justificado pela maior irrigação na parcela PN.

Nos primeiros 20 dias analisados, a área foliar apresentou-se em crescimento e praticamente a mesma para ambas parcelas, sendo que P3 alcançou valores em média 0,54% maiores que PN, já nos últimos 20 dias PN apresentou-se em média 16% maior que P3, e aos 42 DAS até 56 DAS observou-se a maior diferença na área foliar entre as parcelas, em média 31,3%, onde para PN a área foliar ainda manteve-se em crescimento até atingir um máximo aos 51 DAS e diminuindo a partir deste com algumas oscilações.

Para a parcela P3, a área foliar se manteve praticamente constante e em torno de 16865,73 cm²/planta, dos 42 DAS até o 56 DAS, diminuindo após este com oscilações relacionadas com as colheitas e envelhecimento das

folhas, ficando evidente a influência do fator água na cultura do meloeiro, principalmente no subperíodo de frutificação, onde o decréscimo de 30% na irrigação foi suficiente para alterar o desenvolvimento e crescimento da cultura. No subperíodo de floração até o início da frutificação, 36 DAS observou-se pouca diferença na área foliar para ambas parcelas, com P3 apresentando uma área foliar maior (11,2%). Resultado semelhante foi encontrado por PINHEIRO & PINHEIRO JUNIOR (1989) com a cultura do trigo e FONTANA et al. (1987) com a cultura da soja.

O valor máximo atingido pela regressão na parcela PN foi de 2,25 m²/planta (valor máximo medido de 3,4 m²/planta) e de 1,8 m²/planta na parcela P3 (valor máximo medido foi de 1,7 m²/planta). A equação de regressão da área foliar, para a parcela PN foi a seguinte:

$$AF (PN) = 22680 * EXP [(LN DAS - 3,984)^2 / -0,2526] \quad (4.1)$$

que apresentou um coeficiente de determinação (R²) de 0,95 e LN é o logaritmo neperiano. Para a parcela P3, R² foi igual a 0,96 e a regressão obtida da forma:

$$AF (P3) = 18115 * EXP [(LN DAS - 3,968)^2 / -0,2715] \quad (4.2)$$

4.1.2 - Biomassa verde (BV)

A figura 4.1b apresenta a variação estacional da biomassa verde (BV) do meloeiro para as parcelas PN e P3, juntamente com as curvas de regressão. Observa-se que, para os primeiros 20 dias, a variação na irrigação produziu pouca diferença na produção da biomassa verde para as parcelas PN e P3, sendo que a BV para P3 apresentou-se em média 6,3% maior que em PN. A partir dos 42 DAS até os 56 DAS verifica-se que, para a parcela PN a biomassa verde apresentou-se em média 25% maior do que para P3, atingindo

um máximo de 6760,90 g/planta aos 51 DAS e diminuindo até os 56 DAS, enquanto que para P3, a biomassa verde ainda manteve-se em crescimento lento até os 56 DAS, atingindo neste, um máximo de 3628,87 g/planta, sendo que aos 51 DAS a BV atingiu cerca da metade do valor encontrado para a parcela PN. A partir dos 56 DAS até os 70 DAS, a biomassa verde comporta-se de maneira contrária para ambas parcelas, ou seja, para PN esta passa a crescer até um máximo de 4393,06 g/planta no subperíodo de maturação, 66 DAS, e diminuindo logo a seguir, enquanto que para P3 a biomassa verde está em diminuição até atingir um mínimo de 1506,44 g/planta aos 66 DAS, menos da metade do valor encontrado para PN, e passando a crescer até aos 70 DAS e voltando a diminuir, acompanhando a curva da BV na parcela PN.

O fato da biomassa verde para a parcela PN apresentar-se maior comparada com a parcela P3 é atribuído ao fator água, evidenciando a grande necessidade das irrigações normais (PN) no subperíodo de frutificação e maturação, sendo que no subperíodo de floração e se estendendo até os primeiros dez dias de frutificação, o decréscimo de 30% na irrigação pouco alterou a produção da biomassa verde e a área foliar.

A parcela PN apresenta valores com uma dispersão maior do que a parcela P3, com relação à curva de regressão, também observado por SILVA (1994) para a cultura do algodão. De acordo com BENICASA (1988) os valores obtidos por regressão representam melhor a evolução estacional da cultura e de acordo com esta, o maior valor obtido na parcela PN foi de 5551,15 g/planta, e de 2908,15 g/planta na parcela P3. O valor máximo da parcela P3 representa pouco mais da metade do valor máximo da biomassa verde apresentada na parcela PN. A equação normal de regressão da biomassa verde obtida na parcela PN foi a seguinte:

$$BV (PN) = 4009 * EXP [(LN DAS - 4,024)^2 / -0,2027] \quad (4.3)$$

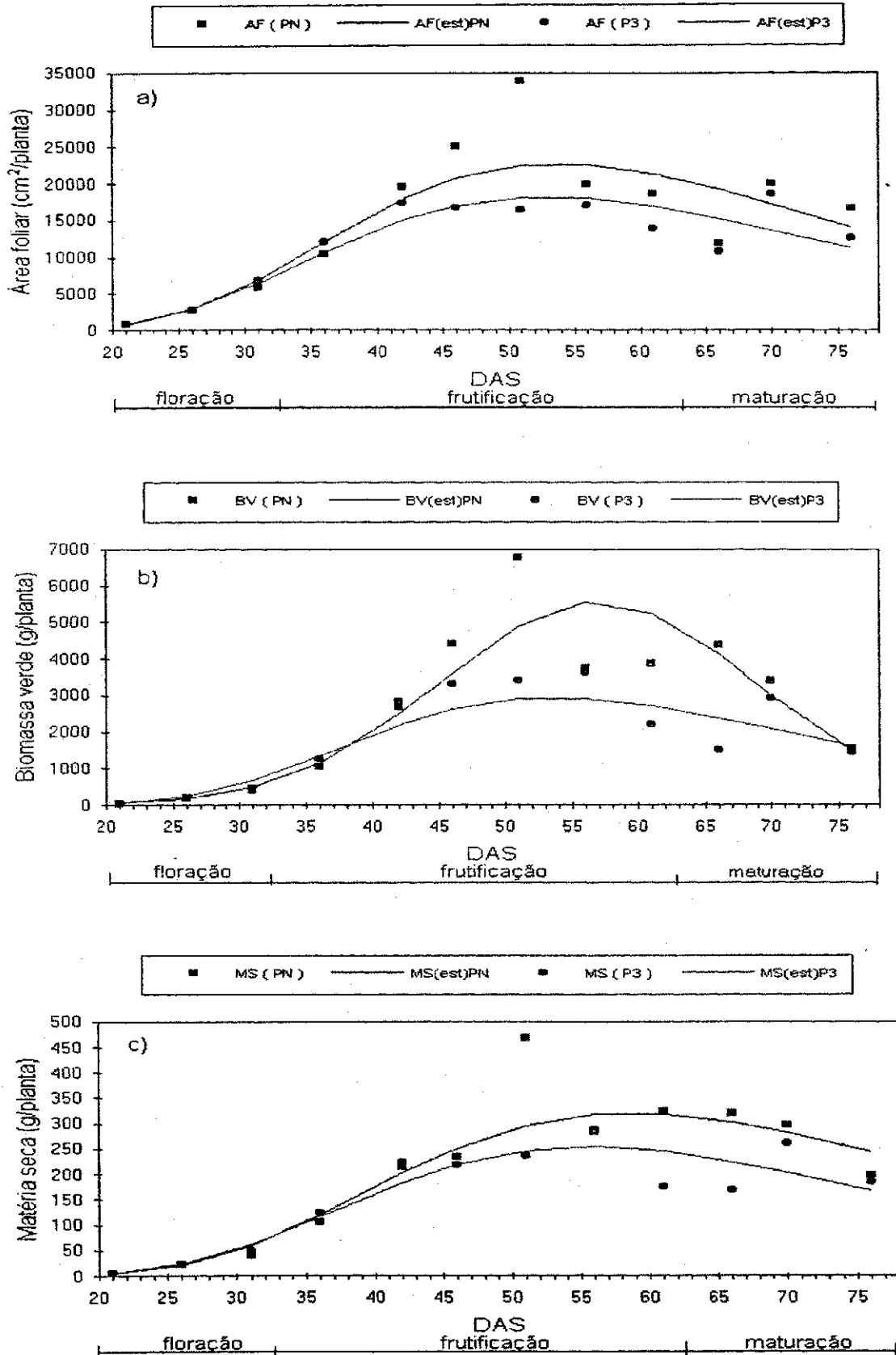


Fig. 4.1 - Variação estacional da área foliar (AF) (a), biomassa verde (BV) (b) e matéria seca (MS) (c), nas parcelas PN e P3, juntamente com as curvas de regressão.

que apresentou um coeficiente de determinação de 0,95 e EXP é a base do logaritmo neperiano. Para a biomassa verde da parcela P3, obteve-se $R^2 = 0,95$ para a regressão:

$$BV (P3) = 2933 * EXP [(LN DAS - 3,984)^2 / -0,2010] \quad (4.4)$$

4.1.3 - Matéria Seca (MS)

A figura 4.1c apresenta a variação estacional da matéria seca (MS) nas parcelas PN e P3, juntamente com as curvas de regressão. Analisando esta figura observa-se que a redução de 30% na irrigação alterou muito pouco a produção de matéria seca nos primeiros 25 dias, fato também observado, para a área foliar e a biomassa verde nos primeiros 20 dias. Observou-se para a matéria seca alguns valores em média maiores 9% na parcela P3 do que na parcela PN, desde os 31 DAS até os 42 e, a partir dos 46 DAS, os valores da MS na parcela P3 chegam a atingir valores 49,5% menores do que os observados em PN. A irrigação foi a responsável pela redução em média de 24,7% na produção de MS no subperíodo de frutificação e maturação, portanto a parcela PN produziu uma quantidade maior de matéria seca com relação a P3, havendo um aumento gradativo ao longo do ciclo da cultura, ficando evidente também a influência do fator água no crescimento e desenvolvimento da cultura

O valor máximo obtido pela regressão para a parcela PN foi de 317,71 g/planta (valor máximo observado de 468,94 g/planta) e para a parcela P3 foi de 253,72 g/planta (valor máximo medido de 288,56 g/planta). A equação de regressão da matéria seca obtida para PN é a seguinte:

$$MS (PN) = 319,7 * EXP [(LN DAS - 4,072)^2 / -0,2424] \quad (4.5)$$

com coeficiente de determinação de 0,98. Para a matéria seca da parcela P3, R^2 foi igual a 0,98, sendo a regressão obtida a seguinte:

$$MS (P3) = 253,8 * EXP [(ln DAS - 4,017)^2 / -0,2360] \quad (4.6)$$

A diferença média encontrada entre a biomassa verde e matéria seca na parcela PN foi de 92,3% e na parcela P3 foi de 91,5%, o que demonstra a grande quantidade de água utilizada pela planta.

Analisando a fig. 4.1 observa-se que, tanto a área foliar, quanto a biomassa verde e matéria seca têm comportamento similar, qual seja: crescimento até atingir um máximo no subperíodo de frutificação e decréscimo na maturação. Quanto a irrigação, observamos sê-la fundamental para o crescimento e desenvolvimento da cultura do melão, sendo que encontramos melhor desempenho da cultura com a redução de 30% na irrigação no subperíodo de floração até a primeira semana de frutificação e, a irrigação normal a partir da segunda semana de frutificação até a maturação.

4.2 - Reflectância da vegetação (ρ_v)

4.2.1 - Variação estacional do albedo (reflectância)

A figura 4.2 apresenta a variação do albedo ao longo do ciclo da cultura e as irrigações efetuadas desde a semeadura, 22/10/93, até o final das observações, 28/12/93, 67 DAS. Observa-se que, logo nos primeiros dias após a semeadura, quando o solo estava sem vegetação e seco, o albedo mostrou-se crescente, atingindo o valor de 0,21 no 5º dia após a semeadura. Somente a partir dos 5 DAS até os 10 DAS, o solo voltou a ser irrigado, considerando que a primeira irrigação aconteceu logo após a semeadura, o que justifica a posterior diminuição do albedo a partir dos 6 DAS até os 18 DAS, pois o solo estando úmido, principalmente na superfície, se torna mais escuro e, portanto mais energia é absorvida e utilizada na evaporação, fazendo com que haja uma diminuição da radiação refletida. Salienta-se que não houve irrigações aos 11 DAS e 12 DAS, para que a planta sofresse um pequeno estresse,

forçando as raízes da planta a procurarem água e se desenvolverem mais rapidamente. Aos 14 DAS foi feito o replantio visando corrigir falhas de germinação e assegurar um estande homogêneo.

Até então, o albedo praticamente não sofreu influência das plantas, mas a partir dos 19 DAS, estas passam a ter área foliar suficiente para interferir na radiação refletida, tanto é que o início da floração ocorreu nos 22 DAS.

Pode-se considerar o início do experimento a partir dos 19 DAS. Nesta data, o albedo alcançou os valores mais baixos, 0,18, e a medida que a cultura foi se desenvolvendo e o solo coberto, o albedo foi aumentando até alcançar o valor máximo, 0,23, por ocasião do subperíodo de frutificação aos 45 DAS, quando a área foliar atingiu valores máximos próximos a 24988,17 cm²/planta. Após essa data, o albedo ainda se manteve elevado durante 7 dias, e neste período a área foliar ainda continuou aumentando até atingir 33921,94 cm²/planta (51 DAS). A partir dos 52 DAS, o albedo passou a diminuir, chegando a 0,20 aos 63 DAS, próximo ao término das observações.

Pode-se observar ainda que, ao longo do experimento, o albedo (ρ_v) apresentou certas flutuações, com valores superiores nos dias anteriores às irrigações, com uma variação entre 1,5 e 3,0% para menos nos dias posteriores às irrigações, indicando, desta forma, a variação de ρ_v com o estado hídrico das plantas. As flutuações no início do experimento, quando o solo ainda estava quase que totalmente descoberto, foram menos acentuadas do que àquelas ocorridas no subperíodo de completo desenvolvimento da cultura. Isto se deve ao comportamento fisiológico das plantas.

Analisando a variação do albedo ao longo dos distintos subperíodos da cultura observa-se que, este atingiu seu valor máximo quando a cultura alcançou o máximo desenvolvimento, com a máxima proporção do solo coberto pela vegetação, decrescendo em seguida no subperíodo de maturação com a

queda das folhas, observado também por AZEVEDO et al.(1990b) em culturas irrigadas no semi-árido do Nordeste do Brasil, PINHEIRO & PINHEIRO JUNIOR (1989) com a cultura do trigo e LEITÃO et al. (1989) com a cultura de soja irrigada.

4.2.2 - Variação diurna do albedo

A variação diurna do albedo é apresentada nas figuras 4.3, 4.4, 4.5, 4.6 e 4.7, para dias representativos dos subperíodos de germinação, crescimento vegetativo, floração, frutificação e maturação dos frutos, respectivamente.

A figura 4.3 apresenta a variação diurna do albedo para dois dias após a germinação e neste dia o solo se encontrava ainda praticamente nu e seco, por isso seu valor alto comparado com os dias subsequentes. Observa-se que, os menores valores do albedo ocorreram entre 10 e 12h, e os maiores ao nascer e pôr do sol, independente do estágio de desenvolvimento da cultura. Resultado semelhante foi encontrado por AZEVEDO et al. (1990a). Observa-se ainda, que o albedo do meloeiro apresentou valores próximos a 0,20 na maior parte do período diurno, com exceção das primeiras e últimas observações, em que alcançou valores superiores a 0,24.

A figura 4.4 apresenta a variação diurna do albedo para dia representativo do subperíodo de crescimento vegetativo. Neste, o solo ainda está pouco coberto pela vegetação, e as irrigações mais constantes, justificando a diminuição para 0,18 no valor do albedo referente a maior parte do dia e, de 0,22 e 0,23 nas primeiras e últimas observações, respectivamente.

Na figura 4.5 apresenta-se a variação diurna do albedo para dia representativo do subperíodo de floração. Observa-se que neste subperíodo, a cultura cobria parte do solo e mesmo sendo irrigada diariamente, verificou-se um pequeno aumento de 1% no valor do albedo na maior parte do dia e de 2% ao nascer e pôr do sol comparado com a figura 4.4.

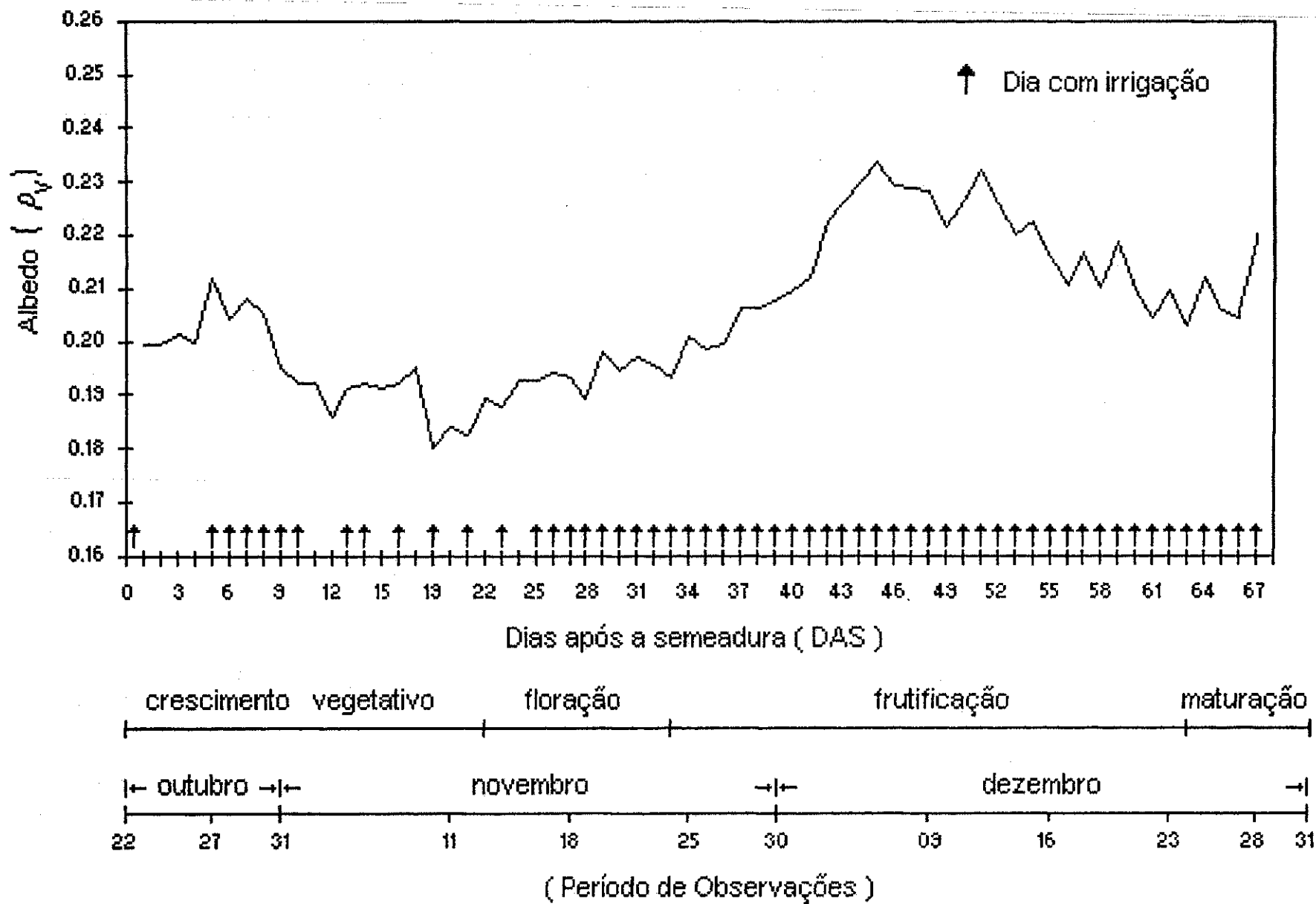


Fig. 4.2 - Variação estacional da reflectância da cultura do melão, cultivado na fazenda São João, Mossoró - RN, 1993.

A figura 4.6 apresenta a variação diurna do albedo para dia representativo do subperíodo de frutificação. Neste subperíodo, a cultura já se encontrava cobrindo totalmente o solo, o que justifica um aumento considerável no valor do albedo em torno de 7% nas primeiras horas da manhã e últimas da tarde e, de 3% na maior parte do período diurno, resultado similar foi observado também por MACIEL (1992), com a cultura do algodão irrigado.

A figura 4.7 apresenta a variação diurna do albedo para dia representativo do subperíodo de maturação. Observa-se uma diminuição considerável no valor do albedo, em média, de 4% e 10% nas primeiras (6 e 7h) e últimas (16 e 17h) observações, respectivamente. Esta diminuição é justificada por este ser um dia totalmente nublado e com menor cobertura vegetal, resultado da ocorrência da primeira colheita. Observa-se também, uma menor variabilidade do seu valor durante todo o período diurno, chegando a 0,27 na primeira observação, diminuindo um pouco nas primeiras horas subsequentes e praticamente se mantendo constante e em torno de 0,22 durante o restante do período de observação.

As figuras citadas apresentam um conjunto de curvas que possuem um comportamento semelhante com respeito aos pontos de mínimos e máximos, independente do subperíodo de desenvolvimento da cultura. Pode-se observar que os valores do albedo nas primeiras observações do dia, 6 e 7h aumentam continuamente ao longo do experimento, com exceção do primeiro dia (DAS = 5) para o segundo dia de observação (DAS = 20), onde observamos uma diminuição no valor do albedo, justificada por no primeiro, o solo se apresentar seco e nu e no segundo, úmido e com muito pouca vegetação, voltando a aumentar a partir dos 27 DAS, até alcançar o valor máximo de 0,33 no subperíodo de frutificação, voltando a diminuir no subperíodo de maturação, e os menores valores ocorreram em torno do meio dia solar verdadeiro como esperado e os maiores valores para os dias considerados ocorreu sempre ao

pôr do sol, com exceção do último dia (DAS = 67), em que foram observadas nuvens em todos os horários de observação e menor cobertura vegetal. Valores do albedo mais altos ao entardecer são atribuídos por PROCTOR et al. (1972) a um aumento da quantidade de partículas em suspensão e do conteúdo de vapor d'água na atmosfera no período da tarde, acrescido ao aumento na duração efetiva dos dias (Tabela A.1 do Apêndice).

Pode-se observar a partir da figura 4.5 e subsequentes a presença de algumas nuvens, em determinados horários e dias, justificando certas oscilações nos valores do albedo.

Verifica-se que, no decorrer do período de observações, o meio dia solar e o pôr do sol ocorreram mais tarde, o nascer do sol mais cedo e uma maior duração do dia astronômico (N), em função da declinação do Sol (δ) e da latitude do lugar (ϕ). O que está correto acontecer, pois para localidades entre o Equador e a latitude de $66^{\circ}33'$ norte e sul, tem-se, quando ϕ e δ tem o mesmo sinal, o ângulo horário (H') $> 90^{\circ}$ e $\cos H' < 0$, logo $N > 12$ horas, ou seja, os dias são mais longos que as noites, fato que se pronuncia a medida que ϕ aumenta, em ambos hemisférios (TUBELIS & NASCIMENTO, 1980). A Tabela A.1 (Apêndice) mostra os horários do nascer e pôr do sol, meio dia solar e duração do dia astronômico.

Observa-se também que, os menores valores do Cos (Z) (cosseno do ângulo zenital) acontecem ao nascer e pôr do sol, e os maiores ao meio dia solar, fato este esperado pois o ângulo zenital (complemento da elevação do sol) é diretamente proporcional ao ângulo horário. Já o albedo é inversamente proporcional ao Cos (Z) e sendo assim, durante o dia, quanto maior o ângulo zenital maior será o valor do albedo.

Por outro lado, a figura 4.8 apresenta a variação diurna média e o desvio padrão do albedo da cultura do melão para o período de completo desenvolvimento vegetativo. Observa-se, considerando que o meio dia solar se dá em torno de 11h15min (hora local), uma ligeira tendência dos valores do

albedo durante o período da manhã serem um pouco superiores aos da tarde. Observa-se ainda que, a variação do albedo nos primeiros e últimos horários de observações é maior comparada a dos demais intervalos, sendo que o desvio padrão às 6 e 18h é o dobro daqueles observados para os demais horários.

4.2.3 - Estimativa do albedo em função do ângulo de elevação do Sol

Na figura 4.9 apresenta-se a relação entre o albedo (ρ_v) e o ângulo de elevação do Sol (α) para o estágio de completo desenvolvimento vegetativo da cultura, considerando os dados horários observados entre 6 e 17h. Estes dados estão representados pelas curvas de regressão apresentados nos gráficos a, b e c, que mostram as três melhores expressões resultantes da regressão, que são: linear, potência e polinomial, obtidas para se estimar os valores do albedo em função do ângulo de elevação do Sol. Observa-se que a expressão pela qual encontrou-se o melhor resultado é um polinômio de 2º grau (gráfico c), que apresentou um melhor ajustamento dos dados, com $R^2 = 0,99$. Resultado semelhante foi encontrado por LEITÃO (1994), na modelagem do albedo para três bandas do espectro da radiação (infravermelho, ondas curtas e PAR-energia fotossinteticamente ativa) para três tipos de dosséis (mata densa, campinarama e campina), onde observou ser um polinômio de 2º grau a melhor expressão obtida para o albedo relativo a radiação de ondas curtas.

Desta forma, com base na equação $\rho_v = 0,0016\alpha^2 - 0,2205\alpha + 26,568$, obtida a partir da regressão polinomial entre valores horários do albedo e do ângulo de elevação do sol, é possível determinar-se o albedo para qualquer momento em função do ângulo de elevação do Sol assumido naquele instante. Salienta-se que o uso deste modelo é recomendável apenas em situação de pouca variação no comportamento reflectivo da superfície da cultura.

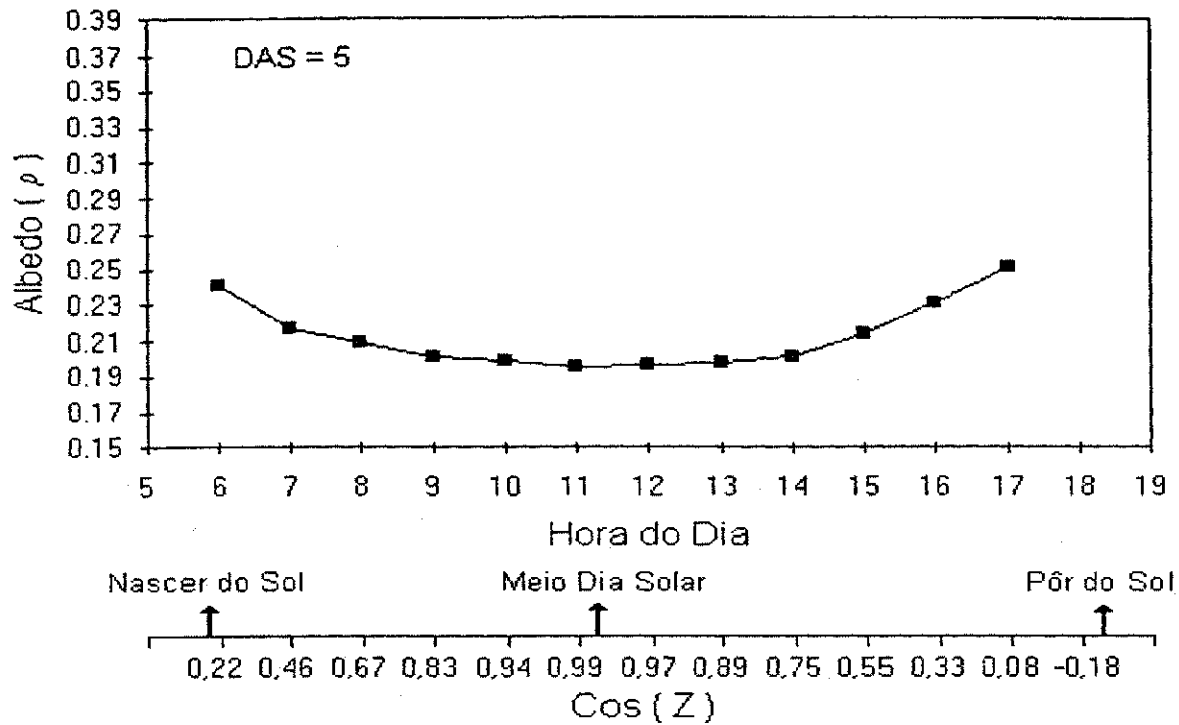


Fig.4.3 - Variação diurna do albedo para dia representativo do subperíodo de germinação.

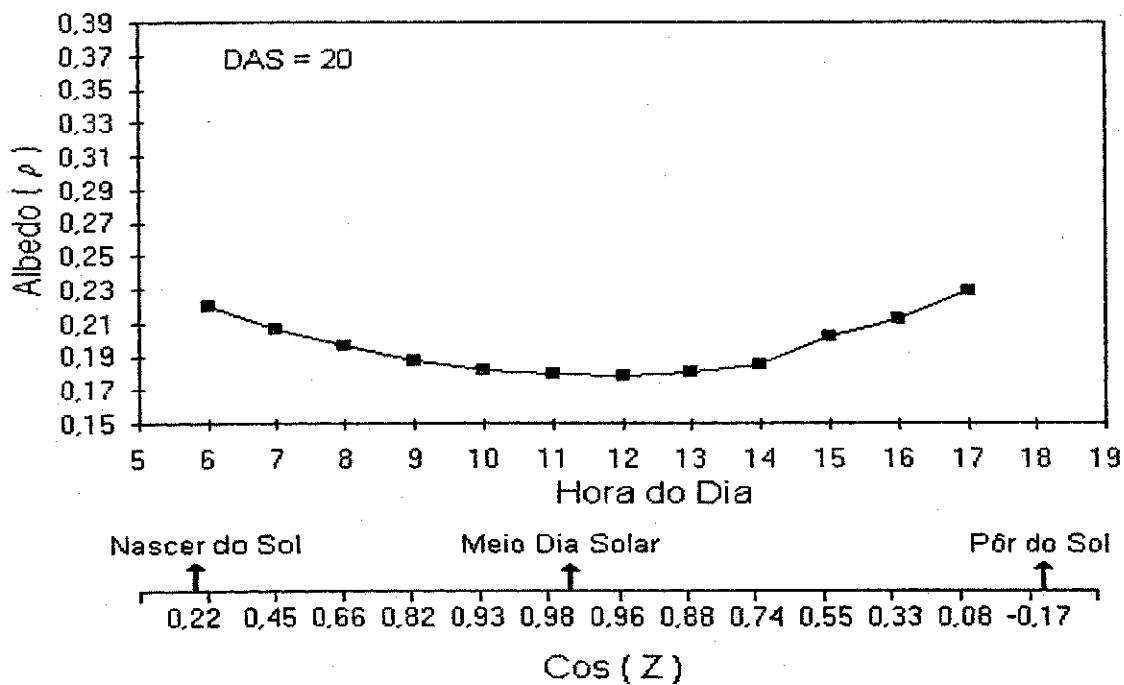


Fig.4.4 - Variação diurna do albedo para dia representativo do subperíodo de crescimento vegetativo.

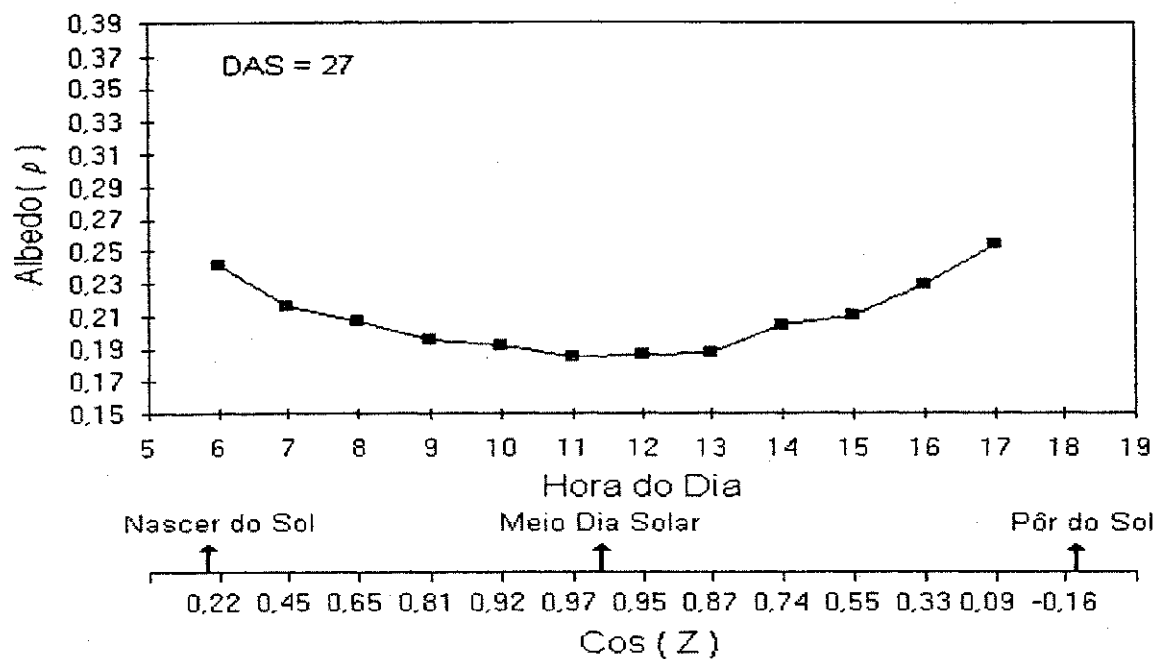


Fig. 4.5 - Variação diurna do albedo para dia representativo do subperíodo de floração.

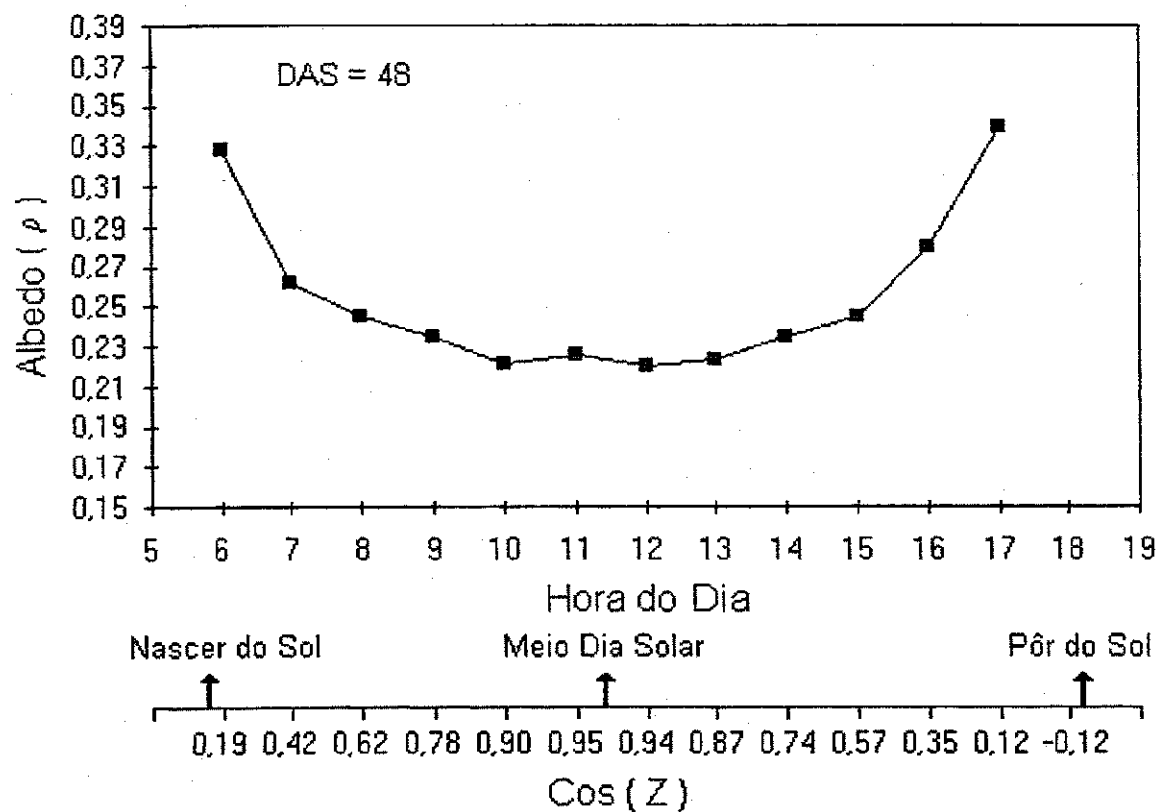


Fig.4.6 - Variação diurna do albedo para dia representativo do subperíodo de frutificação.

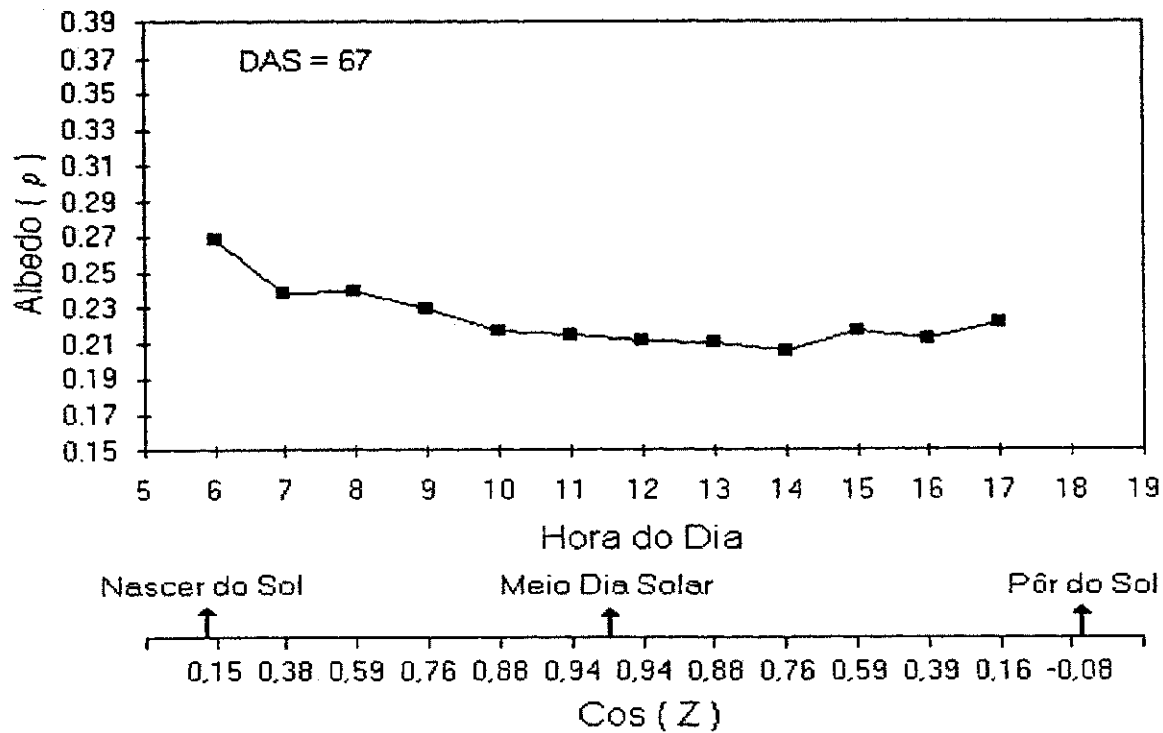


Fig.4.7 - Variação diurna do albedo para dia representativo do subperíodo de maturação.

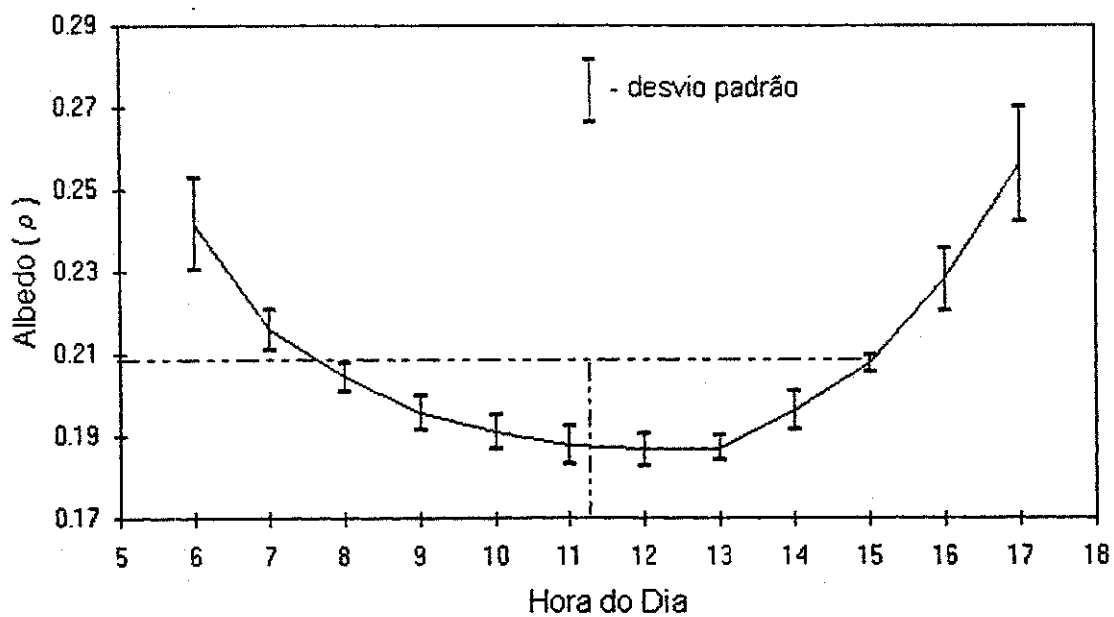


Fig. 4.8 - Variação diurna média e desvio padrão do albedo representativo do período de completo desenvolvimento vegetativo.

4.2.4 - Estimativa dos valores do albedo para a cultura do melão

A Tabela 4.1 apresenta os valores diários do albedo determinados pelos seguintes métodos: A) considerando os valores médios de R_{sr} e R_{si} nos horários de 9, 12 e 15h; B) considerando os valores médios de R_{sr} e R_{si} nos horários das 6 às 17h e, C) a partir da equação $\rho_v = 0,0016\alpha^2 - 0,2205\alpha + 26,568$. Os métodos foram aplicados para qualquer condição de nebulosidade, pois não foi encontrado nenhum dia em que a razão entre os valores de n (duração do brilho solar) e N (duração astronômica do período diurno) próxima de um.

Analisando os valores do albedo apresentados na Tabela 4.1, observa-se que o método B apresenta valores de até 3,2% maiores do que aqueles obtidos pelo método A, superando este em todos os dias considerados. Já o método C, considerado somente para o período de completo desenvolvimento vegetativo, com exceção do DAS = 20, apresenta valores menores que aqueles obtidos pelos métodos B e maiores que o método A, com exceção para o DAS = 34, alcançando diferenças de até aproximadamente 2,0% para ambos os métodos. A razão para o método A apresentar valores inferiores aos demais métodos, está associada ao fato de que este ao utilizar valores do albedo nos horários de 9,12 e 15h, período em que o albedo se mantém pequeno comparado com aqueles dos horários do nascer e pôr do sol, concorrem para diminuir o valor médio do albedo. Quanto ao método B superar os demais métodos é justificado pelo mesmo utilizar valores horários instantâneos, desde às 6 até 17h, horários que incluem o nascer e o pôr do sol que concorrem para aumentar os valores do albedo. MACIEL (1992) em cultura de algodão e LEITÃO (1989) em cultura de soja observaram resultado semelhante para dias de céu claro, com exceção apenas de que, para o método C, encontraram valores do albedo inferiores aos encontrados pelo

método A, justificado por estes autores terem considerado para o método A os valores diurnos integrados de Rsr e Rsi.

TABELA 4.1 - VALORES DO ALBEDO DO MELÃO, OBTIDOS PELOS METODOS "A", "B" E "C", DESCRITOS ANTERIORMENTE.

DAS	MÉTODOS		
	A (%)	B (%)	C (%)
05	21,2	21,3	—
11	19,2	20,8	—
20	18,0	19,7	20,0
27	19,3	20,9	20,1
34	20,1	21,9	20,1
41	21,2	24,4	—
48	22,8	25,5	—
55	21,6	23,8	—
62	20,9	22,6	—
67	21,9	22,4	—

4.2.5 - Variação do albedo com a área foliar do meloeiro

A figura 4.10 mostra a relação entre o albedo (ρ_v) e a área foliar (AF) na parcela PN, que recebeu 100% de irrigação, desde o subperíodo de floração até a maturação. Pode-se notar que ambos crescem até atingir um máximo na frutificação e depois decrescem até a maturação. Observa-se que os valores máximos e mínimos do albedo e da área foliar ocorrem ao mesmo tempo, qual seja: $\rho_v = 0,18$ para uma área foliar = $0,08 \text{ m}^2/\text{planta}$, ambos no DAS = 21 e $\rho_v = 0,23$ para uma área foliar = $3,39 \text{ m}^2/\text{planta}$ no DAS = 51.

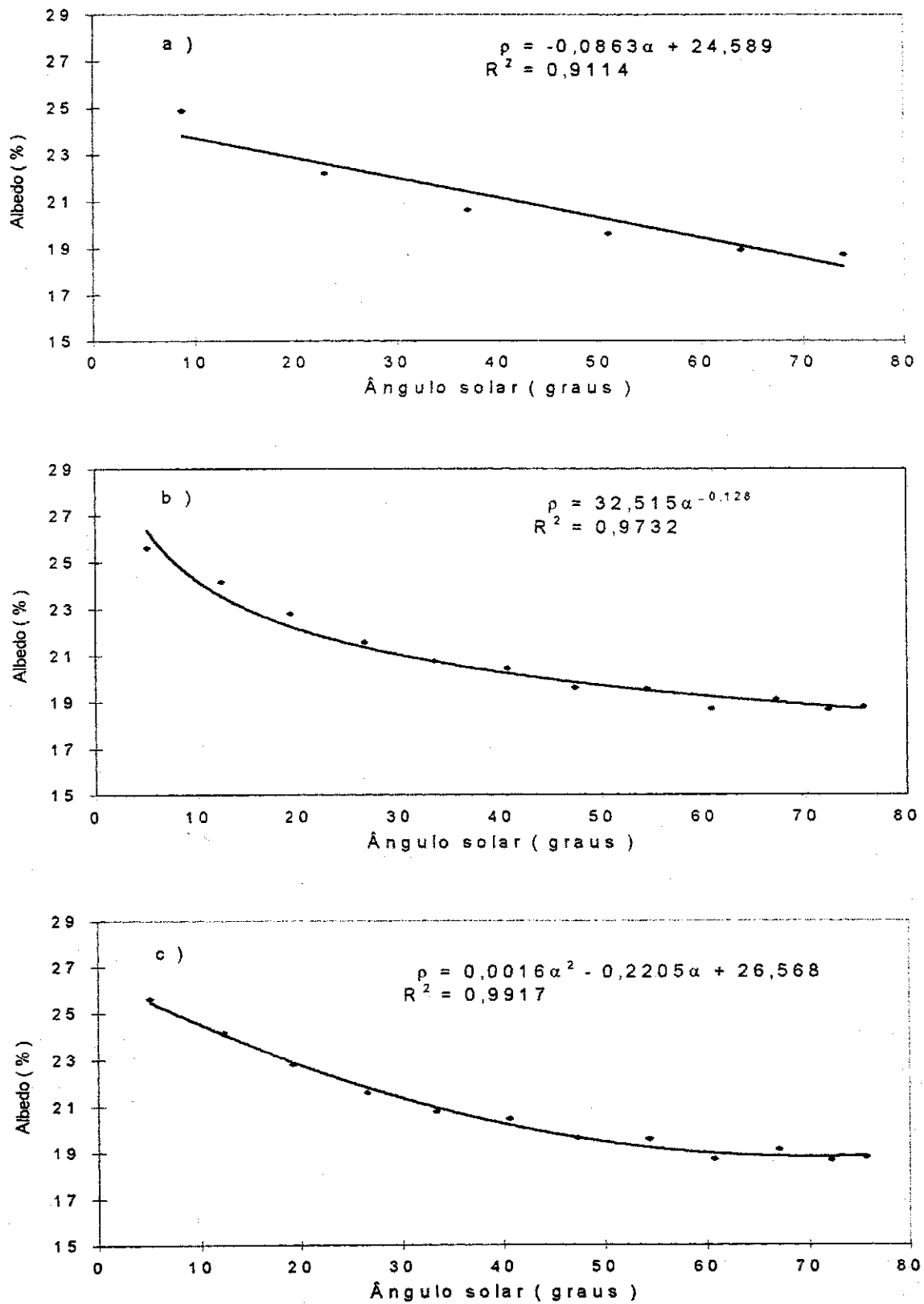


Fig. 4.9 - Estimativa do albedo (ρ_v) em função do ângulo de elevação solar (α) para o período de completo desenvolvimento vegetativo.

Resultados semelhantes foram encontrados por PINHEIRO e PINHEIRO JUNIOR (1989) em trabalho realizado com cultura do trigo. Já a figura 4.11 mostra a equação encontrada para se estimar os valores do albedo em função da área foliar da parcela PN, onde a equação linear apresentou um coeficiente de determinação de 0,88.

4.3 - Balanço de radiação sobre a cultura

4.3.1 - Variação diurna das componentes do balanço de radiação

As figuras 4.12 até 4.16 e Tabelas A2 até A6 (Apêndice) apresentam a variação diurna das componentes do balanço de radiação sobre a cultura do melão, para dias representativos dos subperíodos de germinação, crescimento vegetativo, floração, frutificação e maturação, respectivamente.

Na figura 4.12 observa-se que, a densidade de fluxo de radiação de ondas curtas incidente (R_{si}), variando entre 27,09 e 1130 W/m^2 , é o principal componente do balanço de radiação, conforme observado por outros autores (VISWANADHAM et al. , 1987; CUNHA et al., 1993 e 1989a; ANDRÉ, 1988; FONTANA et al., 1989 e MACIEL, 1992). Observa-se também, que a curva de S_r , variando entre -28,9 e 609,4 W/m^2 , apresentou o mesmo comportamento de R_{si} , sendo que com magnitude inferior, onde nas primeiras e últimas horas do dia, os valores de ambas as curvas se aproximam. Em média, observou-se que no subperíodo de germinação que o S_r e a radiação solar refletida (R_{sr}) representaram 55,8% e 20,3% de R_{si} , respectivamente. Quanto à R_{sr} observa-se um pequeno aumento no período matinal, atingindo valores máximos por volta do meio dia, na ordem de 221 W/m^2 , e diminuindo até atingir um mínimo em torno de 6,8 W/m^2 , também observado por SOUSA (1991) em cultura de feijão macassar e LEITÃO (1989) em cultura de soja.

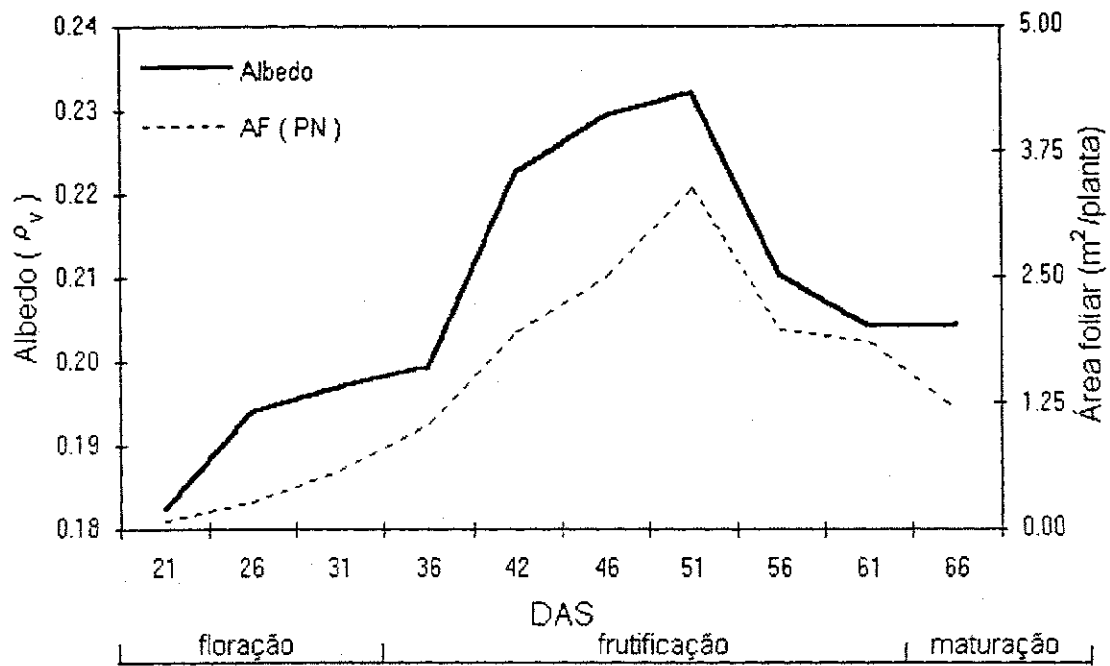


Fig. 4.10 - Comportamento do albedo (ρ_v) e da área foliar (AF) na parcela PN (100% de irrigação) durante o crescimento do melão.

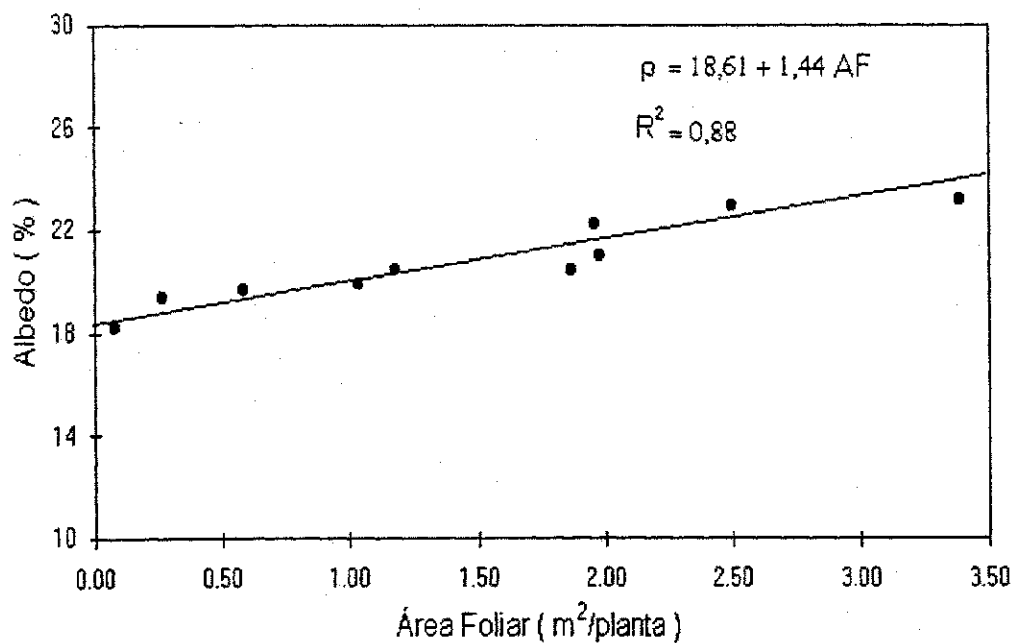


Fig. 4.11 - Estimativa do albedo (ρ_v) em função da área foliar (AF) durante o crescimento do melão.

Conforme o esperado, para solo nu e seco, a perda de radiação da superfície através da reflexão de ondas curtas foi menor do que a perda líquida de radiação de ondas longas (BOL), também observado por LEITÃO (1989). Em média, a perda de radiação de ondas longas pela superfície foi da ordem de 30% e 43% em relação ao BOC e ao S_r , respectivamente. O fluxo de radiação de ondas longas emitido pela superfície (R_{le}) manteve-se praticamente constante e em torno de $490,78 \text{ W/m}^2$ ao longo do período diurno, devido a pequena variação da temperatura do ar durante o dia e, valores elevados, na ordem de 420 W/m^2 , do fluxo de radiação de ondas longas emitido pela atmosfera em direção à superfície (R_{li}) são observados no início e final do período diurno, atingindo valores mínimos, em torno de 184 W/m^2 , por volta do meio dia. Salienta-se que encontrou-se valores elevados de R_{li} no início e final do período diurno por, nesses períodos, R_{si} ser mínimo e contribuindo para o aumento em R_{li} pois este foi obtido por diferença na equação do balanço de radiação.

Para o subperíodo de crescimento vegetativo com uma área foliar de aproximadamente $757,64 \text{ cm}^2/\text{planta}$ (figura 4.13), observa-se que R_{si} variou entre $30,62$ e $1171,97 \text{ W/m}^2$ e o S_r entre $-23,64$ e $659,32 \text{ W/m}^2$. Em média, observou-se que o S_r e R_{sr} representaram 58,6% e 18,7% de R_{si} , respectivamente. Quanto a R_{sr} observa-se, em média, um decréscimo de 3% em seu valor, comparado com a R_{sr} encontrado aos 5 DAS (figura 4.12).

A perda de radiação da superfície através da reflexão de ondas curtas permanece ainda menor do que a perda líquida de radiação de ondas longas (BOL). Esta é ainda menor comparada com a observada aos 5 DAS, justificado pelo solo já ter alguma vegetação aos 20 DAS e estar úmido, contribuindo para

a perda ser ainda menor. Os fluxos R_{le} e R_{li} não apresentaram diferenças com relação aos observados na figura 4.12 (DAS = 5).

Para o subperíodo de floração, com uma área foliar de aproximadamente $2650,97 \text{ cm}^2/\text{planta}$ (figura 4.14), observa-se que R_{si} variou entre $24,73$ e $1210,84 \text{ W/m}^2$, e o S_r entre $18,31$ e $692,69 \text{ W/m}^2$. Apesar da presença de alguma nebulosidade, a curva do S_r continua acompanhando a curva de R_{si} , ou seja, a presença de algumas nuvens não impede que as curvas apresentem o mesmo comportamento. Em média, o S_r e R_{sr} representaram $60,2\%$ e $19,7\%$ de R_{si} , respectivamente. Observou-se para R_{sr} , em média, um decréscimo de $1,3\%$ e acréscimo de $1,65\%$ em relação aos observados nos 5 e 20 DAS, respectivamente.

A perda de radiação da superfície através da reflexão de ondas curtas permanece menor que a perda líquida de radiação de ondas longas (BOL), sendo que ocorreu uma redução sensível desta diferença, de 337 W/m^2 aos 20 DAS para $36,12 \text{ W/m}^2$ aos 27 DAS, em média. Observa-se também, que os fluxos R_{le} e R_{li} continuam não apresentando diferenças consideráveis com relação aos observados nas figuras 4.12 (DAS = 5) e 4.13 (DAS = 20).

Para o subperíodo de frutificação, com uma área foliar de aproximadamente $24988,17 \text{ cm}^2/\text{planta}$ (figura 4.15), observa-se que R_{si} variou entre $63,6$ e 1245 W/m^2 , e o S_r entre $-13,71$ e $766,55$, ambos nos horários de 17 e 11h, respectivamente. Em média, observou-se que o S_r e R_{sr} representaram 63% e $23,5\%$ de R_{si} , respectivamente. Para a R_{sr} verificou-se, em média, um acréscimo de 18% em relação ao observado para os 27 DAS (figura 4.14). A perda de radiação da superfície através da reflexão de ondas curtas torna-se maior do que a perda líquida de radiação de ondas longas,

explicado provavelmente pelo solo estar completamente coberto pela cultura neste dia, contribuindo assim para uma maior reflexão, também observado por LEITÃO (1989) em cultura de soja e MACIEL (1992) em cultura de algodão herbáceo.

Para o subperíodo de maturação, com uma área foliar de aproximadamente $11838,22 \text{ cm}^2/\text{planta}$ (figura 4.16), observa-se que R_{si} variou entre $54,2$ e $791,5 \text{ W/m}^2$, e o S_r entre $19,1$ e $527,7 \text{ W/m}^2$. Verifica-se que apesar deste ser um dia em que observou-se nebulosidade em todos os horários das medições, a curva do S_r permanece acompanhando o curva de R_{si} , ficando evidente que esta situação se mantém para qualquer condição de nebulosidade, também observado por LEITÃO (1989) e MACIEL (1992). Em média, o S_r e R_{sr} representaram $62,2\%$ e $21,8\%$ de R_{si} , respectivamente. Observou-se para R_{sr} , em média, um decréscimo de $42,8\%$, em seu valor, explicado pela área foliar ter diminuído em $58,6\%$ com relação a observada na figura 4.15. Já a perda de radiação da superfície através da reflexão de ondas curtas permanece maior que a perda líquida de radiação de ondas longas, sendo que a R_{sr} diminuiu em $57,2\%$ comparado com o valor observado aos 48 DAS (figura 4.15). Como o DAS = 67 é um dia de muita nebulosidade, pode ter contribuído para $R_{sr} > BOL$ (LEITÃO, 1989 e MACIEL, 1992).

Os fluxos de R_{le} e R_{li} apresentaram-se praticamente constantes durante o período diurno e em torno de $482,0$ e $414,5 \text{ W/m}^2$, respectivamente. No caso de R_{le} isto é explicado pela pequena variação na temperatura do ar próximo a superfície durante o período diurno, já referido anteriormente, e no caso de R_{li} , pela diminuição e menor flutuabilidade nos valores de R_{si} comparado com outros dias.

4.3.2 - Variação estacional das componentes do balanço de radiação

A variação estacional das componentes do balanço de radiação integrados no período diurno, para nove dias (desde a germinação até a maturação), a partir de medições instantâneas horárias, das 6 até as 17h, é apresentada na figura 4.17 e Tabela A7 (Apêndice). Constata-se nesta, que a densidade de fluxo de radiação de onda curta incidente (R_{si}) foi a principal determinante da variação na magnitude dos demais componentes do balanço de radiação da superfície, verificando-se, em módulo, uma relação direta entre R_{si} e os outros fluxos de energia radiante. Resultado semelhante foi observado por CUNHA et al. (1989) com o milho e FONTANA et al. (1989) com girassol. As variações de R_{si} são dependentes das condições atmosféricas e, em função da latitude e da época do ano. Estes aspectos ficam evidenciados pelas representações do balanço de radiação nas figuras 4.12 até 4.16. Aos 34 DAS observamos uma diminuição acentuada de R_{si} , decorrente das condições atmosféricas (nebulosidade). Sendo que, para aos 67 DAS, observou-se também nebulosidade em todos os horários de medições.

Com relação à perda de energia radiante pelo sistema verifica-se, em função dos valores absolutos da Tabela A.7 (Apêndice) e visualmente na figura 4.17, que a perda por reflexão de ondas curtas é menor que a radiação terrestre efetiva (BOL) desde o subperíodo de germinação (DAS = 5) até a floração (DAS = 27), já a partir deste até a maturação observa-se uma situação inversa, ou seja, R_{sr} superando o BOL, explicado pela maior AF no subperíodo de frutificação.

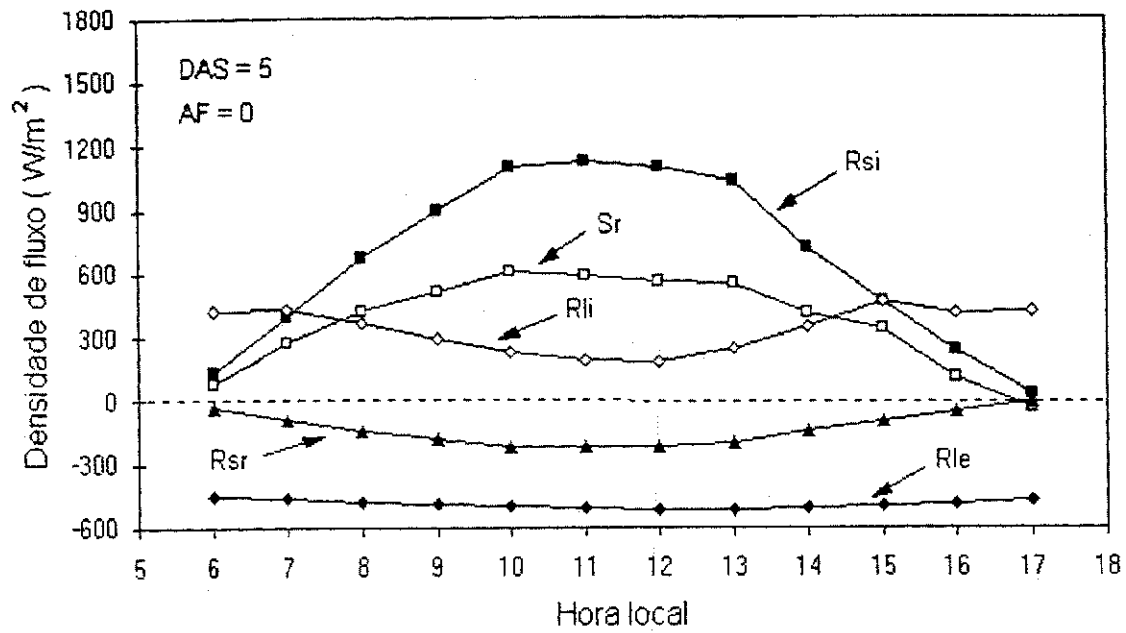


Fig. 4.12 - Variação diurna das componentes do balanço de radiação para o subperíodo de germinação.

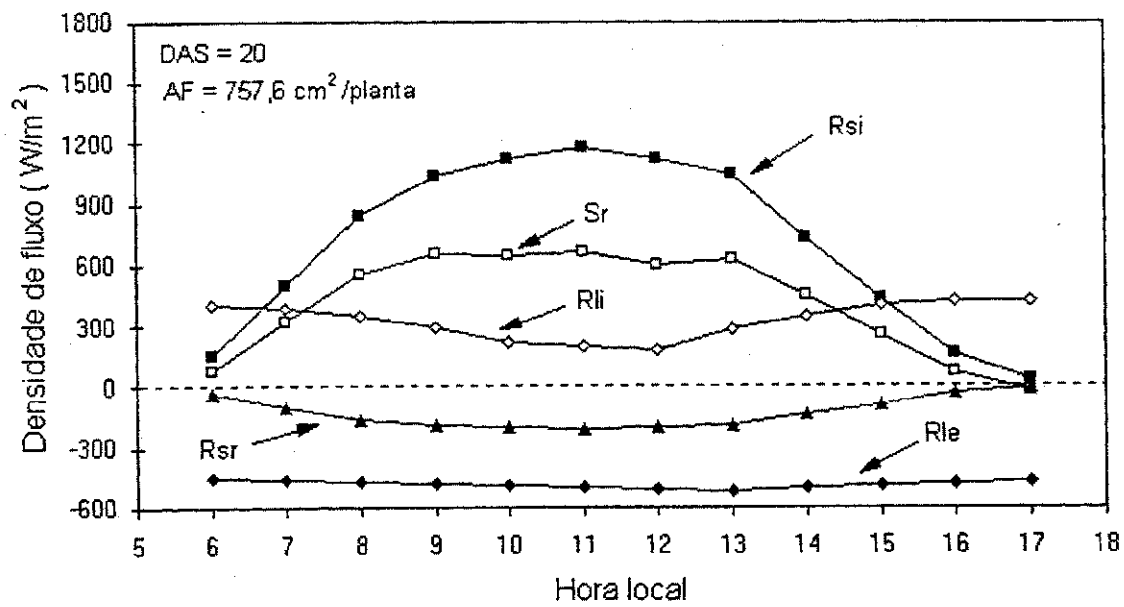


Fig. 4.13 - Variação diurna das componentes do balanço de radiação para o subperíodo de crescimento vegetativo.

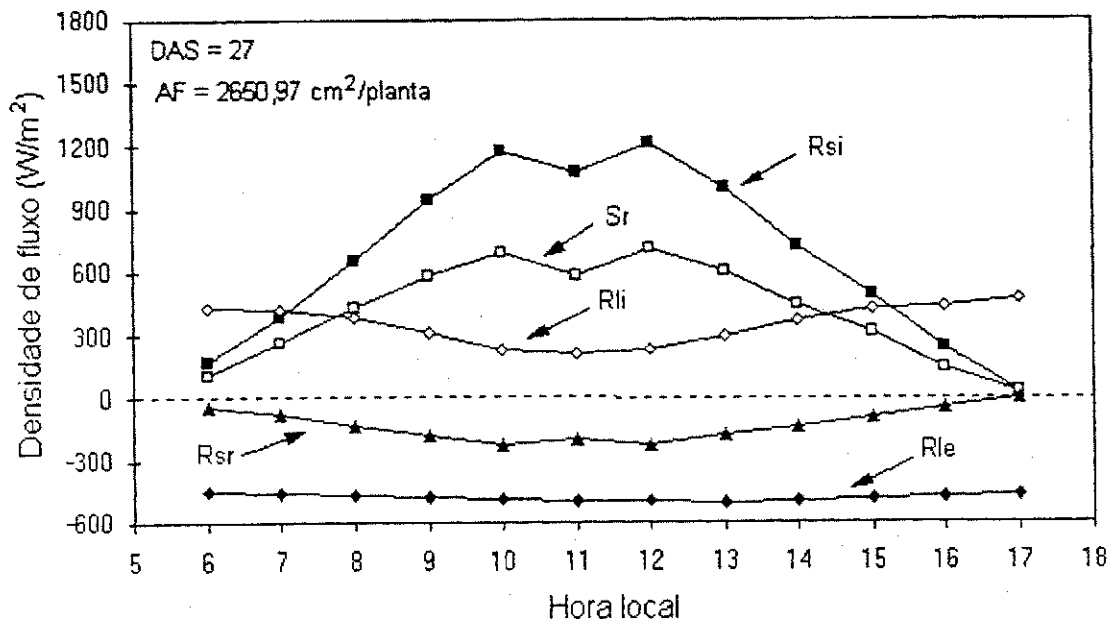


Fig. 4.14 - Variação diurna das componentes do balanço de radiação para o subperíodo de floração.

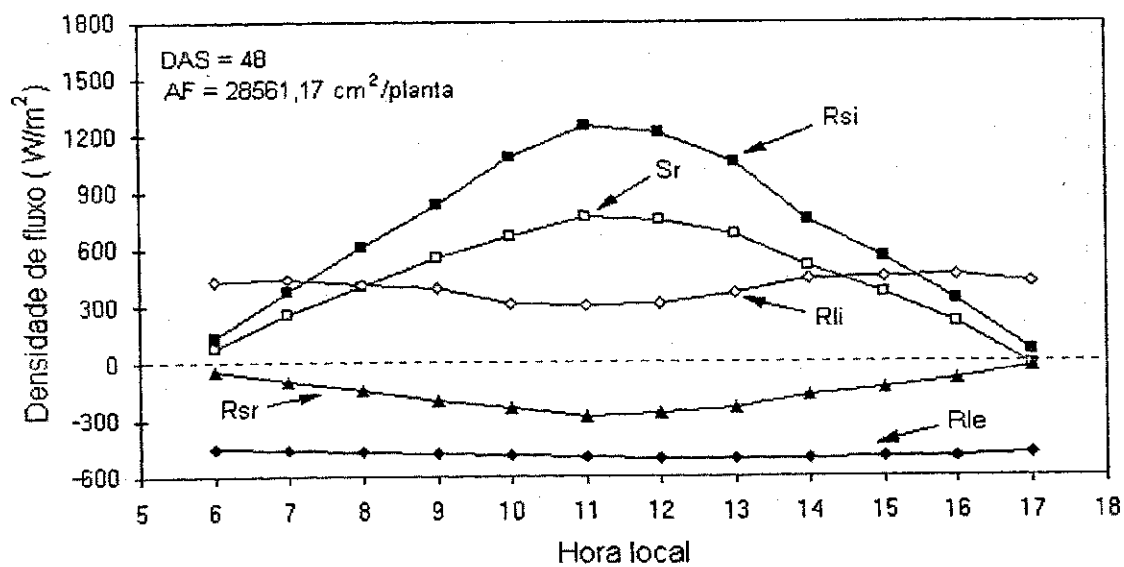


Fig. 4.15 - Variação diurna das componentes do balanço de radiação para o subperíodo de frutificação.

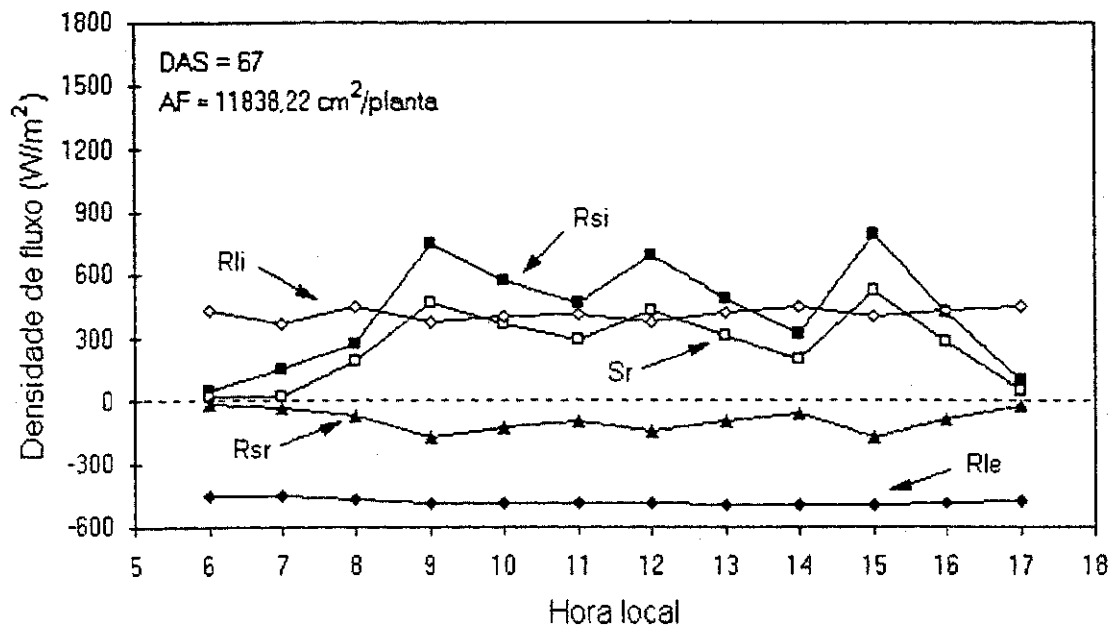


Fig. 4.16 - Variação diurna das componentes do balanço de radiação para o subperíodo de maturação.

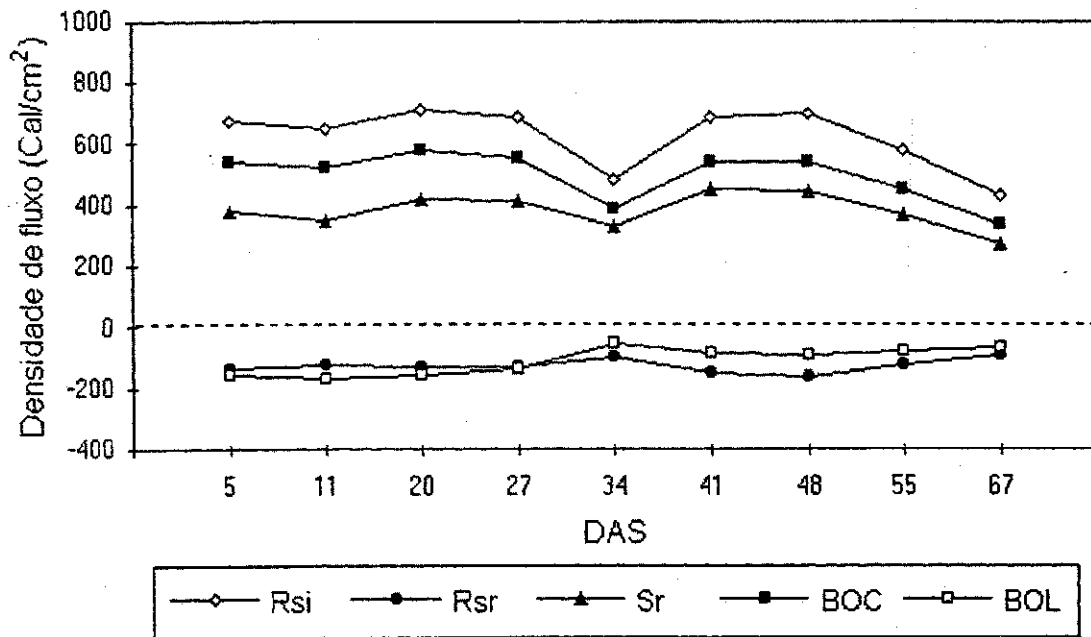


Fig. 4.17 - Variação estacional das componentes do balanço de radiação (Cal.cm² em 11h), sobre a cultura.

Com relação à perda de energia radiante pelo sistema verifica-se, em função dos valores absolutos da Tabela A.7 (Apêndice) e visualmente na figura 4.17, que a perda por reflexão de ondas curtas é menor que a radiação terrestre efetiva (BOL) desde o subperíodo de germinação (DAS = 5) até a floração (DAS = 27), já a partir deste até a maturação observa-se uma situação inversa, ou seja, Rsr superando o BOL, explicado pela maior AF no subperíodo de frutificação.

Analisando, em termos percentuais, a variação estacional dos componentes do balanço de radiação, é possível fazer as seguintes afirmações: a densidade de fluxo de radiação de onda curta incidente alcançou um total de 233,37 MJ/m², dos quais 48,61 MJ/m² ou 20,8% foram refletidos pela superfície para a atmosfera e 184,76 MJ/m² ou 79,2% foram absorvidos pela cultura e pelo solo, para um período de 9 dias. O saldo do ondas longas (BOL) apresentou uma média diurna de -4,70 MJ/m², indicando que a radiação emitida pela superfície é maior que a radiação atmosférica incidente à superfície . O saldo de radiação (Sr) para o período diurno apresentou um valor médio de 378,7 Cal/cm², sendo esta a energia disponível ao meio, para os processos físicos e químicos que ocorreram na comunidade vegetal.

A Tabela 4.2 apresenta a variação dos componentes do balanço de radiação em termos das razões percentuais, comparada com resultados encontrados para outras culturas em diferentes localidades dentro da região tropical, citados por LEITÃO (1989), SOUZA (1991) e MACIEL (1992). Analisando esta, observa-se que os resultados obtidos para a cultura do melão em Mossoró-RN, apresentam-se semelhantes aos demais resultados, mesmo considerando que as culturas são diferentes.

TABELA 4.2 - RAZÕES ENTRE AS COMPONENTES DO BALANÇO DE
RADIÇÃO PARA DIFERENTES CULTURAS.

CULTURAS	RAZÕES (%)			
	Rsr/Rsi	Sr/Rsi	BOL/Rsi	BOL/Sr
Melão				
Mossoró-RN (5° 12' S)	20,83	61,05	18,12	29,68
Brasil				
Algodão				
São Gonçalo-Pb (6° 45' S)	19,72	62,16	18,15	29,17
Brasil				
Feijão macassar				
Sumé-Pb (7° 39' S)	15,06	70,41	14,89	21,15
Brasil				
Soja				
Mandacarú-Ba (9° 26' S)	17,92	62,20	19,89	31,98
Brasil				
Finger Millet				
Anakaplle (17° 40' N)	18,26	60,77	20,97	-----
Índia				
Gero Millet				
Somaru (11° 11' N)	19,00	-----	-----	-----
Nigéria				
Milho				
Somaru (11° 11' N)	17,08	56,77	26,15	-----
Nigéria				

Quando comparados os resultados encontrados para diversas culturas, o albedo para a cultura do melão apresenta-se maior que o encontrado para as outras culturas. Observa-se também que os resultados encontrados para a cultura do melão são bastante próximos aos encontrados para a cultura do algodão, verificando-se ainda que as coordenadas de latitude de ambas regiões onde foram cultivadas estas culturas diferenciam apenas de um grau.

4.4 - Balanço de energia sobre a cultura

As componentes do balanço de energia também são importantes quando se deseja conhecer os percentuais de energia disponível (FONTANA et al., 1987) ou conhecer a contribuição relativa de cada componente (ROSEMBERG et al., 1983). Já o conhecimento do consumo de água nos diversos subperíodos de desenvolvimento da cultura do melão permite a administração de uma irrigação mais racional e efetiva, de acordo com as exigências da cultura.

A figura 4.18 (a) e (b) apresenta a variação estacional das componentes do balanço de energia para as parcelas PN e P3, respectivamente, no horário de 10h 30min. Os valores das componentes do balanço de energia e suas relações percentuais estão contidos no Apêndice (TABELAS A.8 e A.9) e TABELAS 4.3 e 4.4, respectivamente

Observa-se nesta figura, que o fluxo de calor latente (LE) apresenta-se maior que o saldo de radiação em 81,8% dos dias de observação para a parcela PN e, em 63,6% para a parcela P3. Esta superioridade do LE sobre S_r também é observada na figura 4.19 (c) e (d). Explica-se pelo fato de que, na

área do experimento não havia restrição de água, irrigação realizada diariamente, e esta é circundada por uma outra área seca. Nesta, a evaporação é limitada pelo solo e grande parte da radiação solar disponível é usada para aquecer o solo e o ar (calor sensível). Na área vegetada, a maior parte da energia é utilizada na evapotranspiração da cultura, resultando em menor aquecimento do ar. Havendo deslocamento do ar, a velocidade média do vento na região é em torno de 5 m/s, da área seca para a vegetada, haverá transporte horizontal de calor sensível para a área úmida, advecção de calor sensível. Portanto, nessas condições, a energia disponível a superfície é aumentada pela contribuição lateral de calor sensível da área adjacente (PEREIRA et al., 1997). TANNER (1960) revelou que, em situações como a citada acima, a evapotranspiração pode exceder até duas vezes a energia líquida disponível. AZEVEDO et al. (1989) afirmam que em certas situações - fluxo de ar quente soprando sobre áreas irrigadas mais úmidas ou ar úmido sobre áreas mais quentes - a advecção de calor sensível ou latente, constitui-se numa fonte adicional de energia para o processo de evapotranspiração e aquecimento/resfriamento do ar e, que na prática, isto ocorre quando a energia utilizada na evapotranspiração supera o saldo de radiação. SINGH & TAILLEFER (1986), citados por AZEVEDO et al. (1989), afirmam que, em alguns casos, a energia da advecção supera em até 40% o saldo de radiação. Já MONTENY (1972) e ROSEMBERG (1972) mostraram que em regiões semi-áridas, a advecção poderia chegar a mais de 100% do saldo de radiação disponível. Observa-se que, para a parcela com irrigação de 100% no horário de 10h 30min (figura 4.18a e Tabela A8), o S_r ficou compreendendo entre 335,85 e 753,98 W/m^2 , juntamente com as variações de desenvolvimento da

cultura, cuja área foliar (AF) variou entre 4276,51 e 31094,15 cm²/planta. A interação entre esses fatores com a disponibilidade de umidade no solo e com as condições atmosféricas implicaram em fracionamento diferencial do Sr. Os valores médios encontrados para o Sr e LE foram de 613,41 e 677,73 W/m², respectivamente, ou seja, a energia utilizada na evapotranspiração representou, em média, 111,70% do Sr. Sendo que LE variou entre 427,88 e 894,62 W/m².

Para a parcela com irrigação de 70% no horário de 12h 30min (figura 4.18b), não observou-se variações do Sr com relação a PN, no entanto a área foliar máxima encontrada em PN (31094,15 cm²/planta) reduziu-se para 16926,98 cm²/planta na parcela P3, portanto uma redução de 45,5% na AF máxima e em média de 21,8% da AF durante todo o período de medições. Os valores médios encontrados para Sr e LE foram de 606,21 e 635,27 W/m², respectivamente. Portanto a energia utilizada na evapotranspiração, variando entre 345,45 e 901,67 W/m², representou, em média, 105,53% do Sr.

Observa-se ainda que, o fluxo de calor no solo (G) é bastante inferior aos demais componentes do balanço de energia, estando inversamente relacionado com a AF, atingindo valores desprezíveis no início da frutificação, observado também por CUNHA et al. (1989). Sendo G mais pronunciado quando as plantas não estão em ótimas condições hídricas (P3). Verificou-se, em média, que 4,14% e 4,47% da energia disponível foi destinada ao aquecimento do solo, nas parcelas PN e P3, respectivamente. Sendo que o G variou entre 5,7 e 56,3 W/m² na parcela PN e entre 5,7 e 62,96 W/m² na parcela P3 e, os valores máximos de G foram encontrados na floração aos 28 DAS e na maturação aos 67 DAS.

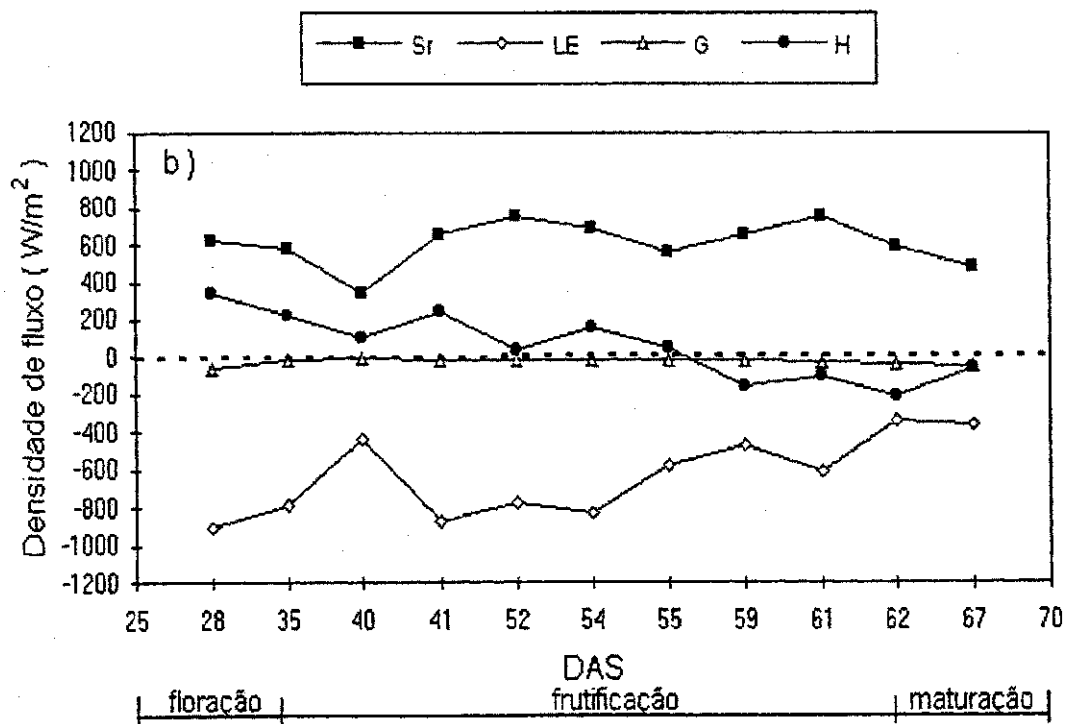
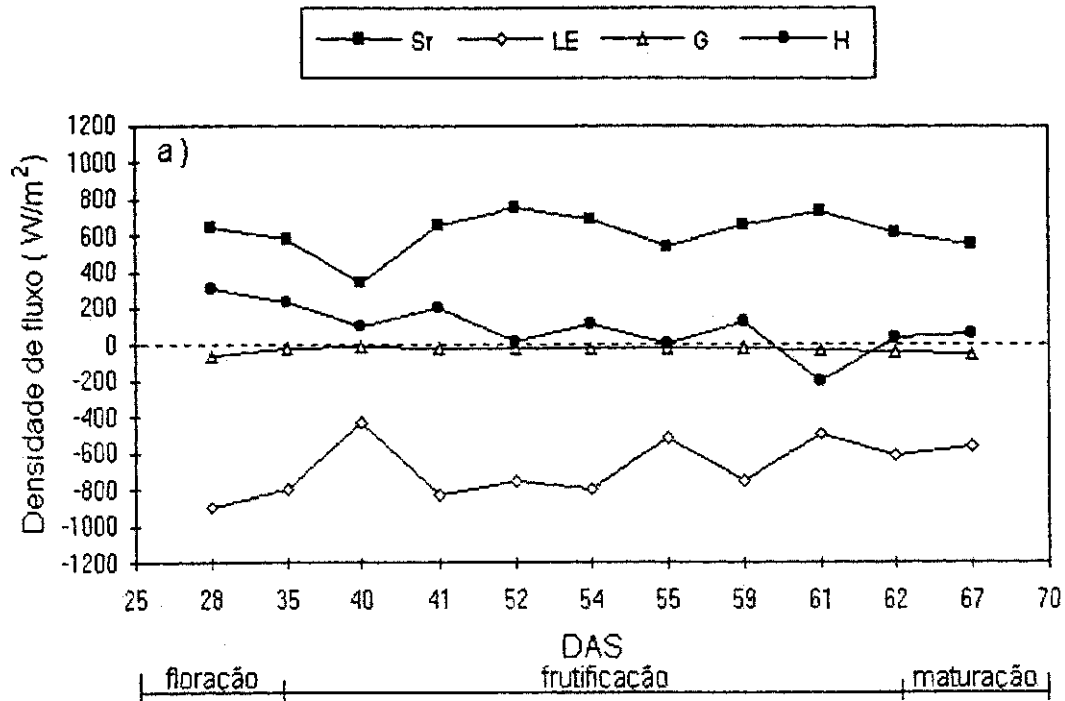


Fig. 4.18 - Variação estacional das componentes do balanço de energia para: (a) parcela PN (100% de irrigação) e (b) parcela P3 (70% de irrigação) no horário de 10h 30min.

TABELA 4.3- DATAS, DIAS APÓS A SEMEADURA, ÁREA FOLIAR (cm²/planta)
E RELAÇÕES DERIVADAS DO BALANÇO DE ENERGIA NA
PARCELA PN ÀS 10h 30min.

DATA	DAS	AF	RELAÇÕES (%)			
			LE/Sr	LE/(Sr+G)	H/Sr	G/Sr
19/11/93	28	4276,51	138,21	151,38	46,91	8,70
26/11/93	35	9502,72	136,60	140,88	39,64	3,04
01/12/93	40	16520,22	127,40	129,60	29,10	1,70
02/12/93	41	18045,19	127,83	131,40	30,54	2,72
13/12/93	52	31094,15	100,16	102,62	2,55	2,39
15/12/93	54	25438,58	114,52	116,89	16,55	2,03
16/12/93	55	22610,79	96,82	100,30	0,28	3,47
20/12/93	59	19103,07	116,42	119,82	19,26	2,84
22/12/93	61	18649,78	67,98	70,87	27,94	4,07
23/12/93	62	17287,47	100,78	106,86	6,47	5,69
28/12/93	67	10475,90	102,02	111,99	10,92	8,90
MÉDIA			111,70	116,60	15,84	4,14

TABELA 4.4- DATAS, DIAS APÓS A SEMEADURA, ÁREA FOLIAR (cm²/planta)
E RELAÇÕES DERIVADAS DO BALANÇO DE ENERGIA NA
PARCELA P3 ÀS 10h 30min.

			RELAÇÕES (%)			
DATA	DAS	AF	LE/Sr	LE/(Sr+G)	H/Sr	G/Sr
19/11/93	28	4276,51	145,11	161,47	55,24	10,13
26/11/93	35	12020,36	134,75	138,98	37,80	3,05
01/12/93	40	15541,29	129,04	131,21	30,70	1,66
02/12/93	41	16421,52	133,90	137,63	36,61	2,70
13/12/93	52	16578,49	102,60	104,88	4,78	2,18
15/12/93	54	16810,81	120,66	123,46	22,93	2,26
16/12/93	55	16926,98	106,14	109,72	9,41	3,26
20/12/93	59	15136,36	71,84	74,21	24,96	3,19
22/12/93	61	13865,20	81,54	85,21	14,15	4,31
23/12/93	62	13243,19	58,39	62,00	35,78	5,83
28/12/93	67	10133,12	76,89	85,97	12,54	10,57
MÉDIA			105,53	110,43	10,00	4,47

O fluxo de calor sensível (H) apresentou um comportamento com tendência inversa a LE, em ambos horários (10h 30min e 12h30min) e parcelas (PN e P3), verificado também por FONTANA et al. (1989). Observou-se em média, que H representou 15,8% e 10,0% da energia disponível (Sr) para as parcelas PN e P3, respectivamente. Sendo sua variação entre -204,12 e 303,66 W/m² (valor médio igual a 89,81 W/m²) na parcela PN e, entre -211,69 e 343,27 W/m² (valor médio igual a 55,65 W/m²).

Observa-se ainda que, houve transferência de energia do meio para a área cultivada, implicando em ocorrência de fluxos de calor sensível positivos, determinando que o LE atingisse, em módulo, valores maiores do que os do Sr, para ambas parcelas, sendo H positivo em 90,9% dos dias para PN e 63,6% para P3, desde a floração aos 28 DAS até a frutificação aos 59 DAS para PN e aos 55 DAS para P3, passando a ser negativo apenas aos 61 DAS na parcela PN e, deste até aos 67 DAS na parcela P3.

Analisando a figura 4.18 (a) e (b) por subperíodos, observamos que na floração (DAS = 28), para uma mesma AF igual a 4276,51 W/m² (Tabela A8 e A9), todos os componentes do balanço de energia se apresentam maiores, em módulo, na parcela P3 do que em PN, com exceção do Sr. A temperatura do ar (Ta) foi maior que a da cultura (Tc) e por conseguinte a cultura, por estar mais fria que o meio ambiente (ar), absorveu calor sensível (H) e liberou energia na forma de calor latente. Na parcela PN, a energia utilizada na evapotranspiração representou 138,2% do Sr e 145,1% na parcela P3. O fluxo de calor sensível representou 46,9% e 55,2% do Sr, nas parcelas PN e P3, respectivamente e, o fluxo de calor no solo representou 8,7% e 10,1% do Sr para as mesmas parcelas.

Entre os 35 e 52 DAS, do início até o meio da frutificação, para uma área foliar média de 18790,6 cm²/planta e 15140,4 cm²/planta nas parcelas PN e P3, respectivamente, observa-se que todos os termos do balanço de energia apresentaram-se praticamente constantes em ambas parcelas, com exceção de H que representou 23,5% e 25,8% do Sr na parcela PN e P3, respectivamente. LE representou 123% do Sr na parcela PN e 125% na parcela P3 e G representou, em média, 2,4% do Sr.

Aos 40 DAS, em ambas parcelas, observa-se uma diminuição considerável, em módulo, de todos os componentes do balanço de energia, decorrente da diminuição acentuada da energia disponível para os processos de aquecimento do ar e do solo, de transferência de água, na forma de vapor da superfície para a atmosfera, energia esta proveniente da radiação solar.

Entre os 54 e 62 DAS, do meio até o fim da frutificação, para um mesmo Sr e G, em torno de 645 e 24 W/m², para ambas parcelas e, uma diminuição de 26,3% da AF, da parcela PN para P3, observa-se uma diminuição de 10,9% em LE. Sendo que LE representou 99,3% de Sr na parcela PN e 87,7% na parcela P3. Já o fluxo de calor no solo representou 3,7% de Sr. Aos 61 DAS para a parcela PN e aos 59, 61 e 62 DAS para a parcela P3, observou-se uma inversão térmica, ou seja, a T_c passou a ser maior que a T_a, confirmado pela negatividade de H.

Na maturação aos 67 DAS, com a AF praticamente a mesma para ambas parcelas, em torno de 10304,5 cm²/planta, observa-se que H e G permaneceram constantes e em torno de 60 e 50 W/m² para ambas parcelas, enquanto o Sr e LE diminuíram com relação a P3. Neste subperíodo LE representou 102% do Sr para a parcela PN e 76,9% para a parcela P3. Já H e

G, representaram 10,9% e 8,9% do Sr na parcela PN, respectivamente e, 12,5% e 10,6% do Sr na parcela P3.

A figura 4.19 (c) e (d) apresenta a variação estacional das componentes do balanço de energia para a parcela PN e P3, respectivamente e, no horário de 12h 30min. Os valores de cada componente do balanço de energia e suas relações percentuais com o Sr estão contidos no Apêndice (TABELA A.10 e A.11) e nas TABELAS 4.5 e 4.6.

Observa-se que, para a parcela PN no horário de 12h 30min (figura 4.19c), o Sr ficou compreendido entre 376,73 e 791,7W/m², juntamente com as variações de desenvolvimento da cultura, cuja AF variou entre 4276,51 e 31094,15 cm²/planta. Os valores médios encontrados para o Sr e LE foram de 644,95 e 724,32 W/m², respectivamente. A energia utilizada na evapotranspiração representou, em média, 112,8% do Sr (Tabela 4.6). Sendo que LE variou entre 443,47 e 971,01 W/m².

Para a parcela P3, no horário de 12h 30min (figura 4.19d), o Sr ficou compreendido entre 376,36 e 785,92 W/m², cuja área foliar máxima de PN (31094,15 cm²/planta) reduziu-se para 16926,98 cm²/planta na parcela P3. Os valores médios encontrados para o Sr e LE foram de 641,32 e 626,70 W/m², respectivamente. Portanto a energia utilizada na evapotranspiração variou entre 218,44 e 952,41 W/m², representando, em média, 99,06% do Sr.

Verificou-se, em média, que 3,6% da energia disponível foi destinada ao aquecimento do solo, em ambas parcelas. Sendo que G variou entre 10,76 e 59,64 W/m². O fluxo de calor sensível representou em média, 16,3% e 2,7% do Sr, para as parcelas PN e P3, respectivamente. Sendo sua variação entre -

170,79 e 267,92 W/m² (valor médio igual a 101,69 W/m²) na parcela PN e, entre -498,61 e 260,76 W/m² (valor médio igual a 8,45 W/m²).

Observa-se ainda na figura 4.19 (c) e (d) que, o fluxo de calor latente apresenta-se maior que o saldo de radiação, em 81,8% dos dias, para a parcela PN e, 45,5% para a parcela P3. A redução de 18% dos dias na parcela P3 (12h 30min) com relação ao horário de 10h30min é explicado pela maior quantidade de radiação solar incidente chegando a cultura no horário de 12h 30min. Observa-se também, a transferência de energia do meio para o sistema cultivado, implicando em ocorrência de fluxos de calor sensível positivos, ou seja, $T_a > T_c$, determinando que o LE atingisse, em módulo, valores maiores do que os do S_r , para ambas parcelas, sendo H positivo em 81,8% dos dias para PN e 63,6% para P3.

Analisando a figura 4.19 (c) e (d) por subperíodo, verifica-se que na floração aos 28, para uma AF de 4276,51 W/m², todos os termos do balanço de energia apresentaram-se maiores, em módulo, na parcela P3 do que na PN, com exceção do S_r que permaneceu constante. Como T_a apresentou-se maior que T_c , implicando em H positivo, emissão de energia para o sistema e, representando 34,7% e 39,0% do S_r , nas parcelas PN e P3, respectivamente. O fluxo de calor no solo representou 7,4% do S_r na parcela PN e 8,9% na parcela P3. Sendo que a razão entre LE e a disponibilidade de energia para os fluxos de calor na atmosfera ($S_r + G$) foi de 137,5% na parcela PN e 142,8% na parcela P3.

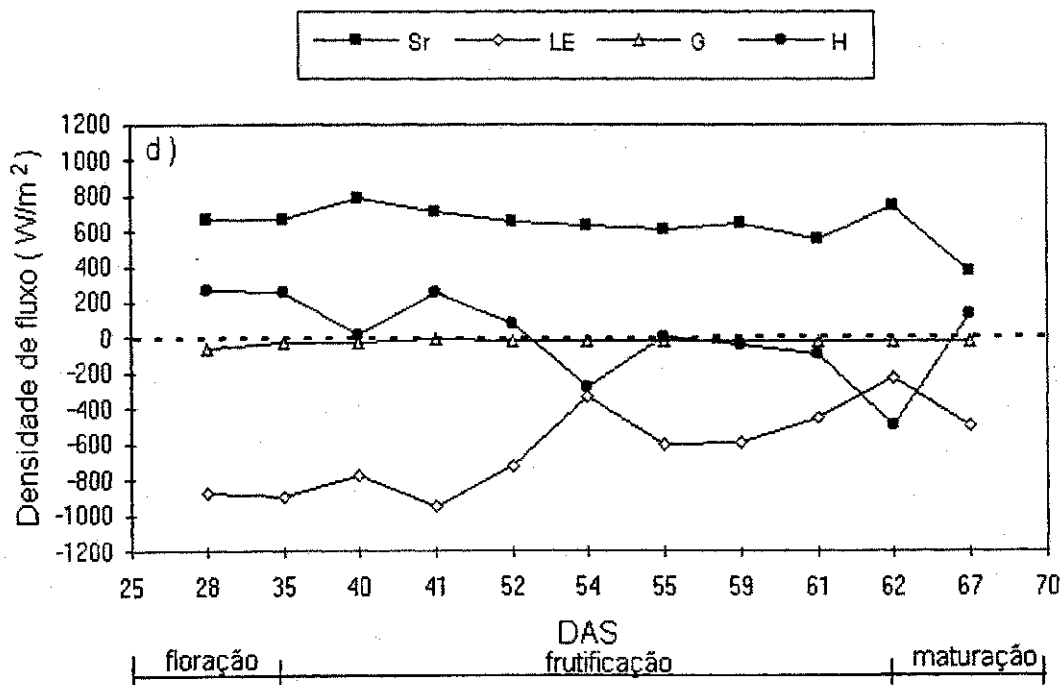
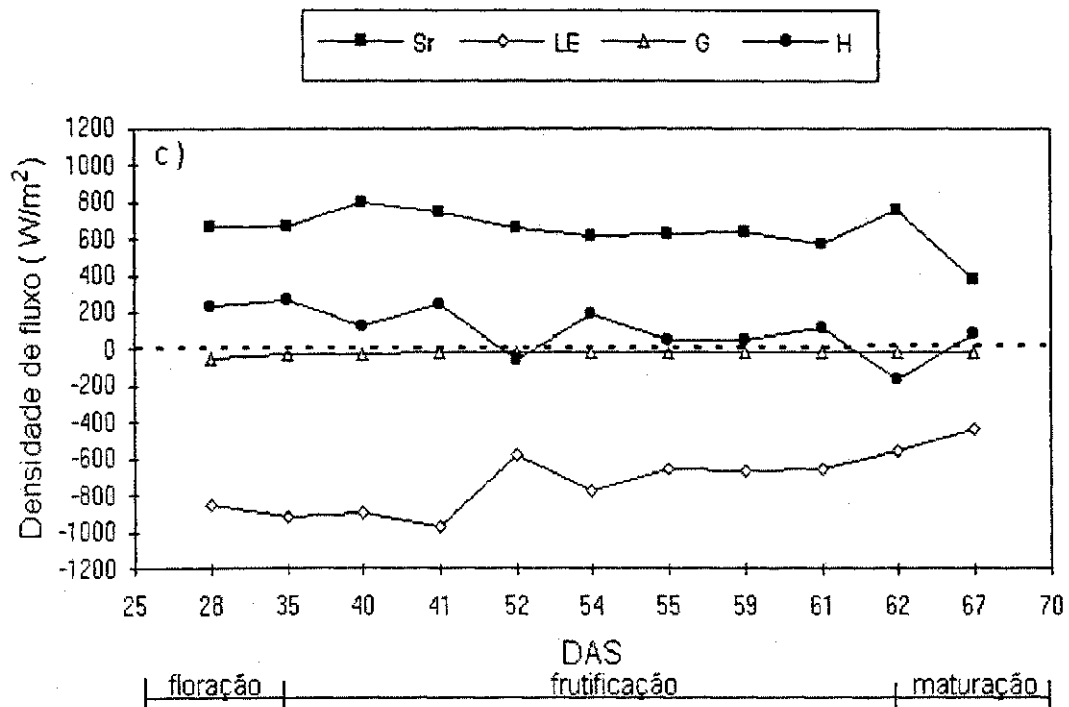


Fig. 4.19 - Variação estacional das componentes do balanço de energia para: (c) parcela PN (100% de irrigação) e (d) parcela P3 (70% de irrigação) no horário de 12h 30min.

TABELA 4.5- DATAS, DIAS APÓS A SEMEADURA, ÁREA FOLIAR (cm²/planta)
E RELAÇÕES DERIVADAS DO BALANÇO DE ENERGIA NA
PARCELA PN ÀS 12h 30min.

DATA	DAS	AF	RELAÇÕES (%)			
			LE/Sr	LE/(Sr+G)	H/Sr	G/Sr
19/11/93	28	4276,51	127,29	137,50	34,72	7,43
26/11/93	35	9502,72	136,21	141,56	39,99	3,78
01/12/93	40	16520,22	112,80	116,67	16,12	3,32
02/12/93	41	18045,19	130,00	133,57	32,67	2,67
13/12/93	52	31094,15	88,17	90,13	9,66	2,18
15/12/93	54	25438,58	127,12	131,17	30,21	3,09
16/12/93	55	22610,79	105,44	108,75	8,49	3,05
20/12/93	59	19103,07	104,65	108,16	7,89	3,25
22/12/93	61	18649,78	116,75	119,90	19,38	2,63
23/12/93	62	17287,47	74,69	76,69	22,71	2,61
28/12/93	67	10475,90	117,72	123,36	22,30	4,58
MÉDIA			112,80	117,04	16,31	3,51

TABELA 4.6- DATAS, DIAS APÓS A SEMEADURA, ÁREA FOLIAR (cm²/planta)
E RELAÇÕES DERIVADAS DO BALANÇO DE ENERGIA NA
PARCELA P3 ÀS 12h 30min.

DATA	DAS	AF	RELAÇÕES (%)			
			LE/Sr	LE/(Sr+G)	H/Sr	G/Sr
19/11/93	28	4276,51	130,08	142,43	39,00	8,92
26/11/93	35	12020,36	133,53	139,45	37,77	4,25
01/12/93	40	15541,29	98,99	102,29	2,21	3,22
02/12/93	41	16421,52	135,15	137,25	36,68	1,53
13/12/93	52	16578,49	109,49	112,13	11,85	2,36
15/12/93	54	16810,81	52,36	53,96	44,68	2,96
16/12/93	55	16926,98	97,20	100,35	0,34	3,14
20/12/93	59	15136,36	90,55	93,66	6,13	3,32
22/12/93	61	13865,20	80,07	82,55	16,93	3,00
23/12/93	62	13243,19	29,58	30,46	67,52	2,89
28/12/93	67	10133,12	132,68	138,74	37,05	4,37
MÉDIA			99,06	103,06	2,69	3,63

A partir dos 35 até 52 DAS, do início até o meio da frutificação, para uma área foliar média de 18790,57 cm²/planta e 15140,42 cm²/planta, nas parcelas PN e P3, respectivamente, observa-se que todos os componentes do balanço de energia apresentaram-se praticamente constantes para ambas parcelas, com uma pequena diminuição de 5% no valor de H na parcela P3, representando este 20,1% e 21,51% de Sr nas parcelas PN e P3, respectivamente. O LE representou 116,8% de Sr na parcela PN e 119,3% do Sr, na parcelas P3 e G representou, em média, 3% de Sr para ambas parcelas. Aos 40 DAS (figura 4.19d), observa-se um aumento do Sr, tornando-se maior que o LE e uma diminuição de 93% no valor de H comparado aos 35 e 41 DAS. Aos 52 DAS (figura 4.19c) isto também se verifica, sendo que neste há uma inversão de temperatura, ou seja, $T_c > T_a$.

Já entre os 54 e 62 DAS, do meio até o fim da frutificação, para um mesmo Sr e G e, uma diminuição de 26,3% da AF, da parcela PN para P3, observa-se uma diminuição de 34% de LE, representando 105,7% do Sr na parcela PN e, 70% do Sr na parcela P3. Neste mesmo período, na parcela P3 (figura 4.19d), observa-se uma inversão térmica e, sendo $T_c > T_a$, encontramos valores negativos do H e, havendo assim emissão de fluxo de calor sensível para o meio ambiente, determinando que LE atingisse, em módulo, valores menores que os do Sr, passando a representar 76,5% deste. Já para a parcela PN (figura 4.19c), neste mesmo período, encontramos valores positivos para H e por conseguinte $LE > Sr$. Apenas aos 62 DAS observa-se $Sr > LE$ e portanto H sendo negativo.

Na maturação aos 67 DAS, para uma área foliar praticamente constante (10305 cm²/planta), observa-se que o Sr e G permaneceram praticamente

constantes e em torno de 376 e 17 W/m², respectivamente, para ambas parcelas. Enquanto encontrou-se LE e H maiores em P3 do que PN, onde o LE aumentou de 443,5 para 499,4 W/m² (11%) e, o H de 83,98 para 139,18 W/m² (40%). Neste subperíodo, LE representou 117,7% e 132,7% do Sr, nas parcelas PN e P3, respectivamente. Já H e G, representaram 22,3% e 4,6% do Sr, na parcela PN e, 37% e 4,4% do Sr na parcela P3.

4.5 - Resultado da produção de frutos

A Tabela 4.7 apresenta a produção total de frutos por tratamento e para cada colheita, em Kg/200 m² (FERREIRA, 1995). Observa-se que o tratamento com maior rendimento foi PN. Este resultado mostra que o fator água foi determinante na produtividade.

TABELA 4.7 - DADOS DA PRODUÇÃO DE FRUTOS PARA AS PARCELAS PN E P3, EM Kg/200m².

COLHEITAS	DAS	PARCELAS	
		PN	P3
1	60	213,40	325,60
2	63	96,20	79,10
3	69	75,40	41,80
4	76	102,20	13,60
5	83	88,80	17,80
TOTAL (Kg)		576,00	477,90

CAPÍTULO 5

CONCLUSÕES E SUGESTÃO

Os resultados obtidos neste estudo permitem concluir que:

- 1 - A redução em 30% na irrigação é suficiente para alterar o crescimento morfológico e a produção da cultura do melão sem, no entanto, modificar a qualidade dos frutos.
- 2 - A área foliar, biomassa verde e matéria seca do meloeiro podem ser estimadas em função dos dias após a semeadura (DAS), com um grau de precisão acima de 95%, através do modelo: $y = A * EXP [(LN DAS - B)^2/C]$.
- 3 - O albedo do meloeiro apresenta um valor médio de 0,20, variando de 0,18 logo após a semeadura a 0,23 quando a cultura alcança máximo desenvolvimento vegetativo, decrescendo em seguida, no subperíodo de maturação dos frutos.
- 4 - Para o subperíodo de completo desenvolvimento vegetativo, o albedo do meloeiro (ρ_v) pode ser estimado em função do ângulo de elevação solar (α) através do modelo: $\rho_v = 0,0016\alpha^2 - 0,2205\alpha + 26,568$, com $R^2 = 0,99$.
- 5 - O fluxo de calor latente (LE) superior ao saldo de radiação caracterizou a presença de advecção de calor sensível na região durante o experimento.

6 - Sugere-se que novos trabalhos sejam desenvolvidos com a cultura do melão, uma vez que encontrou-se poucos na literatura, e este é uma fonte de riqueza para a região Nordeste, haja visto sua grande exportação para vários países da Europa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRÉ, R.G.B. Balanço de radiação sobre a floresta amazônica (estação seca e úmida). Revista Brasileira de Meteorologia, vol. 3, pp. 264-274, 1988.
- ANDRÉ, R.G.B. & VISWANADHAM, Y. Radiation balance of soybeans grown in Brazil. Agric. Meteorol., 30: 157-173, 1983.
- ÅNGSTRÖM, A. The albedo of various surfaces of ground. Geografiska Annalen, 07: 321-342, 1925.
- AZEVEDO, P.V.; LEITÃO, M.M.V.B.R.; COSTA, J.P.R. Balanço de energia numa cultura de soja irrigada, nas condições semi-áridas do Nordeste. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia; 6, 1989, Maceió-Al. Anais 01: 427-435, 1989.
- AZEVEDO, P.V.; LEITÃO, M.M.V.B.R.; SOUSA, I.F. de. Balanço de radiação sobre culturas, nas condições semi-áridas do cariri paraibano. Anais do VI Congresso Brasileiro de Meteorologia, 6, 1990, Salvador-Bahia. Anais 01: 33-38, 1990a.
- AZEVEDO, P.V.; LEITÃO, M.M.V.B.R.; SOUSA, I.F. de; MACIEL, G.F. Balanço de radiação sobre culturas irrigadas no semi-árido do nordeste do Brasil. Revista Brasileira de Meteorologia; vol. 5(1), pp. 403-410, 1990b.
- AZEVEDO, P.V.; CASTRO TEIXEIRA, A.H. de; SILVA, B.B. Avaliação da reflectância e do saldo de radiação sobre um cultivo de videira européia. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria-RS, v.5, n.1, p.1-7, 1997.

- AYOADE, J.O. Introdução à Climatologia para os Trópicos. Ed. Bertrand Brasil S/A. Segunda edição, pp.332, 1983.
- BENICASA, M.M.P. Análise do crescimento das plantas. Boletim informativo, FUBEP, Jaboticabal-SP, 42 p., 1988.
- BERNARDI, J.B. Melão pode dar bem no Brasil. Dirigente Rural, 8 (10): 20-1, set./out., 1969.
- BEZERRA, J.W.T. Caracterização físico-hídrica de um solo Podzólico Vermelho Amarelo Eutrófico (latossólico textura argilosa fase caatinga hiperxerófila). ESAM, Mossoró-RN, 1993 (Monografia).
- BLAD, B.L. & BAKER, D.G. Reflected radiation from soybean crop. Agronomy Journal, 64: 277-280, 1972.
- BOWEN, I.S. The ratio of heat losses by conduction and by evaporation from any water surface. Phys. Rev. Ser. 2, Ithaca, 27: 779-787, 1926.
- BUDIKO, M.I. The heat balance of the earth's surface. Translation by Nina A. Stepanova U. A. Atomic Energy Commission Report, pp. 229-231, 1958.
- CEPA. Desempenho do setor agropecuário. Secretaria de Agricultura-Fundação Estadual de Planejamento Agrícola de Pernambuco-CEPA-PE, 1985, p. 76.
- CHANG, JEN-HU. Climate and agriculture: An ecological survey. Chicago, Aldine, 3 ed., 304 pp, 1968.
- CHIN CHOY, E.W. & KANEMASU, E.T. Energy balance comparisons in sorghum. Agron. J., 66: 98-100, 1974.

- CLOTHIER, B.E.; CLAWSON, K.L.; PINTER, P.J.Jr.; MORAN, M.S.; REGINATO, R.J. JACKSON, R.D. Estimation of soil heat flux net radiation during the growth of alfafa. Agric. and Forest. Meteorol., 37: 319-329, 1986.
- CUNHA, G.R.; BERGAMASCHI, H.; BERLATO, M.A.; MATZENAUER, R. Balanço de radiação em cultura de milho. In Congresso Brasileiro de Agrometeorologia; 6, Maceió. Anais: 322-329, 1989a.
- CUNHA, G.R.; BERGAMASCHI, H.; BERLATO, M.A.; MATZENAUER, R. Balanço de energia em cultura de milho: estudo de casos. In Congresso Brasileiro de Agrometeorologia; 6, Maceió. Anais: 417-426, 1989b.
- CUNHA, G.R.; PAULA, J.R.F.; BERGAMASCHI, H.; SAIBRO, J.C.; BERLATO, M.A. Balanço de radiação em alfafa. Revista Brasileira de Agrometeorologia; Santa Maria; vol. 1, n. 1, pp.1-10, 1993.
- CUNHA, G.R.; BERGAMASCHI, H.; BERLATO, M.A.; MATZENAUER, R. Balanço de energia em cultura de milho. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, vol. 1, pp.1-14, 1996.
- DAVIES, J.A. & IDSO, S.B., In: BARFIELD, B.J. & GEBER, J.F. Modifications of the Aerial Environment of Crops. Ed. American Soc. of Agricultural Engineers, pp. 505-508, 1979.
- DEACON, E.L. The measurement and recording of the heat flux into the soil. Quart. J. Roy. Met. Soc., 76: 479, 1950.
- DENMEAD, O.T.; FRITSCHEN, L.J. & SHAW, R.H. Spatial distribution of net radiation in a corn field. Agron. J., 54: 505-510, 1962.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E
SUPERINTENDÊNCIA DO DESENVOLVIMENTO DO NORDESTE.

Levantamento exploratório: Reconhecimento de Solos do Estado do Rio Grande do Norte. (pl.) DNPEA/SUDENE, 531 p., 1971.

DIRMHIRN, J. & BELT, G.H. Variation of albedo of selected sagebrush range in the intermountain region. Agric. meteorol., 09: 51-61, 1971.

FERREIRA, J.A.S. Monitoramento da deficiência hídrica do meloeiro com termometria infravermelha. DCA/CCT/UFPB, Campina Grande PB., pp. 65-66, 1995. (Dissertação de mestrado).

FONTANA, D.C.; CUNHA, G.R.; BERGAMASCHI, H.; MATZENAUER, R; BUENOS, A.C. Balanço de radiação e balanço de energia em uma cultura de girassol. VI Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 6, Maceió-Al. Anais: 313-321, 1989.

FONTANA, D.C.; BERLATO, M.A.; BERGAMASCHI, H. Balanço de energia em soja irrigada e não irrigada. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia; 5, Belém-Pará. Coletânea de trabalhos - SBA, 317-319, 1987.

FRITSCHEN, L.J. Accuracy of evapotranspiration determinations by the Bowen ratio method. Bul. Intern. Assoc. Sci. Hidrol., pp. 38-48, 1965.

FRITSCHEN, L.J. Net and solar radiation relations over irrigated field crops. Agric. Meteorol., 4: 56-62, 1967.

GIER, J.L. & DUNKLE, R.V. Total hemispherical radiometers. Trans. An. Inst. Engrs., 70: 339-343, 1951.

- HANKS, R.J.; BOWERS, S.A.; BARK, L.D. Influence of soil surface conditions on net radiation, soil temperature and evaporation. Soil Science, 91: 233-238, 1961.
- JACKSON, R.D.; PINTER Jr., P.J.; REGINATO, R.J. Net radiation calculated from remote multispectral and ground station meteorological data. Agric. Forest Meteorol., 35: 153-164, 1985.
- JACOBS, A.F.G. & VAN PUL, W.A.J. Seasonal changes in the albedo of a maize crop during two seasons. Agric. Forest Meteorol., 49: 351-360, 1990.
- LEITÃO, M.M.V.B.R. Balanço de radiação e energia numa cultura de soja irrigada. DCA/CCT/UFPB, Campina Grande-PB., p. 66-70, 1989. (Dissertação de mestrado).
- LEITÃO, M.M.V.B.R. Balanço de radiação em três ecossistemas da floresta amazônica: campina, campinarama e mata densa. INPE, São José dos Campos-SP, p. 24, 1994. (Tese de doutorado).
- LING, A.H. & ROBERTSON, G.W. Reflection coefficients of some tropical vegetation covers. Agric. Meteorol., 27: 141-144, 1982.
- MACIEL, G.L., Medidas e estimativas dos componentes do balanço de radiação sobre o cultivo do algodão herbáceo irrigado. Publicação DCC/CCT/UFPB, Campina Grande-PB., pp 38, 1992: (Dissertação de mestrado).
- MAISA. Encarte: Melon: "in natura" and concentrated juice. Mossoró-RN, n.p., jul., 1984.

- MEDINA, B.F. & MAIA NETO, J.M. Estudo da precipitação pluviométrica no estado do Rio Grande do Norte. Coleção Mossoroense, pp. 66, 1989.
- MONTEITH, J.L. Evaporation and environment. In: Symposium of the society for experimental biology, 19., Swansea, p. 205-34, 1965.
- MONTEITH, J.L. Principles of environmental physics. Londres: Edward Arnold Ltda. 241p., 1973.
- MONTENY, B. Evapotranspiration de diferents couverts vegetaux in region mediterrané semi-aride. Agric. Meteorol., 10: 19-38, 1972.
- MOTA, F.S. Meteorologia Agrícola. Biblioteca Rural, Livraria Nobel S/A, 7ª ed., 376 pp., 1983.
- NKEMDIRIM, L.C. Radiative flux relations over crops. Agric. Meteorol., 11: 229-242, 1973.
- OWONUBI, J.J.; KANEMASU, E.T. & POWER, W.L. The microclimate of marrow and wide-row sorghum with equal plan densities. Agric. Meteorol., 15: 61-69, 1975.
- PEDROSA, J.F. Cultura do melão. ESAM, Mossoró-RN, 35 p., 1992.
- PENMAN, H.L. Evaporation: an introductory survey. Neth. J. Agric. Sci., 4: 9-29, 1956.
- PEREIRA, A.R.; VILLA NOVA, N.A.; SEDIYAMA, G.C. Evapo(transpi)ração. FEALP, pp. 183, 1997.
- PINHEIRO, F.M.A. & PINHEIRO JUNIOR, H.S. Albedo e índice de área folheada em uma cultura de trigo. VI Congresso Brasileiro de Agrometeorologia; 6, 1989, Maceió-Al. Anais: 436-444, 1989.

- PROCTOR, J.T.A, KYLE, J.W.; DAVIS, J.A. The radiation balance of the apple tree. Canadian J. Bot., 50: 1731-1740, 1972.
- ROBINSON, G.D. An introduction to the measurements of solar and terrestrial radiation. In: Catalogue of IGY/IGC Meteorological Data. World Meteorological Organization. 3-9 pp, 1962.
- ROSEMBERG, N.J. Frequency of evapotranspiration rates in Central Great Plains. J. Irrig. Drain. Div. Am. Soc. Civ. Engrs., 98 (2): 203-206 p., 1972.
- ROSEMBERG, N.J.; BLAD, B.L.; VERMA, S.B. Microclimate - The biological environment. Second edition, John Wiley & Sons, New York, 495 p, 1983.
- SHAW, R.H. & DECKER, W.L., In: BARFIELD, B.J. and GEBER, J.F. Modification of the Aerial Environment of Crops. Ed. American Soc. of Agricultural Engineers, 303-306, 1979.
- SILVA, B.B. Estresse hídrico em algodoeiro herbáceo irrigado evidenciado pela termometria infravermelha. DCA/CCT/UFPB, Campina Grande-PB, 139p, 1994. (Tese de doutorado).
- SOUSA, I.F. de. Balanço de radiação e consumo hídrico de um cultivo de feijão macassar (*Vigna Ungliculata* L. Walp) irrigado. DCA/CCT/UFPB, Campina Grande-PB, p. 53-57, 1991.
- TANNER, C.B. & PELTON, W.L. Potencial evapotranspiration estimates by the approximate energy balance method of Penman. J. Geophys. Res. 65: 3391-3413, 1960.

- TANNER, C.B. Energy balance approach to evapotranspiration from crops. Proc. Soil Science Soc.Am, 24(1): 1-9, 1960.
- TUBELIS, A. & NASCIMENTO, F.J.L. Meteorologia Descritiva : Fundamentos e aplicações brasileiras. Ed. Nobel, São Paulo, p. 06-27, 1880.
- VAREJÃO-SILVA, M.A. Instrumentos meteorológicos convencionais para estação de superfície I. Coleção Politécnica, CCT, UFPB, IV.13 p, 1979.
- VAREJÃO-SILVA, M.A. & CEBALLOS, J.C. Meteorologia Geral I. Coleção Politécnica, CCT, UFPB, I.74 ., 1982.
- VIANELLO, R.L. & ALVES, A.R. Meteorologia Básica e Aplicada. Imprensa Universitária, UFV. 195 p., 1991.
- VILLA NOVA, N.A. Estudos sobre o balanço de energia em cultura de arroz. Tese de livre docência. ESALQ. Piracicaba-SP, pp. 78, 1973.
- VISWANADHAM, Y; ANDRÉ, R.G.B.; SÁ, L.D.A.; MANZI, A.D.; SILVA FILHO, V.P. Componentes do balanço de radiação acima da copa da floresta amazônica. Second Interamerican Meteorological Congress and CONGEMET V , nov. 30-dec. 4, Buenos Aires, Argentina, Anais: 9.10.1-9.10.4, 1987.
- WHITAKER, T.W. & DAVIS, G.N. Cucurbits: botany, cultivation and utilization. London Hill, 250 p, 1962.
- YAO, A.Y.M. & SHAW, R.H. Effeect of plant population and pattern on the radiation. Agron. J., pp. 165-170, 1964.

APÊNDICE

TABELA A.1 - HORÁRIOS DETERMINADOS DO NASCER E PÔR DO SOL, MEIO DIA SOLAR E DURAÇÃO DO DIA (EM HORAS E MINUTOS) PARA OS CINCO DIAS REPRESENTATIVOS DE CADA SUBPERÍODO DE DESENVOLVIMENTO DA CULTURA.

DAS	Nascer do Sol	Meio Dia Solar (HL)	Pôr do Sol	Duração do Dia
05	5h 55min	11h 13min 25seg	18h 04min	12h 06min
20	5h 53min	11h 13min 17seg	18h 06min	12h 12min
27	5h 52min	11h 14min 22seg	18h 07min	12h 12min
48	5h 51min	11h 21min 21seg	18h 08min	12h 12min
67	5h 51min	11h 30min 33seg	18h 08min	12h 12min

**TABELA A.2 - VALORES MEDIDOS E DETERMINADOS DAS COMPONENTES DO
BALANÇO DE RADIAÇÃO (W/m²) E DO ALBEDO PARA DIA
REPRESENTATIVO DO SUBPERÍODO DE GERMINAÇÃO (DAS = 5).**

HORA	Rsi	Sr	Rle	Rli	Rsr	BOC	BOL	Albedo
6h	130,74	73,26	- 449,85	423,76	- 31,39	99,35	- 26,09	0,24
7h	392,23	270,73	- 465,12	428,82	- 85,20	307,03	- 36,30	0,22
8h	669,02	420,43	- 476,34	367,88	- 140,13	528,89	- 108,46	0,21
9h	896,35	518,11	- 487,77	290,03	- 180,49	715,86	- 197,74	0,20
10h	1102,47	609,42	- 498,76	225,43	- 219,73	882,74	- 273,33	0,20
11h	1130,74	588,18	- 507,28	185,57	- 220,85	909,89	- 321,71	0,20
12h	1104,83	557,39	- 513,91	183,96	- 217,49	887,34	- 329,95	0,20
13h	1030,62	551,02	- 520,60	245,03	- 204,04	826,58	- 275,57	0,20
14h	718,49	409,82	- 508,60	344,55	- 144,62	573,87	- 164,05	0,20
15h	473,06	335,80	- 501,37	465,34	- 101,23	371,83	- 36,03	0,21
16h	239,10	110,07	- 487,77	413,73	- 54,99	184,11	- 74,04	0,23
17h	27,09	- 28,85	- 471,95	422,81	- 6,80	20,29	- 49,14	0,25
SOMA	7914,74	4415,38	-5889,32	3996,91	-1606,96	6307,78	-1892,41	2,55

onde:

Rsi - densidade de fluxo de radiação de ondas curtas,

Sr - saldo de radiação,

Rle - fluxo de radiação de ondas longas emitido pela superfície,

Rli - fluxo de radiação de ondas longas emitido pela atmosfera,

BOC - balanço de radiação de ondas curtas (Rsi - Rsr) e

BOL - balanço de radiação de ondas longas (Rli - Rle).

TABELA A.3 - VALORES MEDIDOS E DETERMINADOS DAS COMPONENTES DO
BALANÇO DE RADIAÇÃO (W/m^2) E DO ALBEDO PARA DIA
REPRESENTATIVO DO SUBPERÍODO DE CRESCIMENTO VEGETATIVO
(DAS = 20).

HORA	Rsi	Sr	Rle	Rli	Rsr	BOC	BOL	Albedo
6h	153,12	76,44	- 449,25	406,2	- 33,63	119,49	- 43,05	0,22
7h	499,41	317,45	- 462,65	383,83	- 103,14	396,27	- 78,82	0,21
8h	838,63	556,33	- 467,59	350,09	- 164,80	673,83	- 117,50	0,20
9h	1030,62	650,82	- 476,97	289,99	- 192,83	837,79	- 186,98	0,19
10h	1115,43	640,21	- 488,41	216,11	- 202,91	912,52	- 272,30	0,18
11h	1171,97	659,32	- 497,45	195,57	- 210,76	961,21	- 301,88	0,18
12h	1118,96	598,80	- 504,64	184,03	- 199,55	919,41	320,61	0,18
13h	1044,76	624,10	- 511,91	279,95	- 188,70	856,06	- 231,96	0,18
14h	729,09	444,98	- 498,10	349,40	- 135,41	593,68	- 148,70	0,19
15h	426,38	253,38	- 493,56	406,90	- 86,34	340,04	- 86,66	0,20
16h	164,9	68,57	- 482,67	421,30	- 34,96	129,94	- 61,37	0,21
17h	30,62	- 23,64	- 473,20	425,95	- 7,01	23,61	- 47,25	0,23
SOMA	8323,89	4866,76	-5806,40	3909,32	-1560,04	6763,85	-1897,08	2,36

TABELA A.4 - VALORES MEDIDOS E DETERMINADOS DAS COMPONENTES DO
BALANÇO DE RADIAÇÃO (W/m²) E DO ALBEDO PARA DIA
REPRESENTATIVO DO SUBPERÍODO DE FLORAÇÃO (DAS = 27).

HORA	R _{si}	S _r	R _{le}	R _{li}	R _{sr}	BOC	BOL	Albedo
6h	171,97	107,23	- 454,09	430,83	- 41,48	130,49	- 23,26	0,24
7h	380,45	260,12	- 462,65	424,16	- 81,84	298,61	- 38,49	0,22
8h	651,35	426,80	- 473,83	383,81	- 134,53	516,82	- 90,02	0,21
9h	938,75	583,94	- 480,13	309,18	- 183,86	754,89	- 170,95	0,20
10h	1177,86	692,69	- 490,34	231,17	- 226,00	951,86	- 259,17	0,19
11h	1070,67	580,93	- 499,41	207,74	- 198,07	872,60	- 291,67	0,18
12h	1210,84	707,03	- 502,02	223,67	- 225,46	985,38	- 278,35	0,19
13h	995,29	594,55	- 504,64	290,00	- 186,10	809,19	- 214,64	0,19
14h	714,96	436,79	- 497,45	365,13	- 145,85	569,11	- 132,32	0,20
15h	485,28	311,89	- 489,70	418,22	- 101,91	383,37	- 71,48	0,21
16h	239,10	132,59	- 480,13	428,37	- 54,75	184,35	- 51,76	0,23
17h	24,73	18,31	- 470,08	469,94	- 6,28	18,45	- 0,14	0,25
SOMA	8061,25	4852,87	-5804,47	4182,22	-1586,13	6475,12	-1622,25	2,51

TABELA A.5 - VALORES MEDIDOS E DETERMINADOS DAS COMPONENTES DO
BALANÇO DE RADIAÇÃO (W/m²) E DO ALBEDO PARA DIA
REPRESENTATIVO DO SUBPERÍODO DE FRUTIFICAÇÃO (DAS = 48).

HORA	Rsi	Sr	Rle	Rli	Rsr	BOC	BOL	Albedo
6h	133,1	73,38	-449,25	435,25	-43,72	89,38	-14,0	0,33
7h	372,2	252,68	-460,19	438,2	-97,53	274,67	21,99	0,26
8h	607,77	402,38	-470,7	414,41	-149,1	458,67	-56,29	0,25
9h	835,10	548,9	-481,4	391,39	-196,19	638,91	-90,01	0,23
10h	1085,36	667,73	-487,13	308,29	-238,79	846,57	-178,85	0,22
11h	1244,99	766,55	-496,8	299,75	-281,39	963,6	-197,05	0,22
12h	1207,30	744,25	-503,99	306,63	-265,7	941,60	-197,36	0,22
13h	1055,36	673,12	-509,92	364,23	-236,55	818,81	-145,69	0,22
14h	747,94	502,89	-507,94	438,66	-175,77	572,17	-69,28	0,24
15h	553,59	365,65	-500,06	447,93	-135,81	417,78	-52,13	0,25
16h	332,16	204,19	-496,80	461,83	-93,00	239,16	-34,97	0,28
17h	63,60	-13,71	-477,60	421,91	-21,62	41,98	-55,69	0,34
SOMA	8238,47	5190,00	5841,78	4728,48	-1935,17	6303,3	-1113,31	3,06

TABELA A.6 - VALORES MEDIDOS E DETERMINADOS DAS COMPONENTES DO
BALANÇO DE RADIAÇÃO (W/m²) E DO ALBEDO PARA DIA
REPRESENTATIVO DO SUBPERÍODO DE MATURAÇÃO (DAS = 67).

HORA	Rsi	Sr	Rle	Rli	Rsr	BOC	BOL	Albedo
6h	54,18	19,11	- 447,44	426,95	- 14,57	39,61	- 20,49	0,27
7h	150,77	26,54	- 455,30	366,95	- 35,87	11,49	-88,35	0,24
8h	276,80	184,74	- 471,33	445,42	- 66,14	210,66	- 25,91	0,24
9h	747,94	469,27	- 485,22	378,07	- 171,52	576,42	- 107,15	0,23
10h	567,73	362,04	- 490,34	407,97	- 123,32	444,41	- 82,37	0,22
11h	465,25	289,84	- 491,63	415,99	- 99,78	365,47	- 75,64	0,21
12h	689,05	428,93	- 492,92	378,54	- 145,74	543,31	- 114,38	0,21
13h	485,28	310,02	- 497,45	424,21	- 102,02	383,26	- 73,24	0,21
14h	316,84	201,72	- 498,10	448,00	- 65,02	251,82	- 50,10	0,21
15h	791,52	527,66	- 494,86	402,52	- 171,52	620,00	- 92,34	0,22
16h	422,85	282,41	- 484,58	433,82	- 89,69	333,16	- 50,76	0,21
17h	101,30	48,84	- 475,09	445,05	- 22,42	78,88	30,04	0,22
SOMA	5069,51	3151,12	-5784,26	4973,49	-1107,61	3961,90	- 810,77	2,70

TABELA A.7 - VALORES DIURNOS DAS COMPONENTES DO BALANÇO
DE RADIAÇÃO (Cal.cm⁻² em 11h), SOBRE A CULTURA

DATA	DAS	Rsi	Rsr	Sr	BOC	BOL
27/10	05	673,97	-136,57	377,86	537,39	-159,53
02/11	11	644,93	-124,86	349,01	520,07	-171,06
11/11	20	708,05	-132,43	416,33	575,62	-159,29
18/11	27	684,90	-134,37	412,00	550,53	-138,53
25/11	34	480,67	-98,70	327,48	381,97	-54,49
02/12	41	684,29	-149,41	445,89	534,88	-88,99
09/12	48	700,14	-163,64	443,75	536,51	-92,76
16/12	55	576,75	-129,31	368,06	447,44	-79,39
28/12	67	429,35	-93,68	268,11	335,67	-67,56
SOMA		5583,05	-1162,97	3408,49	4420,08	-1011,60
MÉDIA		620,34	-129,22	378,72	491,12	-112,40

Percentuais: $\frac{Rsr}{Rsi} = 20,83\%$; $\frac{Sr}{Rsi} = 61,05\%$

$\frac{BOL}{Rsi} = 18,12\%$; $\frac{BOL}{Sr} = 29,68\%$

TABELA A.8- DATAS, DIAS APÓS A SEMEADURA, ÁREA FOLIAR (cm²/planta)
E COMPONENTES DO BALANÇO DE ENERGIA (W/m²) NA
PARCELA PN ÀS 10h 30min.

DATA	DAS	AF	Sr	LE	H	G
19/11/93	28	4276,51	647,28	-894,62	303,66	-56,32
26/11/93	35	9502,72	582,17	-795,22	230,77	-17,72
01/12/93	40	16520,22	335,85	-427,88	97,73	-5,70
02/12/93	41	18045,19	652,06	-833,50	199,16	-17,72
13/12/93	52	31094,15	753,98	-755,19	19,25	-18,04
15/12/93	54	25438,58	693,11	-793,75	114,72	-14,08
16/12/93	55	22610,79	538,28	-521,14	1,53	-18,67
20/12/93	59	19103,07	651,53	-758,51	125,49	-18,51
22/12/93	61	18649,78	730,45	-496,59	-204,12	-29,74
23/12/93	62	17287,47	611,54	-616,32	39,58	-34,80
28/12/93	67	10475,90	551,20	-562,35	60,19	-49,04
MÉDIA			613,41	-677,73	89,81	-25,49

onde:

Sr - saldo de radiação,

LE - fluxo de calor latente,

H - fluxo de calor sensível e

G - fluxo de calor no solo.

TABELA A.9- DATAS, DIAS APÓS A SEMEADURA, ÁREA FOLIAR (cm²/planta)
E COMPONENTES DO BALANÇO DE ENERGIA (W/m²) NA
PARCELA P3 ÀS 10h 30min.

DATA	DAS	AF	Sr	LE	H	G
19/11/93	28	4276,51	621,36	-901,67	343,27	-62,96
26/11/93	35	12020,36	581,81	-783,99	219,90	-17,72
01/12/93	40	15541,29	344,26	-444,23	105,67	-5,70
02/12/93	41	16421,52	654,54	-876,44	239,62	-17,72
13/12/93	52	16578,49	753,54	-773,09	36,00	-16,45
15/12/93	54	16810,81	684,80	-826,30	157,00	-15,50
16/12/93	55	16926,98	552,61	-586,55	51,98	-18,04
20/12/93	59	15136,36	654,01	-469,87	-163,26	-20,88
22/12/93	61	13865,20	750,62	-612,03	-106,24	-32,35
23/12/93	62	13243,19	591,63	-345,45	-211,69	-34,49
28/12/93	67	10133,12	479,09	-368,37	-60,10	-50,62
MÉDIA			606,21	-635,27	55,65	-26,58

TABELA A.10 - DATAS, DIAS APÓS A SEMEADURA, ÁREA FOLIAR (cm²/planta)

E COMPONENTES DO BALANÇO DE ENERGIA (W/m²) NA

PARCELA PN ÀS 12h 30min.

DATA	DAS	AF	Sr	LE	H	G
19/11/93	28	4276,51	668,87	-851,41	232,22	-49,68
26/11/93	35	9502,72	669,93	-912,54	267,92	-25,31
01/12/93	40	16520,22	791,67	-893,01	127,60	-26,26
02/12/93	41	18045,19	746,91	-971,01	244,03	-19,93
13/12/93	52	31094,15	654,54	-577,10	-63,20	-14,24
15/12/93	54	25438,58	610,12	-775,59	184,30	-18,83
16/12/93	55	22610,79	622,33	-656,16	52,81	-18,98
20/12/93	59	19103,07	635,60	-665,14	50,17	-20,63
22/12/93	61	18649,78	565,53	-660,24	109,58	-14,87
23/12/93	62	17287,47	752,21	-561,80	-170,79	-19,62
28/12/93	67	10475,90	376,73	-443,47	83,98	-17,24
MÉDIA			644,95	-724,32	101,69	-22,33

TABELA A.11 - DATAS, DIAS APÓS A SEMEADURA, ÁREA FOLIAR (cm²/planta)E COMPONENTES DO BALANÇO DE ENERGIA (W/m²) NAPARCELA P3 ÀS 12h 30min.

DATA	DAS	AF	Sr	LE	H	G
19/11/93	28	4276,51	668,61	-869,73	260,76	-59,64
26/11/93	35	12020,36	667,01	-890,65	251,96	-28,32
01/12/93	40	15541,29	785,92	-778,01	17,40	-25,31
02/12/93	41	16421,52	704,70	-952,41	258,47	-10,76
13/12/93	52	16578,49	657,72	-720,14	77,92	-15,50
15/12/93	54	16810,81	630,65	-330,21	-281,77	-18,67
16/12/93	55	16926,98	615,26	-598,05	2,09	-19,30
20/12/93	59	15136,36	648,96	-587,66	-39,78	-21,52
22/12/93	61	13865,20	560,84	-449,04	-94,95	-16,85
23/12/93	62	13243,19	738,41	-218,44	-498,61	-21,36
28/12/93	67	10133,12	376,37	-499,37	139,45	-16,45
MÉDIA			641,32	-626,70	8,45	-23,06