

BALANÇO DE RADIAÇÃO SOLAR DE ONDAS CURTAS EM
MILHO (*Zea mays* L.) VARIEDADE CENTRALMEX

MARTA ELENA GONZALEZ MENDEZ

Orientador: Dr. Jesus Marden dos Santos

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

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Março, 1980

Aos meu pais

ELVA e RAMON

e irmã

MARIA DEL CARMEN

MINHA HOMENAGEM

A G R A D E C I M E N T O S

- Ao Dr. Jesus Marden dos Santos, pela orientação, críticas e sugestões durante a realização deste trabalho;
- Aos Professores do Departamento de Física e Meteorologia, da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo, pelos seus ensinamentos;
- À Universidade Federal de Pelotas, pela oportunidade oferecida para a minha capacitação;
- Ao Plano Institucional de Capacitação de Docentes (PICD) e à Coordenação do Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa;
- À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) e Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP), pela cessão dos equipamentos utilizados nesta pesquisa;
- Aos Engenheiros-Agrônomos Carlos Miguel Romero Domenack e Norberto Vilas Boas da Silva, pela ajuda prestada na execução deste trabalho;
- Às Amigas L^êa Mariza Pedrotti da Silva e Elizabeth Carazo Rojas, pelo apoio, ajuda e convivência;
- Ao Dr. Paulo L. Libardi, pela versão em língua inglesa do resumo.

SIMBOLOGIA UTILIZADA

Os símbolos utilizados neste trabalho, são aqueles recomendados pela Organização Meteorológica Mundial.

- K_{\uparrow} - densidade do fluxo de radiação solar global, de onda curta, no sentido de cima para baixo e que atinge uma superfície plana e horizontal;
- K_{\downarrow} - densidade do fluxo de radiação solar global, de onda curta, no sentido de baixo para cima e que é refletido por uma superfície qualquer;
- $K_{D\uparrow}$ - densidade do fluxo de radiação solar direta, de onda curta, no sentido de cima para baixo e que atinge uma superfície plana e horizontal;
- $K_{D\downarrow}$ - densidade do fluxo de radiação solar direta, de onda curta, no sentido de baixo para cima e que é refletido por uma superfície qualquer;
- $K_{d\uparrow}$ - densidade do fluxo de radiação solar difusa, de onda curta, no sentido de cima para baixo e que atinge uma superfície plana e horizontal;
- $K_{d\downarrow}$ - densidade do fluxo de radiação solar difusa, de onda curta, no sentido de baixo para cima e que é refletido por uma superfície qualquer;
- K^* - densidade de fluxo do balanço de radiação solar, de onda curta;

$PI\downarrow$ - irradiância fotossintética, de cima para baixo, que atinge a cobertura vegetal;

$PI\uparrow$ - irradiância fotossintética, de baixo para cima, refletida pela cobertura vegetal;

PI^* - balanço de irradiância fotossintética;

α - albedo.

Os símbolos $K_g\downarrow$, $K_g\uparrow$, $K_{D-g}\downarrow$, $K_{D-g}\uparrow$, $K_{D-g}\downarrow$, $K_{D-g}\uparrow$ e K_g^* , tem os mesmos significados que as definições já mencionadas com a diferença de que se referem à faixa de radiação com comprimentos de onda superiores a $0,7 \mu m$.

I N D I C E

	Página
1 - RESUMO	1
2 - INTRODUÇÃO	4
3 - REVISÃO DE LITERATURA	6
4 - MATERIAL	15
4.1 - Campo experimental	15
4.2 - Solo	15
4.3 - Cultivar utilizado	17
4.4 - Equipamentos de medida	17
5 - MÉTODOS	23
5.1 - Método para determinação de "sunflecks" ..	24
5.2 - Método para determinação do balanço de radiação solar global de onda curta (0,3 à 3,0 μm)	25
5.3 - Método para determinação da irradiância fotossintética	26
5.4 - Método para determinação da radiação re tida pela cultura	27
5.5 - Determinação de altura, área foliar e matéria seca das plantas	29
6 - RESULTADOS E DISCUSSÃO	30

Página

7 - CONCLUSÕES	69
8 - SUMMARY	71
9 - LITERATURA CITADA	74

1 - RESUMO

O estudo teve por objetivos conhecer o balanço dos fluxos de radiação solar de onda curta (0,3 - 3,0 μm) e fotosinteticamente ativa (0,3 - 0,7 μm), assim como a influência da radiação que chega nos "sunflecks", na estimativa da radiação retida pela cultura de milho (*Zea mays* L.) variedade Centralmex.

Os balanços de radiação foram realizados em duas parcelas:

- a - Testemunha: Espaçamento 1,00 x 0,20 m , e
- b - Quincôncio: Espaçamento 0,45 m .

Para a determinação dos fluxos de radiação solar acima da cultura, utilizaram-se quatro piranômetros Eppley, dois com filtro RG-8 e dois com cúpula transparente WG-7.

Foram utilizados dois conjuntos de piranômetros, desenvolvidos por JARAMILLO e SANTOS (1979), para medida dos flu

xos ao nível do solo. Um dos conjuntos foi adaptado com filtros Kodak Wratten 88A. Foram feitas também determinações das porcentagens de "sunflecks" por método conveniente.

Como principais conclusões podem ser citadas as seguintes:

- Os albedos da radiação solar global para os tratamentos quincôncio e testemunha foram 21,1% e 18,4% respectivamente;
- O albedo do quincôncio foi 13% superior ao albedo do testemunha para radiação solar global e 11% para a radiação acima de $0,7 \mu\text{m}$;
- O albedo do infravermelho próximo foi 43% mais elevado que o albedo da região do visível para o tratamento testemunha e 56% para o quincôncio;
- Nas duas parcelas os menores valores de albedo da radiação solar global corresponderam às horas próximas ao meio dia, sendo os valores máximos observados de manhã e à tarde;
- Os valores de "sunflecks" observados, na parcela testemunha, foram superiores aos do plantio em quincôncio;
- Os valores máximos de "sunflecks" ocorrem ao meio dia, sendo 56% e 28% no testemunha e quincôncio, respectivamente;
- As porcentagens médias de radiação solar global e fotossinteticamente ativa retidas pela cultura foram 56 e 47% para o tratamento quincôncio e 42% e 32% para o testemunha;
- A influência da radiação que chega nos "sunflecks" para o cálculo da radiação etida pela cobertura vegetal, é maior no plantio $1,00 \text{ m} \times 0,20 \text{ m}$;

- A taxa máxima de crescimento do cultivo foi de $20,7 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{dia}^{-1}$, obtida no tratamento quincôncio;
- O plantio em quincôncio permite uma melhor cobertura do solo e um melhor aproveitamento da energia solar, quando comparado com o plantio tradicional;
- A introdução da radiação que chega nos "sunflecks" melhorou sensivelmente o modelo.

2 - INTRODUÇÃO

A influência dos elementos do clima e do microclima é em muitas situações, decisiva para o crescimento e desenvolvimento das plantas e, em última instância, para a produtividade das culturas.

A produtividade de uma cultura está intimamente relacionada com os elementos do microclima que afetam a fotossíntese, como: densidade de fluxo de radiação solar incidente, balanço de calor, perfil de vento e concentrações de CO_2 .

Nos estudos de balanço de radiação solar em campos cultivados com espécies vegetais de interesse econômico, procura-se conhecer as características destas comunidades no aproveitamento da energia solar. A estimativa da distribuição da radiação líquida global no interior da cultura caracteriza a quantidade de energia disponível para ser utilizada nos processos físicos, químicos e biológicos que ocorrem na planta.

Do fluxo de radiação solar que incide sobre uma comunidade vegetal, apenas uma pequena parte é absorvida pelo fitocromo e utilizada no processo fotossintético. Desta maneira a eficiência na interceptação e no uso do fluxo de radiação solar disponível é decisiva para a fotossíntese e consequentemente para a produção vegetal.

A máxima utilização de energia solar depende de variáveis como: posição das folhas em relação ao fluxo de radiação solar, sombreamento mútuo das folhas, cobertura do solo e teor de dióxido de carbono que envolve a planta.

Existe a possibilidade de se mudar a forma da planta, sua arquitetura, para um melhor rendimento na interceptação da radiação solar ou o uso de práticas agrícolas que modifiquem a estrutura da comunidade, visando também o mesmo fim.

Técnicas de plantio onde se modifica a estrutura da comunidade vegetal, pela variação do espaçamento ou da geometria de plantio, são uma maneira de melhorar a interceptação da radiação solar.

Este trabalho teve por objetivo principal, estudar o balanço dos fluxos de radiação solar de onda curta em milho (*Zea mays* L.) variedade Centralmex plantado no espaçamento tradicional, 1,00 m x 0,20 m, e em quincôncio. Estudou-se a quantidade e qualidade dos fluxos que atingem a comunidade, assim como a proporção destes que é retida pela planta e aquela que atinge a superfície do solo sem ser interceptada. Foi também motivo de estudo, a influência do "sunflecks" na radiação retida pela cultura.

3 - REVISÃO DE LITERATURA

Para qualquer cultura a densidade ótima de plantio será aquela que proporcione o melhor arranjo das folhas na planta para interceptação da radiação solar incidente. O conceito de índice de área foliar ótimo é definido por Broughman como o índice no qual 95% da radiação fotossinteticamente ativa incidente, ao meio dia, é interceptada. Watson, mediante análise de crescimento em diferentes culturas, demonstrou experimentalmente a existência deste índice, (SAEKI, 1963).

Kasanaga e Monsi citados por WATSON (1958), tem tentado estimar um índice de área foliar ótimo para produção de matéria seca, a partir de cálculos baseados num modelo simplificado de distribuição de folhas na comunidade vegetal, na transmissão de luz pelas folhas e nas curvas que relacionam taxa de fotossíntese com intensidade luminosa sobre folhas individuais. Demonstraram que o índice de área foliar ótimo a

plena luz solar é 3 para uma comunidade composta somente de folhas iluminadas diretamente e, 5 para comunidades com folhas sombreadas e iluminadas.

Nos últimos anos tem-se desenvolvido numerosos estudos sobre a densidade de plantas, como tentativa para se maximizar a produção. Verifica-se que, com o aumento do número de plantas por área, o peso de espigas por planta diminui linearmente, assim como a produção por área aumenta, DUNGAN *et alii* (1958) ; LUTZ *et alii* (1971) ; STICKLER (1964) e WHIGHAM e WOOLLEY (1974). Com o aumento de população existe um aumento do sombreamento mútuo das plantas e este, segundo PRINE e SCHRODER (1964), parece ser o principal fator responsável pela diminuição da produção por planta.

Em trabalho realizado por AUBERTIN e PETERS (1961), parece que o espaçamento entre linhas teve maior influência na radiação líquida que a densidade de plantas. Na parcela de menor distância entre linhas a radiação líquida foi a mesma para as duas densidades de plantas utilizadas. Na de maior distância entre linhas esta foi menor para a parcela de maior densidade. Comparando os dois espaçamentos utilizados observa-se que a radiação líquida foi 4% menor no tratamento de espaçamento menor. YAO e SHAW (1964), encontraram resultados similares. O espaçamento mais largo e de menor densidade de plantas permite maior penetração da radiação solar que é, em grande parte, absorvida pelo solo.

Conclusões contrárias àquelas comumente encontradas na literatura foram obtidas por LINVILL e DALE (1975). A radiação líquida foi em torno de 6 a 8% maior para a maior densidade. Entretanto esta diferença não foi maior que as diferenças de radiação líquida medidas em diferentes locais dentro do mesmo tratamento. Portanto, esta diferença pode ser advinda da mesma população.

A distribuição dos fluxos de radiação solar global dentro de uma comunidade vegetal é função da altura do sol, VERHAGEN *et alii* (1963). Segundo ANDERSON (1970), a medida que diminui o ângulo zenital, os fluxos de radiação direta transmitidos pela cobertura vegetal são maiores que os de radiação difusa.

WILLIAMS *et alii* (1965) estudando as relações entre produtividade do milho e interceptação da radiação solar obtiveram a máxima produção nos canteiros de maior densidade de plantio, com um valor de $52 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{dia}^{-1}$, para $736 \text{ cal} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{dia}^{-1}$ de radiação solar global incidente. A produção de matéria seca foi uma função direta da radiação solar interceptada pela folhagem. A conversão líquida de energia foi da ordem de 2,9% da radiação solar recebida, portanto somente 47% da eficiência teórica máxima estimada, que é de 5,3% ou $15 \mu\text{g}$ de matéria seca para uma densidade de fluxo de $1 \text{ cal} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{dia}^{-1}$. BUTTERY (1970) obteve um valor de $21,2 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{dia}^{-1}$ com $309 \text{ cal} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{dia}^{-1}$ que representa 45,8% do potencial estimado.

A radiação fotossinteticamente ativa para densidade de plantio de café superiores a 12.700 plantas/ha é praticamente interceptada na parte superior da cultura, encontrando-se valores insignificantes entre a parte média da comunidade e a superfície do solo, (KUMAR, 1978). A iluminação das folhas inferiores da soja também é muito deficiente, SAKAMOTO e SHAW (1967) encontraram que 90% da radiação fotossinteticamente ativa é interceptada na parte superior da comunidade.

O potencial fotossintético relativo das folhas de milho, situadas no terço superior da comunidade, é duas vezes superior ao das folhas do meio e cinco vezes superior às do terço inferior, segundo PENDLETON e HAMMOND (1969). Baixas intensidades luminosas devido ao sombreamento são responsáveis pela pequena produção de matéria seca das folhas inferiores, (HOYT *et alii*, 1962).

Um aumento da área foliar efetiva, pela orientação da linha e arquitetura, pode ser uma solução que facilita a penetração da radiação solar para um maior número de folhas e, um aumento de produção, (SANTOS, 1978). Existe uma tendência para uma ótima interceptação dos fluxos de radiação solar pelas plantas de milho quando estas se encontram igualmente espaçadas na área de plantio, (DUNCAN, 1967).

PENDLETON *et alii* (1968), sugerem que folhas verticais seria a maneira de se melhorar a eficiência na utilização da radiação solar pela comunidade. A idéia básica segundo HESKETH e MUSGRAVE (1962) é tirar vantagem do fato de que

uma folha é mais eficiente, em termos de fotossintatos produzidos por planta, a baixas intensidades luminosas. Portanto, é possível aumentar-se a fotossíntese total da cultura, pelo aumento do índice de área foliar, desde que a radiação solar incidente possa ser uniformemente distribuída por toda a superfície da folha. O motivo de se ter folhas verticais é obter-se uma distribuição mais uniforme de "quanta" fotossinteticamente ativos em todas as folhas. Entretanto, para ANDERSON (1966) folhas verticais podem resultar numa distribuição mais uniforme ou não, dependendo do ângulo de elevação solar, cobertura do céu, etc.

O modelo de Duncan prediz a influência do índice de área foliar e ângulo foliar. Tem-se como conclusões gerais que, para localidades de latitude média, a comunidade ótima deverá ter folhas horizontais quando o índice de área foliar é baixo. Com altos índices de área foliar folhas mais eretas darão uma maior produção (DUNCAN, 1971).

WINTER e OHLROGGE (1973) estudando a influência do ângulo e da área foliar na produção do milho, encontraram que a produção por área foi menor na parcela com baixa densidade de plantas e folhas verticais devido a uma redução significativa no peso de grãos, resultante de uma menor interceptação de radiação solar. A maior produção foi obtida com altas densidades de plantas e folhas verticais. O aumento de produção foi devido a um aumento no número de grãos por planta.

LOOMIS *et alii* (1967) estudando a importância da arquitetura da planta em relação ao aproveitamento de radiação solar, concluem que em ambientes de baixa insolação ou com baixa elevação solar a eficiência máxima será obtida com baixos ângulos foliares em relação ao plano horizontal e baixos índices de área foliar. Em regiões com alta insolação e alta elevação solar a eficiência máxima será atingida com altos índices de área foliar e um maior ângulo foliar, particularmente na camada superior.

Para milho, a fotossíntese máxima é conseguida quando a comunidade vegetal apresenta ângulos foliares de 90 graus na camada superior, diminuindo até 0 graus na camada inferior, (LOOMIS e WILLIAMS, 1969).

A cultura ideal na interceptação de radiação solar, para NICHIPOROVITCH (1967), seria aquela que tivesse uma estrutura na qual todas as folhas absorvessem 80% da radiação fotossinteticamente ativa incidente e onde todas as folhas fossem iluminadas uniformemente. Em climas com intensa radiação solar a cultura ideal deve possuir as folhas superiores com a lâmina vertical e orientadas ao longo do meridiano, as folhas da parte média com ângulos intermediários e as folhas inferiores horizontais.

✓ Para VERHAGEN *et alii* (1963) a produção máxima só será obtida numa folhagem "ideal" na qual a média de intensidade luminosa é igual para cada folha independentemente de sua profundidade na comunidade. Pode-se aumentar a eficiência fo

tossintética se as folhas superiores permitirem a passagem de radiação solar por reflexão e por transmissão.

Nos estudos de balanço de radiação solar em culturas é muito importante conhecer-se que parte da densidade de fluxo de radiação é refletida sem que seja aproveitada na fotossíntese e na transpiração. O coeficiente de reflexão ou albedo é definido como a relação existente entre a radiação refletida por uma superfície e o total de radiação incidente sobre a mesma. Os valores do albedo tem uma variação diurna apresentando os valores mais altos nas horas próximas ao nascer e pôr do sol e os menores valores ao meio dia. A refletância, nos dosséis vegetativos, apresenta valores bastante elevados, para comprimentos de onda superiores a $0,7 \mu\text{m}$. Consequentemente, havendo uma variação na composição espectral da radiação solar incidente, de tal modo que exista uma predominância de radiação infravermelha, resultará um aumento no valor do albedo (SANTOS, 1978).

STANHILL *et alii* (1971) mostraram que a variação diurna do albedo, em um campo cultivado com amendoim, estava mais correlacionada com a variação da radiação solar difusa, do que com a predominância de radiação infravermelha. Isto sugere que os fatores mais importantes que afetam o albedo devem ser a geometria da cobertura vegetal e a trajetória do fluxo de radiação solar incidente.

Para BUDYKO (1974), o incremento do albedo está associado com a variação na refletividade da superfície rugosa

para diferentes ângulos de incidência dos raios solares. Com um baixo valor do ângulo zenital o fluxo de radiação solar penetra mais profundamente dentro da vegetação.

A relação entre o albedo e o índice de área foliar é uma função do comprimento de onda, LEMEUR e ROSENBERG (1975). Para baixos valores do ângulo zenital o albedo para radiação fotossinteticamente ativa decresce com um incremento do índice de área foliar, entretanto, o albedo para radiação infravermelho próximo se eleva. À baixa altitude solar os dois albedos apresentam valores elevados com um aumento do índice de área foliar. Os coeficientes de reflexão para radiação fotossinteticamente ativa e infravermelho próximo permaneceram constantes no transcurso do dia, mas aumentaram significativamente quando a altitude solar foi inferior a 35°.

A coloração das plantas teria pequeno efeito no coeficiente de reflexão visto que a maior parte da radiação solar refletida está fora da faixa do visível, (MONTEITH, 1959). O conteúdo de clorofila afeta a refletância para o comprimento de onda de 0,65 μm (GAUSMAN *et alii*, 1973) ; uma diminuição de 10% do conteúdo relativo de água das folhas aumenta a refletância em 4% (CARLSON *et alii*, 1971).

MONTEITH (1959) calculou o coeficiente de reflexão para radiação de onda curta de diversas culturas, pastagens, alfafa, cana-de-açúcar, batata e trigo. Para todas as culturas o coeficiente de reflexão estava em torno de 0,25 quando

a vegetação cobria completamente o solo. Valores de albedo entre 0,10 e 0,12 , para florestas, foram encontrados por LANDSBERG *et alii* (1973). Para superfícies vegetadas com *Paspalum notatum* Flugge o valor médio é de 0,17 e para Terra Roxa Misturada é de 0,12 , segundo SANTOS (1957). Para milho variedade Piranão o mesmo autor encontrou um valor médio de 0,12 , SANTOS (1978). Para bosques perenes STANHILL *et alii* (1966) obtêm um valor de 0,16 e para laranjais 0,17 .

4 - MATERIAL

4.1 - CAMPO EXPERIMENTAL

Os resultados do presente trabalho foram obtidos em parcelas de milho (*Zea mays* L.), variedade Centralmex, situadas no campo experimental da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo, com as seguintes coordenadas geográficas:

Latitude:	22°42'30" S
Longitude:	47°38'00" W
Altitude:	576 metros.

4.2 - SOLO

Segundo levantamento da Carta de Solos do município de Piracicaba, SP (RANZANI *et alii*, 1966), o solo desta área a nível de grande grupo, é uma Terra Roxa Estruturada.

De acordo com REICHARDT *et alii* (1976) este solo apresenta um perfil homogêneo, bastante permeável, com lençol freático localizado a vários metros de profundidade. O pH é de 6,1. A porcentagem de carbono orgânico é 1,5% na camada superficial, diminuindo com a profundidade até um valor de 0,5 aos 165 cm. A densidade é bastante uniforme com um valor médio de 2,71 g/cm³. A porosidade total varia de 0,484 cm³/cm³ a 15 cm até 0,562 cm³/cm³ aos 165 cm de profundidade.

A caracterização física, segundo REICHARDT e LIBARDI (1974), é mostrada na Tabela 1.

TABELA 1 - Caracterização física do solo

Profundidade (cm)	Composição granulométrica			Classe Textural
	% argila	% limo	% areia	
0 - 30	60	17	23	argila
30 - 60	63	23	14	argila
60 - 90	55	26	19	argila
90 - 120	52	26	22	argila
120 - 150	54	24	22	argila
150 - 180	49	28	23	argila

Foi feita uma adubação básica de NPK na seguinte proporção: 8,0 g/m de uréia a 46% ; 50,0 g/m de superfosfato simples a 20% e 5,0 g/m de cloreto de potássio a 60%. Aos 45 dias

aplicou-se uréia a 46% em cobertura numa quantidade correspondente a 16 g/m.

4.3 - CULTIVAR UTILIZADO

Utilizou-se o milho variedade Centralmex resultante da hibridação entre Piramex e América Central. O milho Piramex compreende essencialmente germoplasma Tuxpeño, tendo plantas altas, resistentes ao acamamento e espigas com sabugo fino, o que resulta em rendimentos altos. A variedade América Central é constituída em grande parte também de germoplasma Tuxpeño apresentando, porém, plantas mais baixas, algo mais suscetíveis ao acamamento e espigas grossas devido em grande parte ao sabugo grosso. Procurou-se, a partir do cruzamento efetuado, obter uma variedade produtiva e de porte mais baixo que o Piramex. As gerações F_2 e subsequentes foram selecionadas pelo método de seleção entre e dentro de famílias de meios irmãos.

4.4 - EQUIPAMENTOS DE MEDIDA

- Equipamentos para medida de radiação solar acima da cultura

Para a medida dos fluxos de radiação solar global de onda curta e infravermelho próximo, acima da cultura foram u-

utilizados 4 piranômetros de precisão, fabricados pela Eppley Laboratory Inc., de Newport, R. I., USA. O sensor destes instrumentos consiste em uma termopilha de junções múltiplas, o qual está protegido por duas hemisferas concêntricas de vidro ótico Schott, polido. O piranômetro apresenta compensação elétrica por causa da dependência da sensibilidade em relação à temperatura e, compensação ótica para os desvios de resposta para a lei do coseno.

As hemisferas fornecidas com o aparelho são filtros WG-7 que permitem a passagem de radiação de comprimento de onda desde 0,285 a 2,8 μm . Quando se substitui esta hemisfera por outra de RG-8 ou RG-695, o piranômetro deixa passar apenas radiação de comprimento de onda superiores a 0,7 μm .

Os piranômetros utilizados apresentam as seguintes características técnicas:

- Piranômetro utilizado para medir K_{\downarrow}

Com domo WG-7, nº de série 13741, modelo 8-18A, com resistência interna de 660 ohms à 24°C e compensação para temperaturas entre - 20°C e + 40°C. Comparações realizadas com os padrões de referência forneceram uma resposta de $2,71 \text{ mv/cal} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{min}^{-1}$.

- Piranômetro utilizado para medir K_g

Com domo RG-8, nº de série 13561 F3, modelo PSP, com resistência interna de 715 ohms à 25°C e compensação pa-

ra temperaturas entre $- 20^{\circ}\text{C}$ e $+ 40^{\circ}\text{C}$. As comparações com os padrões de referência forneceram uma resposta de $6,42 \text{ mv/cal} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{min}^{-1}$.

- Piranômetro utilizado para medir K_t

Com domo WG-7, nº de série 13740, modelo 8-48 A, com resistência interna de 600 ohms à 24°C e compensação para temperaturas entre $- 20^{\circ}\text{C}$ e $+ 40^{\circ}\text{C}$. As comparações com os padrões de referência forneceram uma resposta de $2,48 \text{ mv/cal} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{min}^{-1}$.

- Piranômetro utilizado para medir K_g

Com domo RG-695, nº de série 16556 F 3, modelo PSP, com resistência interna de 600 ohms à 24°C e compensação para temperaturas entre $- 20^{\circ}\text{C}$ e $+ 40^{\circ}\text{C}$. Comparações com os padrões de referência forneceram uma resposta de $6,71 \text{ mv/cal} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{min}^{-1}$.

- Equipamentos para medida da radiação solar ao nível do solo

Para a medida dos fluxos de radiação solar global e infravermelho próximo ao nível do solo, foram utilizados 16 piranômetros desenvolvidos no Departamento de Física e Meteorologia da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", por JARAMILLO e SANTOS (1979).

O esquema do aparelho apresenta-se na Figura 1.

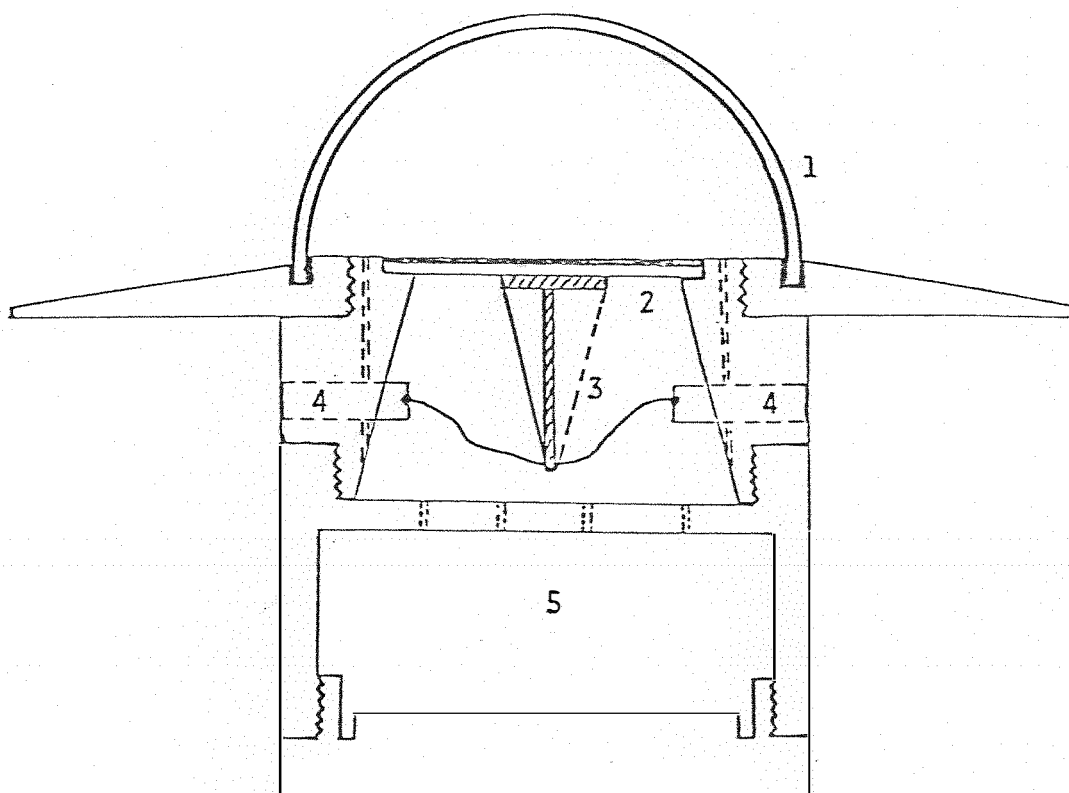


Fig. 1 - Esquema do piranômetro utilizado: (1) hemisfera de vidro ; (2) chapa de cobre ; (3) elemento sensível ; (4) saída ao potenciômetro e (5) câmara de sílica gel.

O piranômetro utiliza como elemento sensível uma termopilha, com quinze pares termo-elétricos obtidos por eletrodeposição de cobre sobre constantan.

Foram formados dois conjuntos cada um com oito piranômetros ligados em série. Os oito piranômetros de um dos conjuntos foram utilizados com filtro Wratten 88A da Kodak que permite a passagem de radiação com comprimentos de ondas superiores a $0,75 \mu\text{m}$. A calibração deste conjunto com um piranômetro Eppley de precisão forneceu uma resposta de $65,35 \text{ mv/cal} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{min}^{-1}$. A calibração do conjunto sem filtro forneceu uma resposta de $13,29 \text{ mv/cal} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{min}^{-1}$.

- Equipamentos para aquisição de sinais

Para aquisição de sinais dos sensores foi utilizado um potenciômetro portátil nº 8690 - 2 fabricado pela Leeds & Northrup. Este potenciômetro mede diferenças de potencial de até 101 milivolts, sendo sua precisão de $\pm 0,1\%$.

O polo positivo do potenciômetro estava ligado a uma chave de seis saídas para cada um dos polos positivos dos 4 piranômetros Eppley e dos dois conjuntos. Os polos negativos dos piranômetros Eppley e dos conjuntos estavam ligados a um fio comum que se ligava ao polo negativo do potenciômetro.

O esquema da distribuição dos aparelhos no campo, encontra-se na Figura 2.

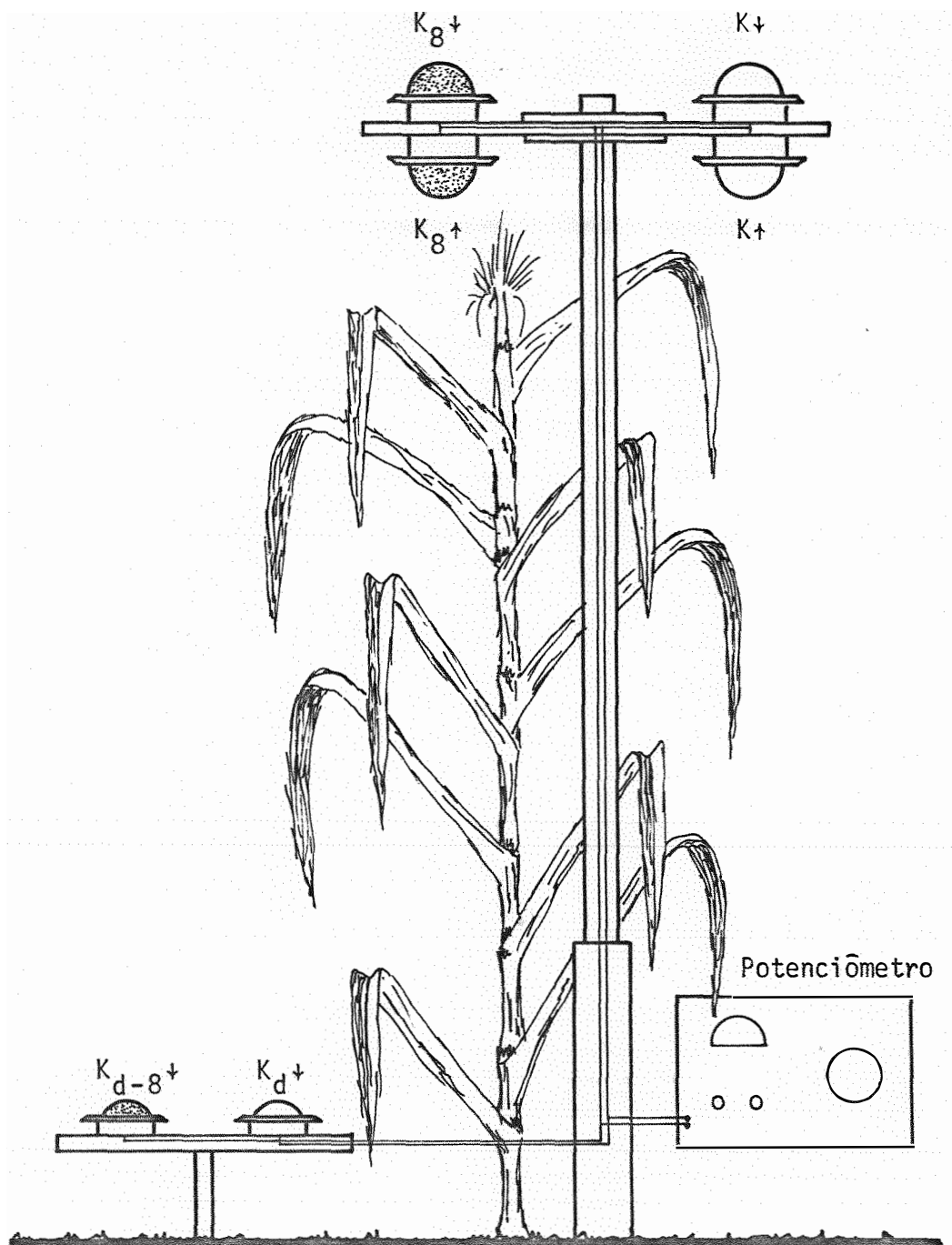


Fig. 2 - Distribuição dos piranômetros na cultura para a obtenção dos fluxos de radiação solar global e infravermelho próximo incidentes, K_\uparrow e $K_g\uparrow$, de radiação refletida pela cultura, K_\uparrow e $K_g\uparrow$ e dos fluxos de radiação solar difusa ao nível do solo, $K_d\uparrow$ e $K_{d-8}\uparrow$.

5 - MÉTODOS

Os tratamentos escolhidos foram os seguintes:

1º Tratamento

Parcela considerada de plantio tradicional ou teste munha com separação entre sulcos de 1,00 m e entre plantas de 0,20 m. O número total de plantas por hectare foi de 50.000. A dimensão da parcela era de 20 m x 20 m.

2º Tratamento

Parcela denominada quincôncio, com separação entre linhas de 0,40 m e entre plantas de 0,45 m. A distribuição das plantas é na forma de triângulos. O número total de plantas por hectare foi de 50.000. A dimensão da parcela era de 20 m x 20 m.

O plantio foi realizado no dia 03 de outubro de 1979, colocando-se duas sementes por cova. No dia 16 de outubro foi realizado o desbaste, deixando-se somente uma planta por cova.

Durante o período de crescimento foram realizadas todas as técnicas necessárias ao bom desempenho da cultura.

5.1 - MÉTODO PARA DETERMINAÇÃO DA PORCENTAGEM DE "SUNFLECKS"

As observações foram realizadas no dia 04 de janeiro de 1980, um dia de céu completamente limpo, no período das 9:30 horas às 16:30 horas.

Os valores de "sunflecks" foram obtidos da seguinte maneira: colocaram-se folhas de papel sulfite entre as linhas das plantas em três posições fixas dentro da cultura e em cada tratamento. A intervalos de 60 minutos era feito, simultaneamente em todas as posições, o desenho nas folhas de papel, das áreas que estavam recebendo radiação solar direta. Para cada observação utilizava-se uma nova folha de papel. As áreas desenhadas em cada folha foram recortadas e pesadas, determinando-se a sua área por comparação com o peso de 50 cm² da mesma folha. A área de cada folha inteira também foi obtida por comparação com o peso de 50 cm².

Conhecendo-se o valor das áreas das folhas e das áreas de "sunflecks" de cada folha, calculou-se a sua porcentagem.

5.2 - MÉTODO PARA DETERMINAÇÃO DO BALANÇO DE RADIAÇÃO SOLAR DE ONDA CURTA (0,3 A 3,0 μm)

O balanço de radiação solar global de onda curta é dado pela seguinte expressão:

$$K^* = (1 - \alpha)(K_{D\uparrow} + K_{d\uparrow}) \quad (1)$$

Desenvolvendo-se esta equação e lembrando a existência de albedos diferentes para radiação direta e difusa temos que:

$$K^* = K_{D\uparrow} - \alpha_D K_{D\uparrow} + K_{d\uparrow} - \alpha_d K_{d\uparrow} \quad (2)$$

Como por definição

$$\alpha = \frac{K_{\uparrow}}{K_{\downarrow}} \quad (3)$$

$$\alpha_D = \frac{K_{D\uparrow}}{K_{D\downarrow}} \quad (4)$$

$$\alpha_d = \frac{K_{d\uparrow}}{K_{d\downarrow}} \quad (5)$$

Temos que

$$\alpha_D K_{D\downarrow} = K_{D\uparrow} \quad (6)$$

$$\alpha_d K_{d\downarrow} = K_{d\uparrow} \quad (7)$$

Substituindo (6) e (7) em (2), temos:

$$K^* = K_{D\downarrow} - K_{D\uparrow} + K_{d\downarrow} - K_{d\uparrow} \quad (8)$$

Agrupando a expressão segundo o sentido dos fluxos

$$K^* = (K_{D\downarrow} + K_{d\downarrow}) - (K_{D\uparrow} + K_{d\uparrow}) \quad (9)$$

Como:

$$K_{\downarrow} = K_{D\downarrow} + K_{d\downarrow} \quad (10)$$

e

$$K_{\uparrow} = K_{D\uparrow} + K_{d\uparrow} \quad (11)$$

se

$$K^* = K_{\downarrow} - K_{\uparrow} \quad (12)$$

A equação (12) expressa o balanço de radiação de onda curta, considerando-se as densidades de fluxo de radiação direta e difusa, conjuntamente, na faixa de comprimento de onda que vai de 0,3 a 3,0 μm , por serem estes os comprimentos de onda que o filtro WG-7 permite passar.

5.3 - MÉTODO PARA DETERMINAÇÃO DA IRRADIÂNCIA FOTOSSINTÉTICA

Como a radiação fotossinteticamente ativa (PAR), é aquela compreendida entre os comprimentos de onda de 0,4 a 0,7 μm , em estudos das relações da radiação solar com a vegetação é interessante se saber como estes fluxos se comportam interagindo com a cultura.

A diferença das densidades de fluxo de radiação solar utilizando piranômetros com e sem filtro nos permite a estimativa dos valores de irradiância fotossintética (PI).

Considerando as densidades de fluxos medidas com piranômetros com filtro WG-7, temos:

$$K^* = K_{\downarrow} - K_{\uparrow} \quad (13)$$

Com piranômetros acoplados de filtro RG - 8

$$K_g^* = K_{g\downarrow} - K_{g\uparrow} \quad (14)$$

Fazendo a diferença das equações (13) e (14):

$$K^* - K_g^* = K_{\downarrow} - K_{\uparrow} - K_{g\downarrow} - K_{g\uparrow} \quad (15)$$

E reagrupando

$$K^* - K_g^* = (K_{\downarrow} - K_{g\downarrow}) - (K_{\uparrow} - K_{g\uparrow}) \quad (16)$$

Finalmente:

$$PI^* = PI_{\downarrow} - PI_{\uparrow} \quad (17)$$

5.4 - MÉTODO PARA DETERMINAÇÃO DA RADIAÇÃO RETIDA PELA CULTURA

Para o cálculo da radiação retida pela comunidade vegetal adotou-se o seguinte raciocínio: um balanço dos fluxos acima da cultura (K^*) menos o balanço destes fluxos ao nível do solo (K_s^*) nos fornece a radiação que é aproveitada pela cultura (K_{retido}).

$$K^* - K_s^* = K_{retido}$$

O balanço dos fluxos acima da cultura foram realizados da maneira descrita nos itens 5.2 e 5.3.

Ao nível do solo mediu-se com os dois conjuntos a radiação solar que consegue atravessar a folhagem.

Os piranômetros foram colocados dois a dois (um com filtro e outro sem filtro) sobre uma base de madeira fixada a uma estaca. A distância entre estacas era de aproximadamente dois metros. Estes conjuntos foram sempre colocados a sombra, portanto os valores obtidos correspondem a radiação difusa transmitida pela folhagem.

Considerando-se que as medidas nos "sunflecks" deveriam ser aproximadamente iguais as leituras feitas sobre as plantas, calculou-se, com os valores das porcentagens de "sunflecks" a radiação solar direta que consegue atravessar a cobertura vegetal sem ser interceptada.

Com o conhecimento dos fluxos de radiação solar difusa e direta e sabendo-se que o albedo para este tipo de solo, segundo SANTOS (1957) é de 0,12 para a região do visível e 0,14 para a região do infravermelho próximo, determinou-se o balanço dos fluxos ao nível do solo, utilizando-se as seguintes expressões:

$$K_s^* = (1 - \alpha_s)(K_{D^+} + K_{d^+}) \quad (18)$$

$$K_{8-s}^* = (1 - \alpha_{8-s})(K_{D-8^+} + K_{d-8^+}) \quad (19)$$

$$PI_s^* = K_s^* - K_{8-s}^* \quad (20)$$

5.5 - DETERMINAÇÃO DA ALTURA, ÁREA FOLIAR E MATÉRIA SECA DAS PLANTAS

Foram feitas amostragens em intervalos de sete dias, utilizando-se em cada amostragem cinco plantas tomadas ao acaso.

A altura das plantas foi determinada da superfície do solo até o ponto de inflexão da folha mais alta.

A área foliar foi obtida medindo-se o comprimento e a maior largura da lâmina foliar e o produto destes dois foi multiplicado por um fator que, segundo FRANCIS *et alii* (1969), é de 0,75.

Para determinação da matéria seca as plantas foram separadas em: colmo + bainha, lâminas, espigas e panículas e posteriormente colocadas em estufa de aeração forçada a 70°C, até atingirem peso constante, para então serem pesadas e determinada a matéria seca acumulada.

6 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das medidas de "sunflecks", realizadas no tratamento quincônio e no testemunha no dia 04/01/80, encontram-se nas Tabelas 2 a 8 . Uma análise destes dados permite notar valores crescentes na parte da manhã até ao redor do meio dia, quando se atinge o máximo de "sunflecks", e logo após valores decrescentes.

As porcentagens horárias foram sempre mais elevadas no testemunha e, esta superioridade se acentua ao meio dia , obtendo-se 56% de área ensolarada no tratamento testemunha e 28% no quincônio, portanto 100% maior no primeiro tratamento se comparado com o segundo.

A geometria de plantio no tratamento quincônio, faz com que a probabilidade, de um feixe de radiação solar que atravessa a folhagem e atinge a superfície do solo sem ser interceptado, seja bem menor que na parcela testemunha. As medidas de "sunflecks" fornecem uma boa idéia da cobertura do

TABELA 2 - Peso das folhas de papel, de 50 cm² e das áreas de "sunflecks" (g). Tratamento: Testemunha

Posições	Folha inteira			50 cm ²			"sunflecks"		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
9:30	24,120	24,217	23,479	0,390	0,374	0,360	3,503	4,108	5,508
10:30	24,106	24,224	24,539	0,390	0,378	0,381	2,201	3,850	1,670
11:30	24,720	24,664	23,973	0,404	0,378	0,369	5,429	4,295	12,378
12:30	24,699	24,840	23,801	0,385	0,385	0,376	11,309	10,225	19,692
13:30	22,005	22,926	25,123	0,380	0,360	0,383	12,114	5,794	14,273
14:30	23,354	23,570	23,496	0,376	0,378	0,396	4,740	3,640	5,454
15:30	23,937	23,925	24,509	0,375	0,368	0,361	4,149	4,696	4,427
16:30	25,291	25,287	24,393	0,396	0,384	0,368	5,800	2,619	4,841

TABELA 3 - Área das folhas de papel e de "sunflecks" (cm²). Tratamento: Testemunha

Posições Hora	Folha inteira			"Sunflecks"		
	1	2	3	1	2	3
9:30	3.092,308	3.237,567	3.260,972	449,102	549,198	765,000
10:30	3.090,513	3.204,233	3.220,341	282,179	509,259	219,160
11:30	3.059,406	3.262,434	3.248,374	671,906	568,122	1.677,236
12:30	3.207,622	3.225,974	3.165,027	1.468,701	1.327,922	2.610,638
13:30	2.895,395	3.184,167	3.279,765	1.593,947	762,368	1.863,316
14:30	3.105,585	3.117,725	2.966,667	630,319	484,042	688,636
15:30	3.191,600	3.250,679	3.394,598	553,200	626,133	613,158
16:30	3.193,008	3.292,578	3.314,266	732,323	330,682	657,744

TABELA 4 - Peso das folhas de papel, de 50 cm² e das áreas de "sunflecks" (g). Tratamento: quincôncio

Posições	Folha inteira			50 cm ²			"sunflecks"		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
9:30	24,749	24,747	24,448	0,396	0,377	0,380	2,623	3,536	2,226
10:30	24,647	24,609	24,883	0,384	0,367	0,383	4,269	2,003	2,367
11:30	22,924	23,179	24,528	0,348	0,363	0,365	1,725	3,618	3,817
12:30	23,477	23,263	23,170	0,369	0,353	0,343	5,617	8,371	3,759
13:30	24,003	24,001	23,356	0,368	0,376	0,350	3,127	3,336	5,027
14:30	25,479	25,579	24,096	0,382	0,398	0,348	6,560	4,282	3,546
15:30	23,416	23,389	25,399	0,371	0,348	0,373	4,037	3,754	4,273
16:30	24,134	24,260	22,943	0,361	0,383	0,357	3,008	1,888	0,805

TABELA 5 - Área das folhas de papel e de "sunflecks" (cm²). Tratamento: Quincôncio

Posições	Folha inteira			"Sunflecks"		
	1	2	3	1	2	3
9:30	3.124,874	3.282,095	3.216,842	331,187	468,965	292,447
10:30	3.209,245	3.352,725	3.248,433	555,859	272,888	309,008
11:30	3.293,678	3.192,700	3.360,000	247,845	498,347	440,684
12:30	3.181,165	3.295,042	3.377,551	761,111	1.185,694	839,504
13:30	3.261,277	3.191,622	3.336,571	1.124,864	443,617	718,143
14:30	3.334,948	3.213,442	3.462,069	858,639	537,940	509,483
15:30	3.155,795	3.353,304	3.404,692	544,070	539,368	572,788
16:30	3.342,659	3.167,102	3.213,305	416,620	246,475	112,745

TABELA 6 - Valores horários da porcentagem de "sunflecks" em três posições dentro da cultura de milho (*Zea mays* L.), variedade Centralmex, para o tratamento testemunha

Hora	Posições		
	1	2	3
9:30	14,52	16,96	23,46
10:30	9,13	15,89	6,81
11:30	21,96	17,41	51,63
12:30	45,79	41,16	82,48
13:30	55,05	23,94	56,81
14:30	20,30	15,52	23,21
15:30	17,32	19,26	18,06
16:30	22,93	10,04	19,84

TABELA 7 - Valores horários da porcentagem de "sunflecks" em três posições dentro de cultura de milho (*Zea mays* L.), variedade Centralmex, para o tratamento quincôncio

Hora	Posições		
	1	2	3
9:30	10,60	14,29	9,09
10:30	16,58	8,14	9,51
11:30	7,52	15,61	13,11
12:30	23,92	35,98	24,85
13:30	13,03	13,90	21,52
14:30	25,75	16,74	14,72
15:30	17,24	16,08	16,82
16:30	12,46	7,78	3,51

TABELA 8 - Valores horários da porcentagem média de "sun-flecks" para milho (*Zea mays* L.), variedade Centralmex

Hora	Tratamento	
	Testemunha	Quincôncio
9:30	18	11
10:30	11	11
11:30	30	12
12:30	56	28
13:30	45	16
14:30	20	19
15:30	18	17
16:30	18	8
Média	27	15

solo pela cultura e ao mesmo tempo permitem quantificar a energia solar que não é interceptada pelas folhas.

As observações das densidades de fluxos, para toda a faixa do espectro de ondas curtas e para a região do infravermelho próximo, foram realizadas em 06/01/80 na parcela em quincênio e, em 15/01/80 na testemunha, dois dias com boas condições de observação. Os dias nesta época do ano, na região de Piracicaba, apresentam-se com grande nebulosidade, motivo pelo qual as medidas foram realizadas somente nestes dois dias.

Nas Tabelas 9 e 10 são apresentados os valores das densidades de fluxo de radiação solar incidente e refletida acima da cultura e das densidades de fluxo de radiação solar difusa e direta (esta última estimada a partir das porcentagens de "sunflecks") ao nível do solo.

As variações de 30 em 30 minutos da radiação solar global e da radiação acima de $0,7 \mu\text{m}$ que atingem a cobertura vegetal se encontram nas Tabelas 11 e 12 e Figuras 3 e 4, assim como da radiação fotossinteticamente ativa incidente e da razão K_{8+} / K_{+} .

O valor médio desta razão foi de 0,49 nos dois tratamentos. Este valor se aproxima muito do valor 0,51 citado por SANTOS (1978) e, daqueles obtidos pela Smithsonian Radiation Biology Laboratory, em diferentes localidades dos Estados Unidos. Isto quer dizer que quase metade da energia solar incidente encontra-se na faixa do infravermelho e, a ou-

TABELA 9 - Densidade de fluxos de radiação global e infravermelha (cal . cm⁻² . dia⁻¹) para milho (*Zea mays* L.), variedade Centralmex, no tratamento Testemunha. Data: 15/01/80

Hora	Radiação Acima da Cultura				Radiação na Superfície do Solo			
	K _↑	K _↓	K _g ↑	K _g ↓	K _D ↑	K _D ↓	K _d ↑	K _d ↓
8:30	0,841	0,177	0,396	0,148	--	--	0,233	0,044
9:00	0,989	0,202	0,468	0,171	--	--	0,305	0,066
9:30	1,122	0,210	0,539	0,184	0,164	0,64	0,324	0,072
10:00	1,247	0,230	0,610	0,201	0,142	0,057	0,460	0,087
10:30	1,380	0,242	0,669	0,209	0,125	0,051	0,467	0,097
11:00	1,454	0,254	0,708	0,215	0,240	0,099	0,475	0,111
11:30	1,605	0,266	0,772	0,227	0,402	0,164	0,483	0,124
12:00	1,638	0,274	0,772	0,237	0,587	0,234	0,494	0,125
12:30	1,683	0,282	0,805	0,238	0,785	0,318	0,503	0,115
13:00	1,557	0,258	0,739	0,218	0,650	0,261	0,498	0,107
13:30	1,528	0,254	0,724	0,218	0,573	0,228	0,494	0,103
14:00	1,454	0,250	0,694	0,218	0,385	0,152	0,470	0,083
14:30	1,336	0,250	0,657	0,217	0,217	0,088	0,387	0,083
15:00	1,284	0,246	0,611	0,212	0,197	0,076	0,384	0,080
15:30	1,140	0,230	0,526	0,193	0,164	0,060	0,309	0,063
16:00	0,823	0,185	0,392	0,156	0,115	0,042	0,198	0,037

TABELA 10 - Densidade dos fluxos de radiação global e infravermelha
 (cal . cm⁻² . dia⁻¹) para milho (*Zea mays* L.) variedade
 Centralmex, no Tratamento Quincôncio. Data: 06/01/80

Hora	Radiação acima da cultura				Radiação na superfície do solo			
	K _↑	K _↑	K _g ↑	K _g ↑	K _D ↑	K _D ↑	K _d ↑	K _{d-8} ↑
8:30	0,830	0,185	0,407	0,165	--	--	0,196	0,044
9:00	1,004	0,222	0,508	0,190	--	--	0,256	0,051
9:30	1,122	0,234	0,553	0,202	0,098	0,039	0,315	0,063
10:00	1,232	0,250	0,626	0,221	0,108	0,045	0,325	0,068
10:30	1,351	0,266	0,671	0,229	0,119	0,049	0,369	0,074
11:00	1,446	0,274	0,715	0,237	0,141	0,057	0,423	0,077
11:30	1,461	0,274	0,724	0,234	0,142	0,059	0,415	0,084
12:00	1,476	0,266	0,730	0,234	0,242	0,099	0,387	0,078
12:30	1,476	0,262	0,727	0,231	0,340	0,139	0,394	0,076
13:00	1,439	0,266	0,712	0,234	0,258	0,105	0,369	0,076
13:30	1,417	0,290	0,705	0,240	0,180	0,074	0,372	0,070
14:00	1,395	0,282	0,697	0,246	0,189	0,077	0,378	0,087
14:30	1,351	0,278	0,681	0,248	0,204	0,082	0,384	0,080
15:00	1,107	0,238	0,535	0,199	0,156	0,060	0,342	0,064
15:30	1,052	0,234	0,438	0,142	0,139	0,050	0,227	0,050
16:00	0,782	0,194	0,352	0,134	0,076	0,028	0,176	0,036
16:30	0,679	0,173	0,313	0,137	--	--	0,172	0,034
17:00	0,450	0,125	0,197	0,093	--	--	0,099	0,020

TABELA 11 - Variação em cada 30 minutos de K_{\downarrow} , $K_{g\downarrow}$ ($\text{cal} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot 30 \text{ min}^{-1}$) e da razão destas duas grandezas. Data: 15/01/80. Tratamento: Testemunha

Hora	K_{\downarrow}	$K_{g\downarrow}$	PI_{\downarrow}	$\frac{K_{g\downarrow}}{K_{\downarrow}}$
8:30	25,2	11,9	13,4	0,47
9:00	29,7	14,0	15,6	0,47
9:30	36,6	16,2	17,5	0,44
10:00	37,4	18,3	19,1	0,49
10:30	41,4	20,1	21,3	0,49
11:00	43,6	21,2	23,4	0,49
11:30	48,2	23,2	25,0	0,48
12:00	49,1	23,2	26,0	0,47
12:30	50,5	24,2	26,3	0,48
13:00	46,7	22,2	24,5	0,48
13:30	45,8	21,7	24,1	0,47
14:00	43,6	20,8	22,8	0,48
14:30	40,1	19,7	20,4	0,49
15:00	38,5	18,3	20,2	0,48
15:30	34,2	15,8	18,4	0,46
16:00	24,7	11,8	12,9	0,48
Média	--	--	--	0,49

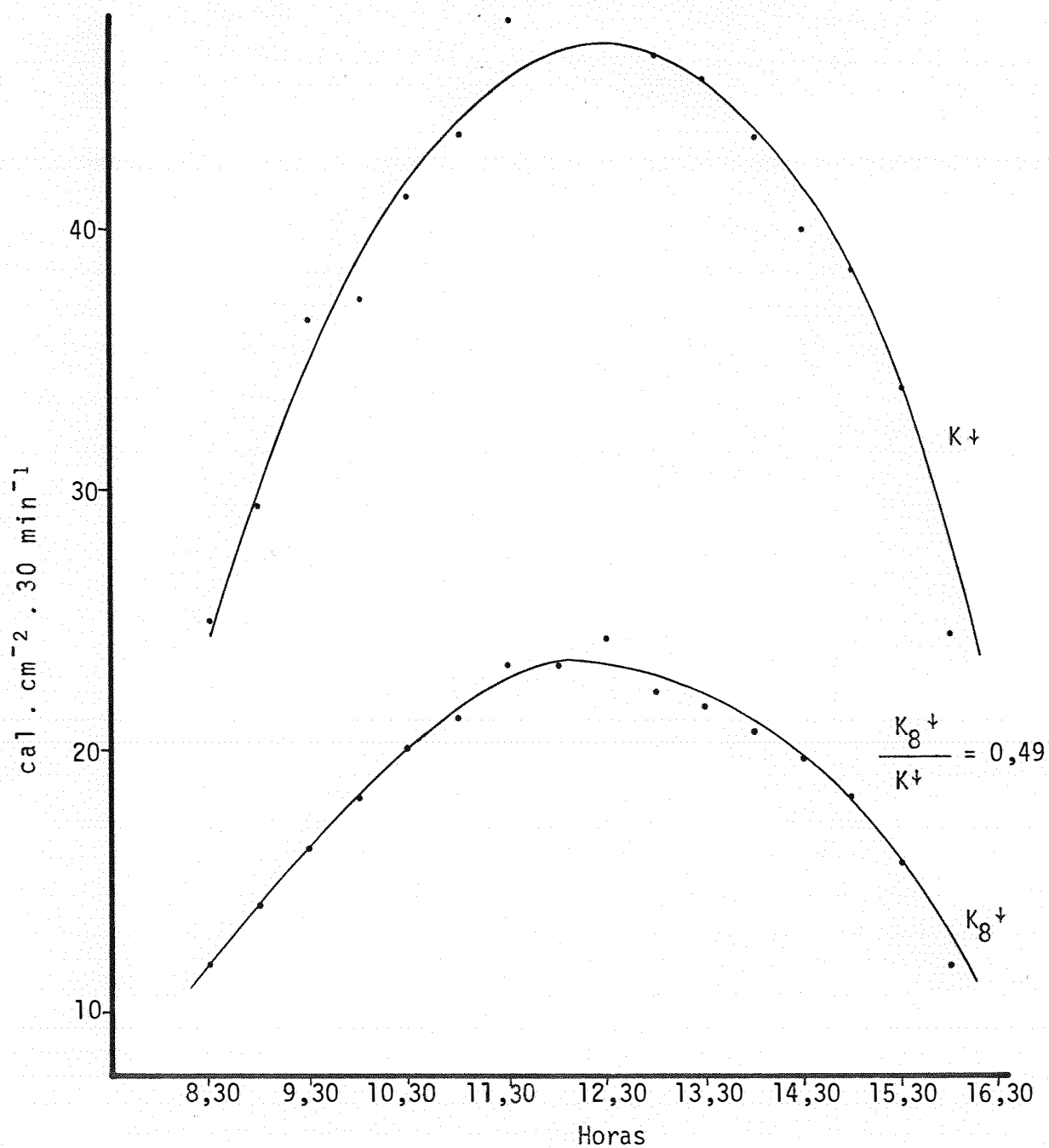


Fig. 3 - Variação média dos fluxos K^+ e K_8^+ em milho (*Zea mays* L.) variedade Centralmex. Tratamento teste munha

TABELA 12 - Variação em cada 30 minutos de K_{\uparrow} , $K_{g\uparrow}$ ($\text{cal} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot 30 \text{ min}^{-1}$) e da razão destas duas grandezas. Data: 06/01/80 Tratamento: Quincôncio

Hora	K_{\uparrow}	$K_{g\uparrow}$	PI_{\uparrow}	$\frac{K_{g\uparrow}}{K_{\uparrow}}$
8:30	24,9	12,2	12,7	0,49
9:00	30,1	15,2	14,9	0,50
9:30	33,7	16,6	17,1	0,49
10:00	37,0	18,8	18,2	0,51
10:30	40,5	20,1	20,4	0,50
11:00	43,4	21,5	21,9	0,50
11:30	43,8	21,7	22,1	0,50
12:00	44,3	21,9	22,4	0,49
12:30	44,3	21,8	22,5	0,49
13:00	43,2	21,4	21,8	0,50
13:30	42,5	22,3	21,4	0,52
14:00	41,9	20,9	20,9	0,50
14:30	40,5	20,4	20,1	0,50
15:00	33,2	16,1	17,2	0,48
15:30	31,6	13,1	18,4	0,41
16:00	23,5	10,6	12,9	0,45
16:30	20,4	9,4	11,0	0,46
17:00	13,5	5,9	7,6	0,44
Média	--	--	--	0,49

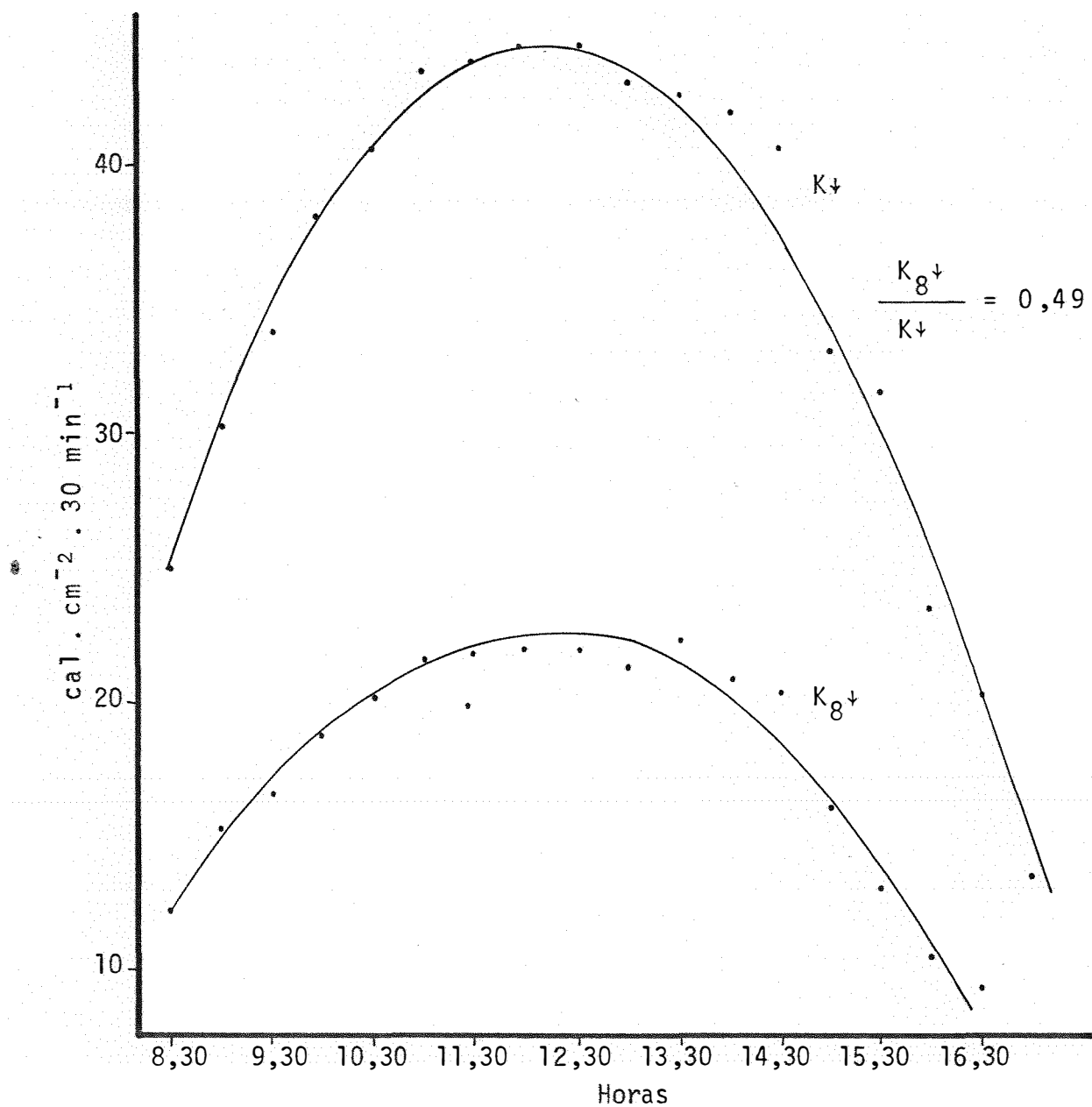


Fig. 4 - Variação média dos fluxos K_{\downarrow} e $K_{8\downarrow}$ em milho (*Zea mays* L.) variedade Centralmex. Tratamento Quin-côncio.

tra metade é radiação fotossinteticamente ativa que nas Figuras 3 e 4 está representada pela área entre as curvas.

O balanço dos fluxos de radiação solar global de onda curta e fotossinteticamente ativa acima do dossel e na superfície do solo, são apresentados nas Tabelas 13 e 14.

O balanço destes mesmos fluxos das Tabelas 15 e 16 são médias de dez dias obtidas a partir dos valores de radiação solar global incidente fornecidas pelo Actinógrafo e com base nas medidas realizadas nos dois tratamentos.

A partir dos dados destas tabelas foi possível obter-se os valores de radiação solar global e fotossinteticamente ativa retidas pela cultura, e que se encontram na Tabela 17.

No tratamento quincôncio, os valores médios obtidos foram 56% e 47% para radiação solar global e fotossinteticamente ativa, respectivamente. Para a testemunha os valores foram 42% e 32%.

A radiação solar global retida no tratamento quincôncio foi superior em 25% àquela retida no testemunha e, em relação a radiação fotossinteticamente ativa esta superioridade foi de 32%.

$K_{(retido)} / K^*$ foi superior a $PI_{(retido)} / PI^*$ em 16% no tratamento quincôncio e em 24% no testemunha.

Outro fato importante é que os valores diminuem drasticamente nas horas de maior irradiância. Altos valores de "sunflecks" a estas horas explicam o fato. Valores altos de "sunflecks" estão indicando uma grande perda de radiação, is-

TABELA 13 - Balanço dos fluxos de radiação global, infravermelha e fotossinteticamente ativa ($\text{cal. cm}^{-2} \cdot \text{dia}^{-1}$), para milho (*Zea mays* L.) variedade Centralmex, no tratamento Testemunha.
Data: 15/01/80

Hora	Radiação acima da cultura			Radiação na superfície do solo			K (retido)	PI (retido)
	K*	K _g *	PI*	K _s *	K _{g-s} *	PI _s *		
8:30	0,664	0,248	0,416	--	--	--	--	--
9:00	0,787	0,297	0,490	--	--	--	--	--
9:30	0,912	0,355	0,557	0,429	0,117	0,312	0,483	0,245
10:00	1,017	0,409	0,608	0,530	0,124	0,406	0,487	0,202
10:30	1,138	0,460	0,678	0,521	0,127	0,394	0,613	0,284
11:00	1,200	0,493	0,707	0,629	0,181	0,448	0,571	0,259
11:30	1,339	0,545	0,794	0,779	0,248	0,531	0,560	0,263
12:00	1,364	0,545	0,819	0,951	0,309	0,642	0,413	0,117
12:30	1,401	0,567	0,834	1,133	0,372	0,761	0,268	0,073
13:00	1,299	0,521	0,778	1,010	0,316	0,694	0,289	0,084
13:30	1,274	0,506	0,768	0,939	0,285	0,654	0,335	0,114
14:00	1,204	0,476	0,728	0,752	0,202	0,550	0,452	0,178
14:30	1,086	0,440	0,646	0,532	0,146	0,386	0,554	0,260
15:00	1,038	0,399	0,639	0,511	0,134	0,377	0,527	0,262
15:30	0,910	0,333	0,577	0,416	0,106	0,310	0,494	0,267
16:00	0,638	0,236	0,402	0,275	0,068	0,207	0,363	0,195

TABELA 14 - Balanço dos fluxos de radiação global, infravermelha e fotossinteticamente ativa ($\text{cal} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{dia}^{-1}$) para milho (*Zea mays* L.) variedade Centralmex, no Tratamento Quincôncio
Data: 06/01/80

Hora	Radiação acima da cultura			Radiação na superfície do solo			$K_{(reti\ do)}$	$PI_{(reti\ do)}$
	K^*	K_8^*	PI^*	K_s^*	K_{8-s}^*	PI_s^*		
8:30	0,645	0,242	0,403	--	--	--	--	--
9:00	0,782	0,318	0,464	--	--	--	--	--
9:30	0,888	0,351	0,537	0,363	0,088	0,275	0,525	0,262
10:00	0,982	0,405	0,577	0,363	0,097	0,266	0,619	0,311
10:30	1,085	0,442	0,643	0,429	0,106	0,323	0,656	0,320
11:00	1,172	0,478	0,694	0,496	0,115	0,381	0,676	0,313
11:30	1,187	0,490	0,697	0,490	0,123	0,367	0,697	0,330
12:00	1,210	0,496	0,714	0,554	0,152	0,402	0,656	0,312
12:30	1,214	0,496	0,718	0,646	0,271	0,375	0,568	0,343
13:00	1,173	0,478	0,695	0,552	0,156	0,396	0,621	0,299
13:30	1,127	0,465	0,662	0,486	0,124	0,362	0,641	0,300
14:00	1,113	0,451	0,662	0,499	0,141	0,358	0,614	0,304
14:30	1,073	0,433	0,640	0,517	0,139	0,378	0,556	0,262
15:00	0,869	0,336	0,533	0,438	0,107	0,331	0,431	0,202
15:30	0,818	0,296	0,522	0,322	0,086	0,236	0,496	0,286
16:00	0,588	0,218	0,370	0,222	0,055	0,167	0,366	0,203
16:30	0,506	0,176	0,330	--	--	--	--	--
17:00	0,325	0,104	0,221	--	--	--	--	--

TABELA 15 - Balanço dos fluxos de radiação global, infravermelha e fotossinteticamente ativa ($\text{cal} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{dia}^{-1}$), para milho (*Zea mays* L.) variedade Centralmex, no tratamento Testemunha. Média de dez dias.

Hora	Radiação acima da cultura			Radiação na superfície do solo			K (retido)	PI (retido)
	K*	K ₈ *	PI*	K _s *	K _{8-s} *	PI*		
8:30	0,448	0,167	0,281	--	--	--	--	--
9:00	0,551	0,208	0,343	--	--	--	--	--
9:30	0,667	0,259	0,408	0,314	0,086	0,228	0,353	0,180
10:00	0,758	0,305	0,453	0,395	0,092	0,303	0,363	0,150
10:30	0,852	0,344	0,508	0,390	0,095	0,295	0,462	0,213
11:00	0,920	0,378	0,542	0,483	0,139	0,344	0,437	0,198
11:30	0,987	0,402	0,585	0,574	0,183	0,391	0,413	0,194
12:00	1,016	0,406	0,610	0,708	0,231	0,477	0,308	0,133
12:30	1,031	0,417	0,614	0,613	0,274	0,339	0,418	0,275
13:00	1,014	0,407	0,607	0,788	0,247	0,541	0,226	0,066
13:30	0,980	0,389	0,591	0,722	0,219	0,503	0,258	0,088
14:00	0,919	0,363	0,556	0,574	0,154	0,420	0,345	0,136
14:30	0,836	0,339	0,497	0,409	0,112	0,297	0,427	0,200
15:00	0,742	0,285	0,457	0,365	0,096	0,269	0,377	0,188
15:30	0,634	0,232	0,402	0,290	0,074	0,216	0,344	0,186
16:00	0,495	0,183	0,312	0,213	0,053	0,160	0,282	0,152

TABELA 16 - Balanço dos fluxos de radiação global, infravermelha e fotossinteticamente ativa ($\text{cal} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{dia}^{-1}$), para milho (*Zea mays* L.) variedade Centralmex, no Tratamento Quincôncio. Média de dez dias.

Hora	Radiação acima da cultura			Radiação na superfície do solo			K (retido)	PI (retido)
	K*	K _g *	PI*	K _s *	K _{g-s} *	PI*		
8:30	0,441	0,166	0,275	--	--	--	--	--
9:00	0,540	0,219	0,321	--	--	--	--	--
9:30	0,649	0,257	0,392	0,265	0,064	0,201	0,384	0,191
10:00	0,740	0,305	0,435	0,274	0,073	0,201	0,466	0,234
10:30	0,830	0,338	0,492	0,328	0,081	0,247	0,502	0,245
11:00	0,904	0,369	0,535	0,382	0,089	0,293	0,522	0,242
11:30	0,961	0,397	0,564	0,449	0,100	0,349	0,512	0,215
12:00	1,000	0,410	0,590	0,458	0,126	0,332	0,542	0,258
12:30	1,018	0,416	0,602	0,542	0,227	0,315	0,476	0,287
13:00	0,990	0,404	0,586	0,466	0,131	0,335	0,524	0,251
13:30	0,935	0,386	0,549	0,403	0,074	0,329	0,532	0,220
14:00	0,886	0,359	0,527	0,397	0,112	0,285	0,489	0,242
14:30	0,816	0,329	0,487	0,393	0,106	0,287	0,423	0,200
15:00	0,721	0,279	0,442	0,363	0,089	0,274	0,358	0,168
15:30	0,618	0,224	0,394	0,243	0,065	0,178	0,375	0,216
16:00	0,480	0,178	0,302	0,181	0,045	0,136	0,299	0,166
16:30	0,375	0,130	0,245	--	--	--	--	--
17:00	0,273	0,087	0,186	--	--	--	--	--

TABELA 17 - Porcentagem de radiação global e fotossinteticamente ativa retida por uma cultura de milho (*Zea mays* L.), variedade Centralmex

Hora	Tratamento			
	15/01/80 Testemunha		06/01/80 Quincôncio	
	$\frac{K(\text{retido})}{K^*}$	$\frac{PI(\text{retido})}{PI^*}$	$\frac{K(\text{retido})}{K^*}$	$\frac{PI(\text{retido})}{PI^*}$
9:30	53,0	44,0	59,1	48,8
10:00	47,9	33,2	63,0	53,9
10:30	53,9	42,0	60,5	49,8
11:00	47,6	36,6	57,7	45,1
11:30	41,8	33,1	58,7	47,3
12:00	30,3	21,6	54,2	43,7
12:30	19,1	8,8	46,8	47,8
13:00	22,2	10,8	52,9	43,0
13:30	26,3	14,8	56,9	45,3
14:00	37,5	24,5	55,2	45,9
14:30	51,0	40,2	51,8	40,9
15:00	50,8	41,0	49,6	37,9
15:30	54,3	47,9	60,6	54,8
16:00	56,9	48,5	62,2	54,9
Média	41,8%	31,9%	56,4%	47,0%

TABELA 18 - Porcentagem de radiação global e fotossinteticamente ativa retida por uma cultura de milho (*Zea mays* L.), variedade Centralmex, obtida sem levar em consideração a radiação que chega nos "sunflecks"

Hora	Tratamento			
	15/01/80 Testemunha		06/01/80 Quincôncio	
	$K(\text{retido})$	$PI(\text{retido})$	$K(\text{retido})$	$PI(\text{retido})$
	K^*	PI^*	K^*	PI^*
8:30	64,9	54,6	69,6	62,3
9:00	61,2	51,2	67,3	55,8
9:30	64,5	54,8	64,5	53,1
10:00	54,8	38,7	66,9	55,5
10:30	59,0	45,4	66,0	54,1
11:00	60,4	48,5	63,9	50,1
11:30	63,9	54,8	65,0	52,5
12:00	63,8	54,9	68,0	56,7
12:30	64,1	53,5	67,5	55,7
13:00	61,7	49,7	68,5	57,8
13:30	61,2	49,1	67,0	54,3
14:00	61,0	46,8	66,0	56,0
14:30	64,4	52,9	64,2	52,5
15:00	63,0	52,4	60,6	47,8
15:30	66,0	57,4	72,2	66,1
16:00	69,0	60,0	70,1	62,2
16:30	--	--	66,0	58,2
17:00	--	--	69,5	64,3
Média	62,7%	51,5%	66,8%	56,4%

to \bar{e} , maior radiação chega a superfície do solo sem ser aproveitada.

Quando estes parâmetros são calculados sem levar em consideração a radiação que chega nos "sunflecks", existe uma tendência dos valores aumentarem nas horas de maior irradiação e os valores médios assim obtidos são superiores, sendo que no tratamento testemunha a diferença é bem mais acentuada que no quincôncio, como se observa na Tabela 18.

A partir disto podemos concluir que é de grande importância levar-se em consideração a radiação nos "sunflecks" para o cálculo radiação retida pela cultura e que, sua influência é maior em culturas com espaçamentos largos.

Na Tabela 19 e Figuras 5 e 6 encontram-se os valores do albedo para radiação solar global e para radiação infravermelho próximo, nos dois tratamentos.

Nas duas parcelas e tanto para a região do visível como para a região acima de $0,7 \mu\text{m}$, os valores mais altos do albedo foram observados na parte da manhã e da tarde e os menores valores ao meio dia.

Este comportamento do albedo é igual ao descrito para outras culturas e por vários autores.

A variação diária do albedo pode ser explicada pelas modificações do ângulo zenital durante o dia e pela variação na composição espectral da radiação solar incidente.

Nos dois tratamentos os valores mais elevados foram observados no final da tarde. O menor valor ocorreu às 13:00

TABELA 19 - Valores de albedo (%) de 30 em 30 minutos para milho (*Zea mays* L.) variedade Centralmex, utilizando-se piranômetro espectral Eppley sem filtro e com filtro RG - 8

Hora	Tratamento			
	Testemunha		Quinçôncio	
	Com filtro	Sem filtro	Com filtro	Sem filtro
8:30	21,0	37,4	22,3	40,5
9:00	20,4	36,5	22,1	37,4
9:30	18,7	34,1	20,9	36,5
10:00	18,4	33,0	20,3	35,3
10:30	17,5	31,2	19,7	34,1
11:00	17,5	30,4	18,9	33,1
11:30	16,6	29,4	18,8	32,3
12:00	16,7	30,7	18,0	32,1
12:30	16,8	29,6	17,8	31,8
13:00	16,6	29,5	18,5	32,9
13:30	16,6	30,1	20,5	34,4
14:00	17,2	31,4	20,2	35,3
14:30	18,7	33,0	20,6	36,4
15:00	19,2	34,7	21,5	37,2
15:30	20,2	36,7	22,2	32,4
16:00	22,5	39,8	24,8	38,1
16:30	--	--	25,5	--
17:00	--	--	27,8	--
Média	18,4	33,0	21,1	37,1

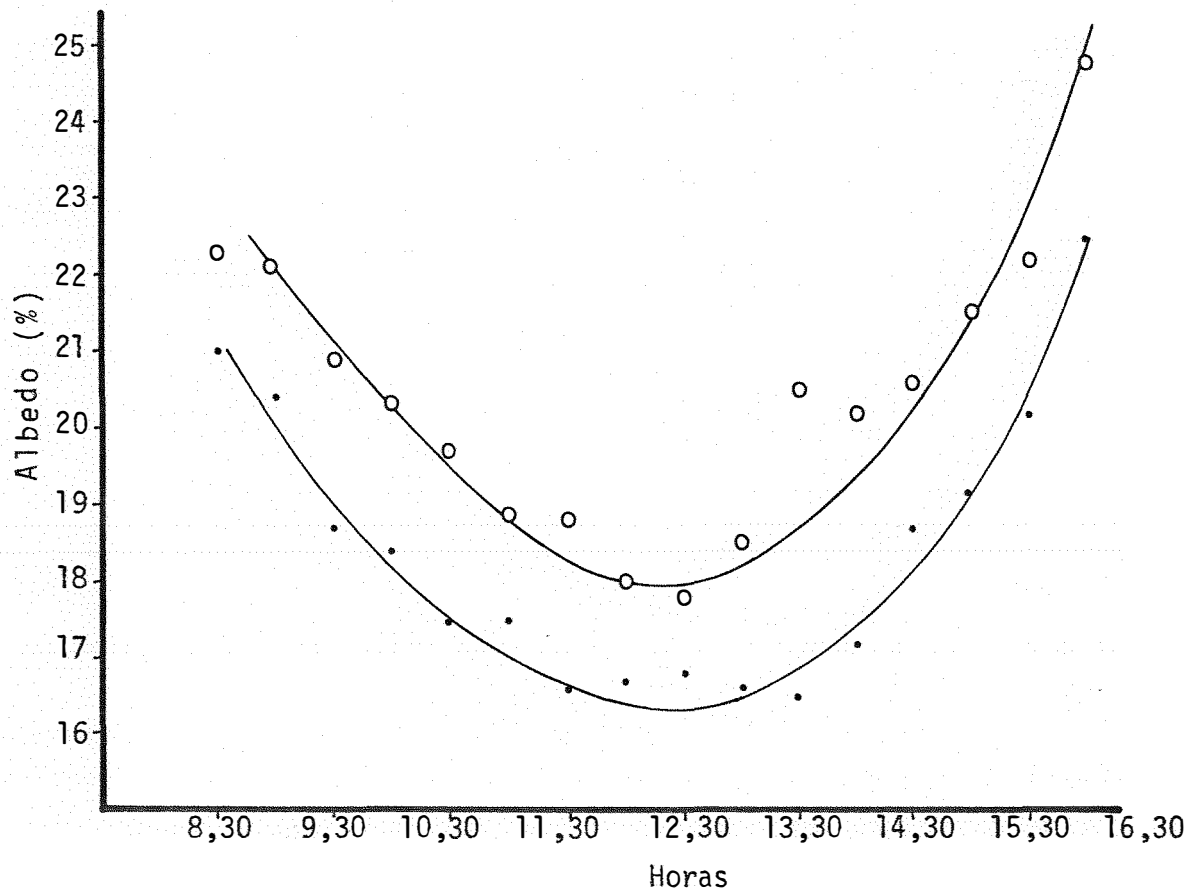


Fig. 5 - Variação do Albedo sobre uma cultura de milho (*Zea mays* L.) variedade Centralmex, utilizando piranômetro Eppley sem filtro

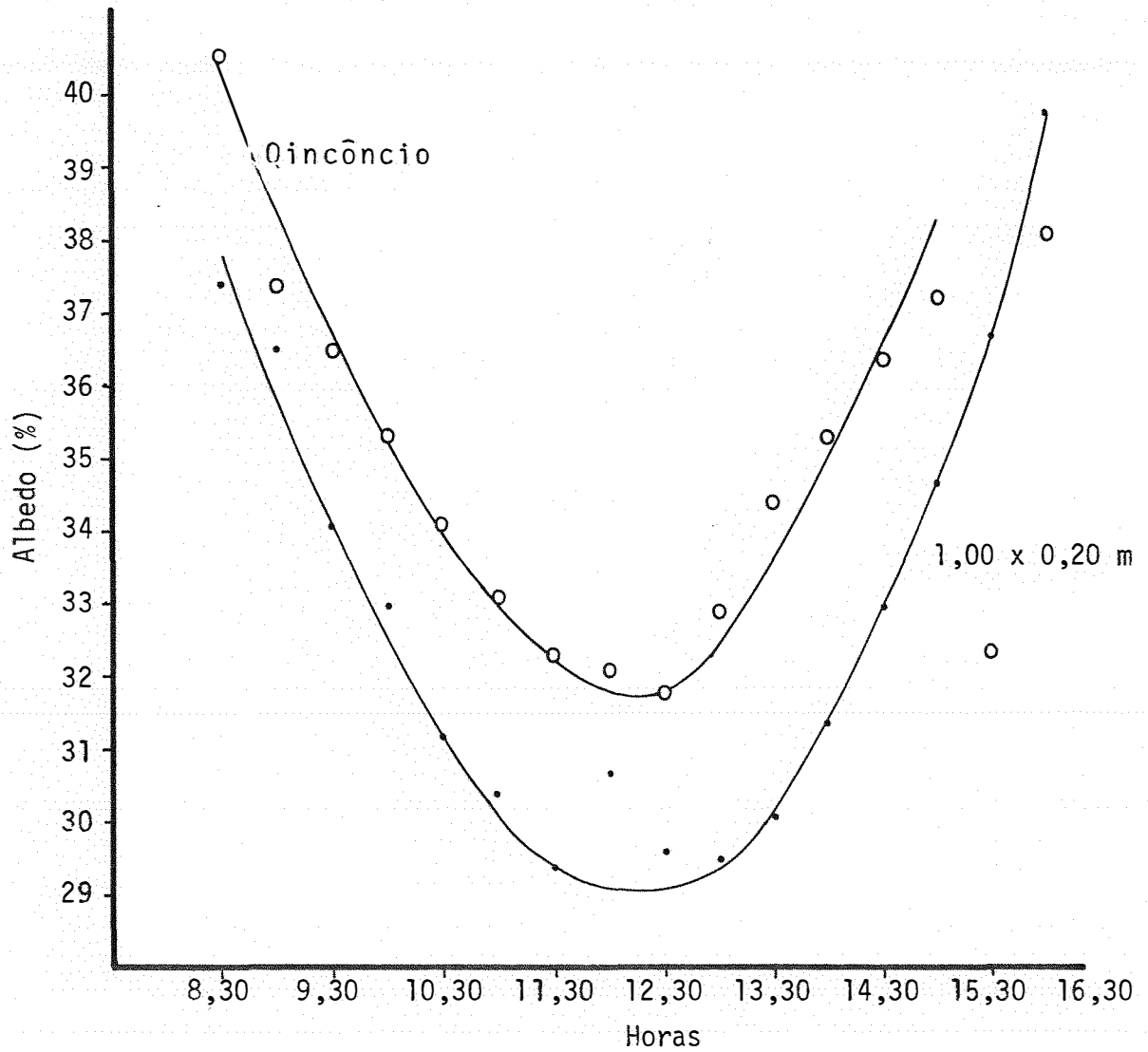


Fig. 6 - Variação do Albedo sobre uma cultura de milho (*Zea mays* L.) variedade Centralmex, utilizando-se piranômetro Eppley com filtro RG-8.

horas no testemunho e às 12:30 horas no tratamento quincôncio.

O albedo médio da radiação solar global para a parcela em quincôncio foi 21,1% e para a testemunha 18,4%. Para a região do infravermelho próximo os valores foram 37,0% e 33,1%. O albedo do infravermelho próximo foi 43% mais elevado que o albedo da região do visível para o tratamento testemunha e 56% para o quincôncio.

O albedo do quincôncio foi 13% superior ao albedo da testemunha para radiação solar global e 11% para a radiação a cima de 0,7 μm .

Valores superiores de albedo para milho plantado em quincôncio também foi observado por DOMENACK (1980). Este fato poderia levar a uma dedução errônea de uma melhor eficiência das plantas no tratamento testemunha para reter radiação solar, mas a explicação parece-nos ser que na parcela testemunha existe a participação do solo no valor do albedo.

A variabilidade do albedo em plantas de uma mesma variedade segundo BUDYKO (1974), está associada com mudanças na refletividade da superfície rugosa para diferentes ângulos de incidência dos raios solares.

Com relação a altura média das plantas de milho, observa-se na Tabela 20 que o testemunha apresentou, de uma maneira geral, uma menor altura das plantas. Isto talvez possa ser explicado pelo fato de que o autosombreamento foi menor nesse tratamento. Um maior autosombreamento no tratamento quincôncio teria provocado estiolamento. Este fato foi tam-

TABELA 20 - Altura média das plantas (cm) para períodos de sete dias, em uma cultura de milho (*Zea mays* L.), variedade Centralmex

DATA	Dias após a emergência	Tratamento	
		Testemunha	Quincôncio
16/10/79	8	16,2	14,7
23/10/79	15	21,2	18,6
30/10/79	22	40,4	45,0
06/11/79	29	60,8	66,8
13/11/79	36	104,4	105,0
20/11/79	43	140,0	142,4
27/11/79	50	181,2	193,8
04/12/79	57	203,8	231,2
11/12/79	64	249,4	249,4
18/12/79	71	285,8	286,2

bem observado por EDDOWES (1969), salientando que em condições de pouca luminosidade o nível de giberelina é maior, promovendo um alongamento celular. Observa-se também, que até 15 dias após a emergência o tratamento testemunha apresentou valores superiores. A razão deste fato talvez seja a não ocorrência de sombreamento até esse dia, isto porque o desenvolvimento das plantas ainda não era suficiente para influenciarem-se.

Sendo a folha o principal órgão fotossintético da planta, a determinação da área foliar é considerada um dos parâmetros de maior importância.

Na Tabela 21 são apresentadas a área foliar média das plantas de milho dos dois tratamentos. A maior área foliar e conseqüentemente a maior superfície fotossintetizante ocorreu no tratamento testemunha. Justifica-se este resultado com base no fato de que o autosombreamento no tratamento quincônio teria prejudicado o desenvolvimento das folhas inferiores. Nos dois tratamentos nota-se duas fases distintas quanto a área foliar total. Uma primeira fase crescente que vai até os 57 dias após a emergência e que corresponde aquele período em que a planta está armazenando fotossintatos. A segunda fase, ou seja, a de decréscimo de área foliar, é acompanhada por um aumento mais rápido do peso de espigas e panícula (Tabelas 23 e 24).

Pela análise da Tabela 22 e Figura 7 observa-se que o índice de área foliar é superior no tratamento quincônio, embora as diferenças não sejam muito acentuadas, implicando me

TABELA 21 - Área foliar média por planta (dm^2), para períodos de sete dias, em uma cultura de milho (*Zea mays* L.), variedade Centralmex

Data	Dias após a emergência	Tratamento	
		Testemunha	Quincôncio
16/10/79	8	1,08	0,99
23/10/79	15	4,53	3,96
30/10/79	22	15,11	14,64
06/11/79	29	32,79	28,71
13/11/79	36	59,83	56,74
20/11/79	43	85,89	74,36
27/11/79	50	96,15	88,28
04/12/79	57	110,55	105,79
11/12/79	64	99,44	95,70
18/12/79	71	94,13	93,44

TABELA 22 - Índice de área foliar ($\text{dm}^2 \cdot \text{dm}^{-2}$), para períodos de sete dias, em uma cultura de milho (*Zea mays* L.), variedade Centralmex

Data	Dias após a emergência	Tratamento	
		Testemunha	Quincôncio
16/10/79	8	0,05	0,06
23/10/79	15	0,23	0,22
30/10/79	22	0,75	0,81
06/11/79	29	1,64	1,60
13/11/79	36	2,95	3,15
20/11/79	43	4,29	4,13
27/11/79	50	4,81	4,90
04/12/79	57	5,53	5,88
11/12/79	64	4,97	5,32
18/12/79	71	4,71	5,19

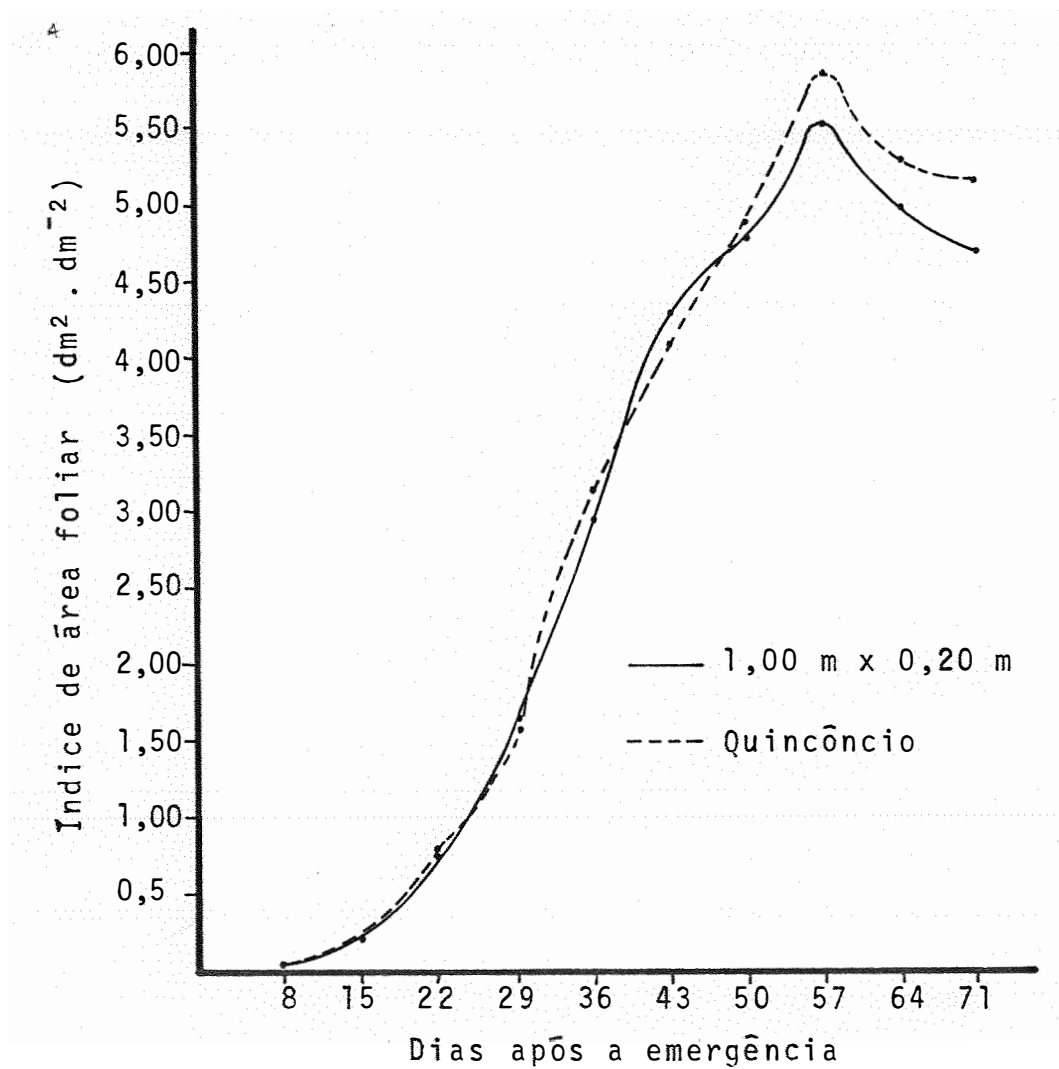


Fig. 7 - Variação do índice de área foliar das plantas de milho (*Zea mays* L.), variedade Centralmex, durante o ciclo vegetativo

lhor cobertura do solo pelas folhas neste tratamento. As observações de "sunflecks" confirmam este resultado.

A melhor cobertura do solo pelas plantas no plantio em quincôncio deve-se talvez a uma melhor disposição das plantas, umas em relação as outras.

Com relação a matéria seca acumulada nas diferentes partes da planta, verifica-se pela análise das Tabelas 23 e 24 que até 22 dias após a emergência o testemunha foi superior. A partir desta amostragem o comportamento do quincôncio foi melhor, excessão feita a matéria seca acumulada nas espigas nas duas últimas amostragens.

Uma vez que a produtividade de uma cultura é função da produtividade média das plantas e do número de plantas cultivadas, tornou-se necessário avaliar a produção de matéria seca por área de solo cultivado. Estes resultados são apresentados na Tabela 25 e Figura 8 e através de sua análise verifica-se que em termos de produtividade (produção por área), o tratamento quincôncio é bastante superior ao testemunha.

Pela análise da Tabela 26 constatamos que a produção de matéria seca, por metro quadrado, por dia, ou também denominada de taxa de crescimento do cultivo, também é superior no tratamento quincôncio (excessão feita para a 2.^a amostragem).

A taxa máxima foi de $20,7 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{dia}^{-1}$ para uma intensidade média de radiação de $396 \text{ cal} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{dia}^{-1}$, portanto somente 34,8% do valor máximo estimado por WILLIAMS em 1965,

TABELA 23 - Peso médio de matéria seca acumulada por planta (g), para períodos de sete dias, em uma cultura de milho (*Zea mays* L.) variedade Centralmex.
Tratamento: Testemunha

Data	Dias após a emergência	Matéria Seca Acumulada (g)				Total
		Colmo + Bainha	Lâmina	Espiga	Panícula	
16/10/79	8	0,04	0,20	--	--	0,24
23/10/79	15	0,42	1,32	--	--	1,74
30/10/79	22	1,36	4,50	--	--	5,86
06/11/79	29	3,83	10,60	--	--	14,43
13/11/79	36	11,65	21,98	--	--	33,63
20/11/79	43	29,66	34,02	0,02	0,03	63,73
27/11/79	50	50,66	41,47	0,04	0,76	92,93
04/12/79	57	106,68	47,20	3,56	6,18	163,62
11/12/79	64	108,56	52,92	12,30	11,74	185,62
18/12/79	71	183,46	61,64	28,98	6,82	280,90

TABELA 24 - Peso médio de matéria seca acumulada por planta (g), para períodos de sete dias, em uma cultura de milho (*Zea mays* L.), variedade Centralmex.
Tratamento: Quincôncio

Data	Dias após a emergência	Matéria seca acumulada (g)				Total
		Colmo + Bainha	Lâmina	Espiga	Panícula	
16/10/79	8	0,04	0,24	--	--	0,28
23/10/79	15	0,24	1,08	--	--	1,32
30/10/79	22	0,96	4,60	--	--	5,56
06/11/79	29	6,46	14,20	--	--	20,66
13/11/79	36	12,38	19,88	--	--	32,26
20/11/79	43	37,22	41,20	0,05	--	78,47
27/11/79	50	63,41	49,64	0,18	1,92	115,15
04/12/79	57	99,22	64,90	3,58	7,52	175,22
11/12/79	64	150,04	66,21	8,00	12,24	236,49
18/12/79	71	161,00	67,52	24,94	8,30	261,76

TABELA 25 - Matéria seca acumulada em grama por metro quadrado de área cultivada com milho (*Zea mays* L.) variedade Centralmex, para períodos de sete dias

DATA	Dias após a emergência	Tratamento	
		Testemunha	Quincôncio
16/10/79	8	1,20	1,57
23/10/79	15	8,70	7,39
30/10/79	22	29,30	31,14
06/11/79	29	72,15	115,70
13/11/79	36	168,15	180,66
20/11/79	43	318,65	439,43
27/11/79	50	464,65	644,84
04/12/79	57	818,10	981,23
11/12/79	64	927,60	1.324,34
18/12/79	71	1.404,50	1.465,86

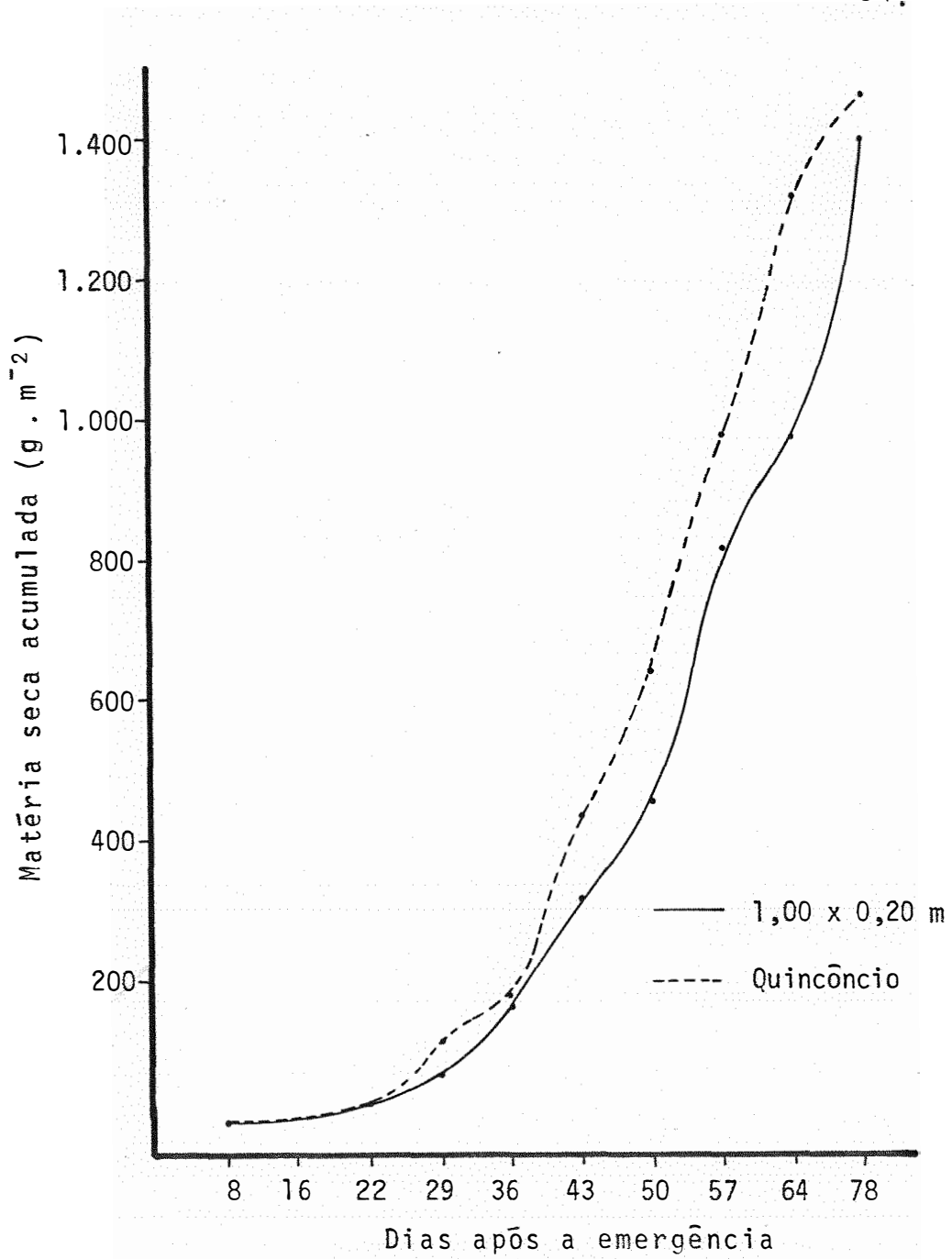


Fig. 8 - Variação de matéria seca em grama por m² das plantas de milho (*Zea mays* L.) var. Centralmex durante o ciclo vegetativo

TABELA 26 - Taxa de produção de matéria seca acumulada em grama por metro quadrado por dia, para cultura de milho (*Zea mays* L.), variedade Central-mex

DATA	Dias após a emergência	Tratamento	
		Testemunha	Quincôncio
16/10/79	8	0,15	0,20
23/10/79	15	0,58	0,49
30/10/79	22	1,33	1,42
06/11/79	29	2,49	3,99
13/11/79	36	4,67	5,02
20/11/79	43	7,41	10,22
27/11/79	50	9,29	12,90
04/12/79	57	14,35	17,21
11/12/79	64	14,49	20,69
18/12/79	71	19,78	20,65

TABELA 27 - Distribuição de matéria seca acumulada, em porcentagem, nos diferentes órgãos da planta de milho. Tratamento: Testemunha

Total	Dias após a emergência	Matéria seca acumulada (%)				Total
		Colmo + Bainha	Lâmina	Espiga	Panícula	
16/10/79	8	16,67	83,33	0,00	0,00	100%
23/10/79	15	24,14	75,86	0,00	0,00	100%
30/10/79	22	23,21	76,79	0,00	0,00	100%
06/11/79	29	26,54	73,46	0,00	0,00	100%
13/11/79	36	34,64	65,36	0,00	0,00	100%
20/11/79	43	46,53	53,38	0,03	0,05	100%
27/11/79	50	44,62	54,52	0,04	0,82	100%
04/12/79	57	65,20	28,85	2,18	3,78	100%
11/12/79	64	58,52	28,52	6,63	6,32	100%
18/12/79	71	65,31	21,94	10,32	2,43	100%

TABELA 28 - Distribuição de matéria seca acumulada, em porcentagem, nos diferentes órgãos da planta de milho. Tratamento: Quincôncio

DATA	Dias após a emergência	Matéria seca acumulada (%)				Total
		Colmo + Bainha	Lâmina	Espiga	Panícula	
16/10/79	8	14,29	85,71	0,00	0,00	100%
23/10/79	15	18,18	81,82	0,00	0,00	100%
30/10/79	22	17,27	82,73	0,00	0,00	100%
06/11/79	29	31,27	68,73	0,00	0,00	100%
13/11/79	36	38,38	61,62	0,00	0,00	100%
20/11/79	43	47,43	52,50	0,07	0,00	100%
27/11/79	50	55,06	43,11	0,16	1,67	100%
04/12/79	57	56,63	37,04	2,04	4,29	100%
11/12/79	64	63,44	28,00	3,38	5,18	100%
18/12/79	71	61,51	25,79	9,53	3,17	100%

como sendo 15 μg por caloria e também bastante inferior ao valor por ele encontrado. Estes resultados nos mostram que com o plantio em quincôncio, estamos explorando melhor a capacidade das plantas de milho em capturar energia solar.

Este valor, diferente daquele encontrado por WILLIAMS, deve-se provavelmente a diversos fatores: variedades diferentes, área foliar, número de plantas por metro quadrado, ou características físicas das plantas.

A eficiência das plantas em translocar fotossintatos foi avaliada através da distribuição porcentual de matéria seca, nos diferentes órgãos das plantas, ao longo do período de observação e os resultados encontram-se nas Tabelas 27 e 28.

Pode-se observar que o testemunha mostrou-se mais eficiente em relação ao transporte de material para a espiga. Este fato foi também constatado por DOMENACK (1980).

A superioridade do tratamento quincôncio em relação ao 1,00 x 0,20 m, em termos de produtividade parece ser evidente após a análise dos dados de crescimento apresentados.

7 - CONCLUSÕES

Dos resultados obtidos podemos anotar como principais conclusões que:

- Os albedos da radiação solar global para os tratamentos quincônio e 1,00 m x 0,20 m foram 21,1% e 18,4% respectivamente;
- O albedo no quincônio foi 13% superior ao albedo do testemunha para radiação solar global e 11% para a radiação acima de 0,7 μm ;
- O albedo do infravermelho próximo foi 43% mais elevado que o albedo da região do visível para o tratamento testemunha e 56% para o quincônio;
- Nas duas parcelas os menores valores de albedo da radiação solar global corresponderam às horas próximas ao meio dia, sendo os valores máximos observados de manhã e à tarde;

- Os valores de "sunflecks" observados, na parcela testemunha, foram superiores aos do plantio em quincôncio;
- Os valores máximos de "sunflecks" ocorrem ao meio dia, sendo 56% e 28% no testemunha e no quincôncio, respectivamente.
- As porcentagens médias de radiação solar global e fotossinteticamente ativa retidas pela cultura foram 56% e 47% para o tratamento quincôncio e 42% e 32% na testemunha;
- A influência da radiação que chega nos "sunflecks" para o cálculo da radiação retida pela cobertura vegetal, é maior no plantio 1,00 m x 0,20 m;
- A taxa máxima de crescimento do cultivo foi de $20,7 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{dia}^{-1}$, obtida no tratamento quincôncio;
- O plantio em quincôncio permite uma melhor cobertura do solo e um melhor aproveitamento da energia solar, quando comparado com o plantio tradicional;
- A introdução da radiação que chega nos "sunflecks" melhorou sensivelmente o modelo.

8 - SUMMARY

The objectives of this work were to study short - wave (0,3 - 3,0 μm), photosynthetically active (0,3 - 0,7 μm) radiation fluxes, and the influence of sunflecks incoming radiation on the estimatives of radiation flux retained by a corn (*Zea mays* L., var. Centralmex) crop.

Two treatments were used: one in which corn was planted with rows one meter apart at a linear density of 1 plant / 20 cm, and other in which planting was in a 45 cm - quincunce.

Radiation fluxes determinations above crop were made with four Eppley pyranometers, two with RG-8 filter and two with WG-7 transparent dome. On the other hand, at the soil level, radiation flux was measured with two sets of pyranometers designed by JARAMILLO e SANTOS (1979), one of them adapted with 88 A - Kodak Wratten filters. Sunflecks percentages were also determined by using an appropriate method.

The following main conclusions can be cited:

- Global solar radiation reflection coefficient was 21,1% for quincunce and 18,4% for row treatment, that is, 13% higher for quincunce;
- Reflection coefficient of radiation with wavelenght greater than 0,7 μm was 11% higher in quincunce;
- Near infra-red radiation reflection coefficients were 43% and 56% higher than those of the visible radiation, for row and quincunce treatments, respectively;
- In both treatments, minimum values of global solar radiation reflection coefficients occurred around midday and the maximum values during morning and afternoon;
- Sunfleck values observed in row treatment were higher than those observed in quincunce;
- Sunfleck maximum values occurred at midday being 56% in the row treatment and 28% in the quincunce;
- Mean percentages of global and photosynthetically active (retained by the crop) radiation were 56% and 47% for the quincunce treatment, and 42% and 32% for row;
- The influence of sunflecks incoming radiation on the estimates of radiation retained by the plant cover was greater in the row treatment;
- The maximum crop growing rate, obtained in quincunce treatment, was $20,7 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{day}^{-1}$;

- The quincunce planting permitted a better utilization of solar energy and showed higher soil cover;
- Introduction of sunflecks incoming radiation fluxes improved materially the model.

9 - LITERATURA CITADA

- ANDERSON, M. C., 1966. Stand structure and light penetration. II. A theoretical analysis. Journal of Applied Ecology, Oxford, 3: 41-54.
- ANDERSON, M. C., 1970. Interpreting the fraction of solar radiation available in forest. Agricultural Meteorology, Amsterdam, 7: 19-28.
- AUBERTIN, G. M. e D. B. PETERS, 1970. Net radiation determinations in a corn field. Agronomy Journal, Madison, 53: 269-272.
- BUDYKO, M. I., 1974. Climate and life. New York, Academy Press, 507 p.
- BUTTERY, B. R., 1970. Effects of variation in leaf area index of mayze and soybeans. Crop Science, Madison, 10: 9-13.

- DOMENACK, C. M. R., 1980. Balanço de radiação solar de ondas curtas em três densidades de plantio de milho (*Zea mays* L. var. Cargil 501). Piracicaba, ESALQ/USP, 80 p. (Dissertação de mestrado).
- DUNCAN, W. G., 1967. Corn yield to meet the challenge. In: Maximum Crop Yields; The Challenge, Madison, American Society of Agronomy, p. 51-56.
- DUNCAN, W. G., 1971. Leaf angles, leaf area and canopy photosynthesis. Crop Science, Madison, 11: 482-485.
- DUNGAN, G. H. , A. L. LANG e J. W. PENDLETON, 1958. Corn plant population in relation to soil productivity. Advances in Agronomy, Palo Alto, 10: 435-473.
- EDDOWES, M., 1969. Physiological studies of competition in *Zea mays* L. II - Effect of competition maize plants . Journal of Agricultural Science, Cambridge, 72: 195-202.
- FRANCIS, C. A. , J. N. RUTGER e A. F. E. PALMER, 1969. A rapid method for plant leaf area estimation in maize (*Zea mays* L.). Crop Science, Madison, 9: 537-539.
- GAUSMAN, H. W. ; W. A. ALLEN , R. CARDENAS e A. J. RICHARDSON, 1973. Reflectance discriminations of cotton and corn and for growth stages. Agronomy Journal, Madison, 65: 194-198.
- HESKETH, J. D. e R. B. MUSGRAVE, 1962. Photosynthesis under field conditions. IV. Light studies with individual corn leaves. Crop Science, Madison, 2: 311-315.

- HOYT, P. e R. BRADFIELD, 1962. Effect of varying leaf area by partial defoliation and plant density on dry matter production in corn. Agronomy Journal, Madison, 54: 523-525.
- JARAMILLO, R. A., 1979. Balanço de radiação solar em *Coffea arabica* L. variedades Catuaí e Bourbon Amarelo. Piracicaba, ESALQ/USP, 68 p. (Dissertação de mestrado).
- JARAMILLO, R. A. e J. M. SANTOS, 1979. Estudo preliminar de um piranômetro para medida do fluxo de radiação solar global. In: I Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, Mossoró, RN. (A ser publicado).
- KUMAR, D., 1978. Investigation into some physiological aspects of high density plantings of coffee (*Coffea arabica* L.). Kenya Coffee, Nairobi, 43(510): 263-272.
- LANDSBERG, J., J. JARVIS e M. B. SLAYTER, 1973. The radiation regime of a spruce forest. In: SLAYTER, R. O., ed. Plant Response to Climate Factors. Paris, UNESCO, p. 411-418.
- LEMEUR, R. e N. J. ROSENBERG, 1975. Reflectant induce modification of soybean canopy radiation balance. II. A quantitative and qualitative analysis of radiation reflected from a green soybean canopy. Agronomy Journal, Madison, 67: 301-306.
- LINVILL, D. E. e R. F. DALE, 1975. Population density and sampling location effects on net radiation measurement over corn. Agronomy Journal, Madison, 67: 463-468.

- LOOMIS, R. S. ; W. A. WILLIAMS e W. G. DUNCAN, 1967. Community architecture and the productivity of terrestrial plant communities. In: SAN PIETRO, A. *et alii*, ed. Harvesting the Sun. New York, Academy Press, p. 291-308.
- LOOMIS, R. S. e W. A. WILLIAMS, 1969. Productivity and the morphology of crop stands; patterns with leaves. In: EASTIN, J. D. *et alii*, ed. Physiological Aspects of Crop Yield. Madison, American Society of Agronomy, p. 24-47.
- LUTZ, J. A. , H. M. CAMPER e G. D. JONES, 1971. Row spacings and population effects on corn yields. Agronomy Journal, Madison, 63(1): 12-14.
- MONTEITH, J. L., 1959. The reflection of short-wave radiation by vegetation. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, London, 85: 386-392.
- NICHIPOROVITCH, A. A., 1967. Aims of research of the photosynthesis of plants as a factor in productivity. In: NICHIPOROVITCH, A. A. ed. Photosynthesis of Productive Systems. Jerusalem, Israel Program for Scientific Translation. p. 3-36.
- PATERNIANI, E., 1971. Melhoramento do milho Centralmex. Relatório Científico do Instituto de Genética, Piracicaba, (5): 136-137.
- PENDLETON, J. W. , G. E. SMITH , S. R. WINTER e T. J. JOHNSTON, 1968. Field investigation of the relationship of leaf angle in corn (*Zea mays* L.) to grain yield and apparent photosynthesis. Agronomy Journal, Madison, 60: 422-424.

- PENDLETON, J. W. e J. J. HAMMOND, 1969. Relative photosynthetic potencial for grain yield of various leaf canopy levels of corn. Agronomy Journal, Madison, 61: 911-913.
- PRINE, G. M e V. N. SCHRODER, 1964. Above-soil environment limits yields of semiprolific corn as plant population increases. Crop Science, Madison, 4: 361-362.
- REICHARDT, K. e P. L. LIBARDI, 1974. An analysis of soil water movement in the fields. I. Hidrological field site characterization. Boletim Científico CENA, Piracicaba, nº 21, 121 p.
- REICHARDT, K. , F. GROMMANN , P. L. LIBARDI e S. V. QUEIROZ, 1976. Spatial variability of physical properties of a tropical soil. I. Geometric properties. Boletim Técnico CENA, Piracicaba, nº 4. 27 p.
- SAEKI, T., 1963. Light relations in plant communities. In: EVANS, L. T., ed. Environmental Control of Plant Growth New York, Academy Press, p. 79-84.
- SAKAMOTO, C. M. e R. S. SHAW, 1967. Light distribution in field soybeans canopies. Agronomy Journal, Madison , 59(1): 7-9.
- SANTOS, J. M. dos, 1957. Contribuição aos estudos para determinação do albedo. Piracicaba, ESALQ/USP, 42 p. (Tese de doutorado).
- SANTOS, J. M. dos, 1978. Estudo de balanço de radiação solar em áreas cultivadas com milho (*Zea mays* L.) var. Piranão. Piracicaba, ESALQ/USP, 114 p. (Tese de Livre Docência).

- STANHILL, G. , J. HOFSTEDE e J. D. KALMA, 1966. Radiation balance of natural and agricultural vegetation. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, London, 92: 128-140.
- STANHILL, G. , M. FUCHS e J. S. OGUNTOYINBO, 1971. The accuracy of field measurements of solar reflectivity. Archiv fur Meteorologie und Bioklimatologie, Wien, 19: 113-132.
- STICKLER, F. C., 1964. Row width and plant population studies with corn. Agronomy Journal, Madison, 56: 438-441.
- VERHAGEN, A. M. W. ; J. H. WILSON e E. T. BRITTEN, 1963. Plant production in relation to foliage illumination. Annals of Botany, New Series, London, 27(108): 627-640.
- WATSON, D. J., 1958. The dependence of net assimilation rate on leaf-area index. Annals of Botany, New Series, London, 22(85): 37-54.
- WHIGHAM, D. K. e D. G. WOOLLEY, 1974. Effect of leaf orientation, leaf area, and plant densities on corn production. Agronomy Journal, Madison, 66: 482-486.
- WILLIAMS, W. A. ; R. S. LOOMIS e C. R. LEPLEY, 1965. Vegetative growth of corn as affected by population density. I. Productivity in relation to interception of solar radiation. Crop Science, Madison, 5(3): 211-215.
- WINTER, S. R. e A. J. OHLROGGE, 1973. Leaf angle, leaf area and corn (*Zea mays* L.) yield. Agronomy Journal, Madison, 65: 395-397.
- YAO, A. Y. M. e R. H. SHAW, 1964. Effect of plant population and planting pattern of corn on the distribution of net radiation. Agronomy Journal, Madison, 56: 165-169.