BALANÇO DE RADIAÇÃO SOLAR DE ONDAS CURTAS EM MILHO (*Zea mays*, L.), CULTIVAR CARGILL 111

NORBERTO VILAS BÔAS DA SILVA

Orientadora: Dra. MARGARIDA MARIA P. BENINCASA

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

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Junho - 1984

À DEUS

Aos meus pais Omir e Ana

À minha esposa Ana Maria

À minha filha Ana Martha

Aos meus irmãos: Boanerges, Clara, Avelino e Tereza

Aos meus sogros Itamar e Maria de Lourdes

D E D I C O

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

Meus mais profundos agradecimentos às seguintes pessoas e entidades:

À Dra. Margarida Maria Pereira Benincasa, pela orientação, críticas e sugestões durante a realização deste trabalho;

Ao Dr. Jesus Marden dos Santos, pela orientação, críticas e sugestões durante a realização deste trabalho;

Aos Professores do Departamento de Física e Agrometeorologia da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo, pelos seus ensinamentos;

Aos Colegas e Amigos Carlos Miguel Romero Domenack , Álvaro Jaramillo Robledo e Marta Elena Conzales Mendez, pela ajuda prestada na execução deste trabalho;

Aos Colegas do Curso, pela amizade e apoio durante o mesmo;

À Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo, pela oportunidade oferecida em realizar o curso.

À Escola Superior de Agricultura e Ciências de Machado, pela oportunidade oferecida para a minha capacitação;

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, pela bolsa concedida;

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, pela cessão dos equipamentos utilizados nesta pesquisa.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior-CAPES, pela bolsa concedida.

ÍNDICE

Pág.

RESUMO xi

SUMMARY xv

SIMBOLOGIA UTILIZADA xvii

1 - INTRODUÇÃO 1

2 - REVISÃO DE LITERATURA 3

3 - MATERIAIS 11

3.1 - Campo Experimental 11

3.2 - Solo 11

3.3 - Cultivar Utilizada 12

3.4 - Medidas de Fluxos de Radiação 13

3.4.1 - Acima da cultura 13

3.4.2 - Ao nível do solo 14

3.5 - Medidas de Matéria Seca e Área Foliar 15

4 - MÉTODOS 17

4.1 - Instalação e Condução da Cultura no Campo. 17

4.2 - Método para a Estimativa de "sunflecks" ... 18

4.3 - Método para Determinação do Balanço de Radiação Solar de Onda Curta (0,3 a 3,0 μm) 19

4.4 - Irradiância Fotossintética 20

4.4.1 - Determinação da irradiância fotossintética acima da cultura 22

Pág.

4.4.2 - Determinação da irradiância fotossintética difusa, abaixo da cultura. 24

4.4.3 - Determinação da irradiância fotossintética global (difusa mais direta) 24

4.5 - Comportamento da Cultura 25

4.5.1 - Índice de área foliar (IAF) 26

4.5.2 - Distribuição de matéria seca 27

4.5.3 - Razão de área foliar (RAF) 27

4.5.4 - Produção de grãos 28

5 - RESULTADOS E DISCUSSÃO 29

5.1 - Variação do "sunflecks" 30

5.2 - Balanço de Radiação 34

5.3 - Comportamento da Cultura 58

5.3.1 - Altura da cultura 58

5.3.2 - Índice de área foliar 61

5.3.3 - Matéria seca acumulada 61

5.3.4 - Razão de área foliar 67

5.3.5 - Produção de grãos 68

5.4 - Balanço de Radiação e Comportamento da Cultura 75

6 - CONCLUSÕES 78

7 - LITERATURA CITADA 80

LISTA DE TABELAS

TABELAS Pág.

01 Características físicas do solo 12

02 Porcentagem de "sunflecks" para a cultura do milho (*Zea mays*, L.), cultivar Cargill 111, no tratamento convencional, em 04/01/80 31

03 Porcentagem de "sunflecks" para a cultura do milho (*Zea mays*, L.), cultivar Cargill 111, no tratamento quincôncio, em 04/01/80 32

04 Densidade dos fluxos de radiação global e infra-vermelho próximo incidente e refletida a 1 m acima da cultura e radiação direta ("sunflecks"), difusa e infra-vermelho próximo ao nível do solo, em cal. $cm^{-2}.min^{-1}$, para a cultura do milho (*Zea mays*, L.), cultivar Cargill 111, no tratamento convencional, em 05/01/80 .. 37

05 Densidade dos fluxos de radiação global e infra-vermelho próximo incidente e refletida a 1 m acima da cultura e radiação direta ("sunflecks"), difusa e infra-vermelho próximo ao nível do solo, em cal. $cm^{-2}.min^{-1}$, para a cultura do milho (*Zea mays*, L.), cultivar Cargill 111, no tratamento quincôncio, em 04/01/80 .. 38

06 Balanço dos fluxos de radiação global, infra-vermelho próximo e fotossinteticamente ativa, em cal. $cm^{-2}.min^{-1}$, para a cultura do milho (*Zea mays*, L.), cultivar Cargill 111, no tratamento convencional sem considerar o "sun-flecks", em 05/01/80 39

TABELAS Pág.

07 Balanço dos fluxos de radiação global, infravermelho próximo e fotossinteticamente ativa, em cal. $cm^{-2}.min^{-1}$, para a cultura do milho (*Zea mays*, L.), cultivar Cargill 111, no tratamento quincôncio sem considerar o "sunflecks", em 04/01/80 40

08 Balanço dos fluxos de radiação global, infravermelho próximo e fotossinteticamente ativa, em cal. $cm^{-2}.min^{-1}$, para a cultura do milho (*Zea mays*, L.), cultivar Cargill 111, no tratamento convencional considerando o "sunflecks", em 05/01/80 41

09 Balanço dos fluxos de radiação global, infravermelho próximo e fotossinteticamente ativa, em cal. $cm^{-2}.min^{-1}$, para a cultura do milho (*Zea mays*, L.), cultivar Cargill 111, no tratamento quincôncio considerando o "sunflecks", em 04/01/80 42

10 Variação em cada 30 minutos de $K\downarrow$, $K_8\downarrow$ e $PI\downarrow$ em cal. $cm^{-2}.min^{-1}$, e da razão $K_8\downarrow / K\downarrow$, nos tratamentos convencional e quincôncio 43

11 Variação em cada 30 minutos de $K_d\downarrow$, $K_{d-8}\downarrow$ e $PI\downarrow$ em cal. $cm^{-2}.min^{-1}$, e da razão $K_{d-8}\downarrow / K_d\downarrow$ sem considerar o "sunflecks", nos tratamentos convencional e quincôncio 44

12 Variação em cada 30 minutos de $K_D\downarrow + K_d\downarrow$, $K_{D-8}+K_{d-8}\downarrow$, em cal.$cm^{-2}.min^{-1}$, $PI\downarrow$ e de $K_{D-8}\downarrow + K_{d-8}\downarrow / K_D\downarrow + K_d\downarrow$, considerando o "sunflecks", nos tratamentos convencional e quincôncio 45

TABELAS Pág.

13 Porcentagem de radiação global e fotossinteticamente ativa retida pela cultura de milho (*Zea mays*, L.), cultivar Cargill 111, sem considerar o "sunflecks", nos tratamentos convencional e quincôncio 46

14 Porcentagem de radiação global e fotossinteticamente ativa retida pela cultura de milho (*Zea mays*, L.), cultivar Cargill 111, considerando o "sunflecks", nos tratamentos convencional e quincôncio 47

15 Valores do coeficiente de reflexão em porcentagem, de 30 em 30 minutos para a cultura do milho (*Zea mays*, L.), cultivar Cargill 111, utilizando-se o piranômetro espectral Eppley com filtro WG-7 e com filtro RG-8, nos tratamentos convencional e quincôncio 48

16 Porcentagem de radiação transmitida através da folhagem do milho (*Zea mays*, L.), cultivar Cargill 111, nos tratamentos convencional e quincôncio 49

17 Altura média das plantas de milho (*Zea mays*, L.), cultivar Cargill 111, em cm, ao longo do ciclo, nos tratamentos convencional e quincôncio 59

18 Área foliar, em dm^2 (AF) e índice de área foliar (IAF), ao longo do ciclo da cultura de milho (*Zea mays*, L.), cultivar Cargill 111, nos tratamentos convencional e quincôncio 62

TABELA Pág.

19 Matéria seca acumulada na parte aérea, em gramas por metro quadrado de área cultivada, ao longo do ciclo nos diferentes órgãos das plantas de milho (*Zea mays*, L.), cultivar Cargill 111, nos tratamentos convencional e quincôncio 63

20 Matéria seca total acumulada na parte aérea, em gramas por metro quadrado de área cultivada, ao longo do ciclo da cultura do milho (*Zea mays*, L.), cultivar Cargill 111, nos tratamentos convencional e quincôncio 64

21 Distribuição de matéria seca nas diferentes partes das plantas, em porcentagem, ao longo do ciclo da cultura do milho (*Zea mays*, L.), cultivar Cargill 111, no tratamento convencional 72

22 Distribuição de matéria seca nas diferentes partes das plantas, em porcentagem, ao longo do ciclo da cultura do milho (*Zea mays*, L.), cultivar Cargill 111, no tratamento quincôncio 73

23 Produção da parcela, em kg, e estimativa em kg/ha, porcentagem de grãos e ráquis do milho (*Zea mays*, L.), cultivar Cargill 111, nos tratamentos convencional e quincôncio ... 74

LISTA DE FIGURAS

FIGURAS		Pág.
01	Esquema do piranômetro utilizado na medição da radiação difusa a 0,20 m do solo	16
02	Intensidade de radiação (%) x comprimento de onda (μm)	21
03	Distribuição dos piranômetros na cultura para a obtenção dos fluxos de radiação global e infra-vermelho próximo incidentes $K\downarrow$ e $K_8\downarrow$ de radiação refletida pela cultura, $K\uparrow$ e $K_8\uparrow$ e dos fluxos de radiação difusa ao nível do solo, $K_d\downarrow$ e $K_{d-8}\downarrow$	23
04	Porcentagem de "sunflecks" para a cultura do milho (*Zea mays*, L.), cultivar Cargill 111, nos tratamentos convencional e quincôncio, em 04/01/80	33
05	Balanço de irradiância fotossintética na cultura do milho (*Zea mays*, L.), cultivar Cargill 111, para o tratamento convencional sem considerar o "sunflecks", em 05/01/80	50
06	Balanço de irradiância fotossintética na cultura do milho (*Zea mays*, L.), cultivar Cargill 111, para o tratamento quincôncio sem considerar o "sunflecks", em 04/01/80	51
07	Balanço de irradiância fotossintética na cultura do milho (*Zea mays*, L.), cultivar Cargill 111, para os tratamentos convencional e quincôncio sem considerar o "sunflecks"	52

FIGURAS Pág.

08 Balanço de irradiância fotossintética na cultura do milho (*Zea mays*, L.), cultivar Cargill 111, para o tratamento convencional considerando o "sunflecks", em 05/01/80 53

09 Balanço de irradiância fotossintética na cultura do milho (*Zea mays*, L.), cultivar Cargill 111, para o tratamento quincôncio considerando o "sunflecks", em 04/01/80 54

10 Balanço de irradiância fotossintética na cultura do milho (*Zea mays*, L.), cultivar Cargill 111, para os tratamentos convencional e quincôncio considerando o "sunflecks" 55

11 Porcentagem de irradiância fotossintética retida na cultura do milho (*Zea mays*. L.), cultivar Cargill 111, para os tratamentos convencional e quincôncio, sem considerar e considerando o "sunflecks" 56

12 Valores do coeficiente de reflexão em porcentagem, na cultura do milho (*Zea mays*, L.) , cultivar Cargill 111, para os tratamentos convencional e quincôncio, considerando a radiação global e a radiação infra-vermelho próximo 57

13 Altura das plantas de milho (*Zea mays*, L.) , cultivar Cargill 111, para os tratamentos convencional e quincôncio 60

14 Índice da área foliar da cultura de milho (*Zea mays*, L.), cultivar Cargill 111 , para os tratamentos convencional e quincôncio 65

FIGURAS Pág.

15 Matéria seca vegetativa e reprodutiva da cultura de milho (*Zea mays*, L.), cultivar Cargill 111, para os tratamentos convencional e quincôncio 66

16 Correlação entre área foliar (dm^2) e matéria seca total (grama) da cultura do milho (*Zea mays*, L.), cultivar Cargill 111, para os tratamentos convencional e quincôncio 69

17 Correlação entre área foliar (dm^2) e matéria seca de lâminas (grama), nos tratamentos convencional e quincôncio da cultura do milho (*Zea mays*, L.), cultivar Cargill 111 70

18 Matéria seca total (grama) x matéria seca de lâminas (grama) nos tratamentos convencional e quincôncio no milho (*Zea mays*, L.), cultivar Cargill 111 71

SIMBOLOGIA UTILIZADA

$K\downarrow$ Densidade do fluxo de radiação global, de onda curta, no sentido de cima para baixo e que atinge uma superfície plana e horizontal, em $cal.cm^{-2}.min^{-1}$.

$K\uparrow$ Densidade do fluxo de radiação global, de onda curta, no sentido de baixo para cima e que é refletido por uma superfície qualquer, em $cal.cm^{-2}.min^{-1}$.

$K_D\downarrow$ Densidade do fluxo de radiação direta, de onda curta, no sentido de cima para baixo e que atinge uma superfície plana e horizontal, em $cal.cm^{-2}.min^{1-}$.

$K_d\downarrow$ Densidade do fluxo de radiação difusa, de onda curta, no sentido de cima para baixo e que atinge uma superfície plana e horizontal, em $cal.cm^{-2}.min^{-1}$.

$K_D\uparrow$ Densidade do fluxo de radiação direta, de onda curta, no sentido de baixo para cima e que é refletido por uma superfície qualquer, em $cal.cm^{-2}.min^{-1}$.

$K_d\uparrow$ Densidade do fluxo de radiação difusa, de onda curta, no sentido de baixo para cima e que é refletido por uma superfície qualquer, em $cal.cm^{-2}.min^{-1}$.

$K_{D-S}\downarrow$ Densidade do fluxo de radiação direta, de onda curta, no sentido de cima para baixo e que atinge a superfície do solo ("sunflecks"), em $cal.cm^{-2}.min^{-1}$.

K^* Densidade do fluxo do balanço de radiação global de onda curta, acima da cultura, em $cal.cm^{-2}.min^{-1}$.

K_S^* Densidade do fluxo do balanço de radiação global de onda curta, ao nível do solo, em $cal.cm^{-2}.min^{-1}$.

K_r Radiação retida pelo dossel, em $cal.cm^{-2}.min^{-1}$.

$PI\downarrow$ Irradiância fotossintética, de cima para baixo, que atinge a cobertura vegetal, a superfície do solo, em $cal.cm^{-2}.min^{-1}$.

$PI\uparrow$ Irradiância fotossintética, refletida pela cobertura vegetal, em $cal.cm^{-2}.min^{-1}$.

PI^* Balanço de irradiância fotossintética acima da cultura, em $cal.cm^{-2}.min^{-1}$.

PI_S^* Balanço de irradiância fotossintética ao nível do solo, em $cal.cm^{-2}.min^{-1}$.

PI_r Irradiância retida, em $cal.cm^{-2}.min^{-1}$.

α Coeficiente de reflexão.

α_D Coeficiente de reflexão da radiação direta.

α_d Coeficiente de reflexão da radiação difusa.

α_s Coeficiente de reflexão do solo.

η_L Fração fotossintética ativa da radiação solar total, dentro da cultura.

η_o Fração fotossintética ativa da radiação solar total, acima da cultura.

L Índice de área foliar.

Os símbolos $K_8\downarrow$, $K_8\uparrow$, $K_{D-8}\downarrow$, $K_{D-8}\uparrow$, $K_{d-8}\downarrow$, $K_{d-8}\uparrow$, $K_{D-S-8}\downarrow$, K_{r-8}, K_8^*, K_{S-8}^* e α_{s-8},

tem os mesmos significados que as definições já mencionadas com a diferença de que se referem à faixa de radiação com comprimento de onda superiores a 0,7 μm (infra-vermelho próximo).

BALANÇO DE RADIAÇÃO SOLAR DE ONDAS CURTAS EM MILHO (*Zea mays*, L.), CULTIVAR CARGILL 111

NORBERTO VILAS BÔAS DA SILVA

DRª MARGARIDA MARIA P. BENINCASA
Orientadora

RESUMO

Avaliou-se o efeito de dois diferentes modelos de distribuição de plantas sobre o balanço de radiação solar de ondas curtas e suas possíveis relações com o crescimento em uma cultura de milho (*Zea mays*, L.), cultivar Cargill 111.

Adotaram-se dois tratamentos em que se variou a distribuição de plantas: um com a distribuição convencional ... (1,00 m x 0,20 m) e outro em distribuição quincôncial. Realizaram-se leituras de radiação solar de onda curta no período de desenvolvimento máximo vegetativo do milho. As medidas de radiação global foram realizadas a 1,00 m acima da cultura e a radiação difusa a 0,20 m do solo, à sombra. Foram medidas as radiações na faixa de 0,30 a 3,0 μm e acima de 0,7 μm , em dias completamente limpos. O "sunflecks" foi medido ao nível do solo. Foram feitas amostragens periódicas de plantas ao longo do ciclo, em cada tratamento, para determinação de altura, matéria seca da parte aérea e estimativa da área foliar. Determinou-se a irradiância fotossintética absorvida, com e sem "sunflecks", o coeficiente de reflexão e a porcentagem de radiação transmitida na cultura.

No modelo quinconcial ocorreu maior retenção da radiação fotossintéticamente ativa (PAR), independentemente de se considerar ou não o parâmetro "sunflecks", indicando que este modelo permite uma melhor distribuição das folhas e, consequentemente, interceptação mais eficiente de luz. A distribuição em quincôncio conduziu a um auto-sombreamento na cultura a partir dos quarenta e três dias após o plantio, refletindo-se em altura superior das plantas deste tratamento quando comparado ao tratamento com distribuição e espaçamento convencional. O modelo quinconcial de distribuição de plantas apresentou produção de grãos superior ao tratamento convencional em 12,5% sem que, até os cento e três dias após a semeadura, fosse evidenciada essa tendência, com base nos valores de matéria seca produzida e acumulada nos grãos. A superioridade, em termos de produção, pode ser perfeitamente justificada pelo fato da cultura, no modelo quinconcial, apresentar modificação na arquitetura das plantas em termos de distribuição e inclinação das folhas superiores (que conferem a altura da cultura), além de menor espessamento das folhas, o que foi constatado não apenas pelas medidas de crescimento como pelo balanço de radiação na fase de crescimento dos grãos.

SHORT WAVE SOLAR RADIATION BUDGET IN A CORN (*Zea mays*, L.) CROP, CULTIVAR CARGILL 111

AUTHOR: NORBERTO VILLAS BOAS DA SILVA

ADVISER: MARGARIDA MARIA P. BENICASA

SUMMARY

The aim of the present paper was to evaluate the effects of two patterns of plant distribution on the short wave solar radiation budget and their possible relation with corn crop growth.

The patterns adopted were: a standard distribution with 1.00m between rows and 0.20 m between plants in the row; and a quincuncial distribution, maintaining nearly the same plant population.

Short wave solar radiation measurements were taken at maximum crop growth. The global radiation measurements were taken 1.00m above the crop top; the diffuse radiation was taken 0.20m above ground level, under the canopy. The measurements were taken within the bands: 0.3 to 3.0μm and over 0.7μm, under clear sky days. "Sunflecks" were measured at ground level.

The crop growth was followed up by height, dry matter and leaf area weekly measurements.

Determinations were made of photosynthetically active radiation (with and without "sunflecks"), reflection coefficient and transmitted radiation through the canopy.

More effective interceptation of PAR was found to occur in the quincuncial pattern, regardless of "sunflecks" determination, indicating that this pattern provided the best plant distribution. The quincuncial distribution led to shading of the crop as from the 43rd day after planting, caused by the greater height of the plants in this treatment as compared to those in the conventional treatment. The grain yield in the quincuncial treatment was 12.5% higher than in the conventional treatment, though no evidence of this was shown in a period of 103 days after sowing, as based on the values for dry matter produced and accumulated in the grains. The higher grain yield can be fully explained by the fact that the crop in the quincuncial treatment presented modifications in the plant architecture as to distribution and angle of the upper leaves (which accounts for the plant height), in addition to a smaller thickening of the leaves, evidenced by growth measurements and by the radiation balance during the grain growth stage.

1 - INTRODUÇÃO

A quantidade de radiação solar que penetra em uma cobertura vegetal e atinge a superfície do solo é um fator bastante importante por afetar o microambiente do sistema solo-cultura. A maior parte dos modelos de penetração tem assumido que a folhagem é aleatoriamente distribuída, seja vertical ou horizontal ou nos dois sentidos. Nenhum desses modelos é realista para a maior parte das culturas em linha, exceto talvez, após completa cobertura do solo (MANN *et alii*, 1980).

A produção de grãos, de uma maneira geral, nos cereais corresponde à produção de peso seco após a antese, desde que a capacidade de armazenamento dos grãos seja adequada para aceitar o material disponível. Produção de matéria seca po

de ser vista como a conversão fotossintética líquida da radiação fotossinteticamente ativa (PAR).

A produção é afetada também pela maneira de distribuição da radiação sobre superfícies fotossintéticas dentro da cobertura vegetal e a resposta fotossintética dessas superfícies (MUCHOW *et alii*, 1982).

Estudos de penetração de radiação solar, de retenção da energia pela cobertura vegetal e quantidade de energia que atinge a superfície do solo foram os principais objetivos do presente trabalho, adotando-se, para isso, dois modelos de distribuição de plantas de milho (*Zea mays*, L.) cultivar Cargill 111. O comportamento da cultura em função das condições impostas será avaliado e comparações serão feitas em função das variações observadas no balanço de radiação.

2 - REVISÃO DE LITERATURA

A penetração e distribuição de luz na folhagem são dados essenciais para a compreensão da produtividade fotossintética, sendo objeto de cuidadosos estudos, não só através da elaboração de modelos teóricos, como também da experimentação no campo, com diferentes culturas e métodos de medida.

A aplicabilidade de modelos teóricos tem sido testada por vários autores. SINCLAIR e LEMON (1974) estudaram seis tipos de milho em dois modelos de plantio: um hexagonal e outro convencional. Sob céu limpo, observaram dois fluxos principais de penetração: o primeiro, levemente inferior à radiação total acima da cultura, representando a penetração de "sunflecks" na folhagem e o segundo, muito menor, compreendendo a radiação difusa do céu e difusa pelas folhas. Os dados de penetração de "sunflecks" serviram de base para testar dois modelos físicos

de penetração de luz. O modelo hexagonal de plantio resultou em melhor distribuição de folhas e maior interceptação da radiação. Os autores apresentam uma discussão ampla sobre as limitações dos modelos teóricos testados e sugerem adequações para a sua aplicabilidade.

SZEICZ (1974), como os autores anteriores, examinou a adequação de dois modelos teóricos que se caracterizam por sua simplicidade, para interpretar dados experimentais com diferentes tipos de culturas e verificar se os refinamentos de modelos mais complicados de penetração de luz se justificam. Mediu radiação global e infra-vermelho próximo com tubo solarímetro com e sem filtro, respectivamente, a partir do que obteve a radiação fotossinteticamente ativa em várias alturas. Os modelos teóricos usados diferem em, apenas, uma aproximação matemática: considerando-se as variações em irradiância verticalmente dentro da folhagem, em função da variação do índice de área foliar. Se os extratos foliares forem infinitamente pequenos, define-se uma lei exponencial de declínio; se os extratos são mantidos discretos a uma unidade de espessura de área foliar, define-se então uma expressão diferente. A escolha entre os dois dependeria do tamanho das folhas, comparado à espessura das camadas. Os resultados mostraram que o parâmetro "sunflecks" pode ser considerado constante, uma vez que as variações que ele sofre não são significativas, da mesma forma que o fator transmissividade (coeficiente de extinção). Evidenciou-se também que a variação do "sunflecks" ao

longo do dia é desprezível em culturas de folhagem compacta ; nas de estrutura aberta, só é significativa sob baixa elevação solar (menor que 20º); nas seis horas centrais do dia, pode ser perfeitamente desprezada. Com relação à variação da qualidade, desde que as folhas transmitem preferivelmente na faixa do infra-vermelho próximo, a faixa do PAR é que realmente importa, mostrando o autor que a fração de PAR retida na folhagem (ηL) muda rapidamente. Para as três culturas estudadas, encontrou-se que ηL aproxima-se de 0,5 η_0 quando L = 5 para feijão, L = 3,5 para couve galega e L = 4 para trigo.

Com medidas de radiação líquida acima e dentro da cultura, o efeito de diminuição do espaçamento entre linhas de milho sobre a interceptação de energia luminosa foi mostrado por DENMEAD *et alii* (1962). Os autores informam ser de 15 a 20% maior quando o espaçamento é inferior a 1,00 m. Observaram, ainda, que quando a cultura alcançou o desenvolvimento máximo de área foliar, cerca de 75% da energia radiante disponível foi utilizada no interior da cultura, o restante no solo. Nesta fase de crescimento, o uso de energia na camada superior atingiu 55% da energia disponível, indicando a importância das folhas superiores nos processos que requerem energia, como a transpiração e a fotossíntese.

Melhor utilização de luz por plantas uniformemente espaçadas é sugerida por DUNCAN (1967), o qual estuda o desenvolvimento do milho em duas fases: vegetativa (da emergência à floração masculina) e reprodutiva (desde o final da primei-

ra fase, quando cessa o crescimento do colmo e das folhas até o final do ciclo). A primeira fase corresponde à construção de uma fábrica (raízes, colmos e folhas) que na segunda fase produzirá material para o grão. A produção de grãos dependerá, portanto, da eficiência de produção atual e da mobilização para o grão do material já existente. DUNCAN informa ainda que a interceptação de luz na segunda fase é fator limitante para a produção de grãos. A dificuldade em se definir os métodos adequados para o estudo de balanço de energia em culturas, de forma a se obter dados que permitam avaliar, com a precisão necessária, a utilização da energia radiante pelas plantas nos diferentes processos fisiológicos e sua relação com a produtividade, é o principal desafio para os estudiosos nesta área. Referindo-se especialmente ao milho, DUNCAN (1967) manifesta a sua preocupação sobre o fato de que, apesar dos inúmeros trabalhos com esta planta, há muitos aspectos importantes que nunca foram esclarecidos, os quais, adicionados aos poucos que se conhecem, poderiam fornecer a base necessária para produções de milho que atenderão as necessidades do futuro.

LEMON, STEWART e SHANCROFT (1971) apontam, por exemplo, como um dos problemas mais difíceis a serem resolvidos, o desconhecimento do comportamento estomático sob diferentes tensões de água, afetando a fotossíntese e a evaporação nas folhas de milho.

Um aspecto de difícil interpretação são as flutuações de radiação fotossinteticamente ativa dentro da folhagem,

enfocado por DESJARDINS *et alii* (1973), os quais trabalhando com seis variedades de milho, usaram um simples sensor transversal que proporciona, segundo os autores, um método simples para separar as flutuações de luz no tempo e no espaço, dentro da cultura. Verificaram que a freqüência de flutuações luminosas foram influenciadas pela posição e altura dos sensores luminosos, pelas condições de vento e pela estrutura da folhagem. As flutuações mais rápidas observadas foram de aproximadamente 10 ciclos/segundo, as quais tendem a diminuir sua importância na fotossíntese.

Considerando que há pouca informação sobre a quantidade de radiação líquida usada por diferentes populações de milho LINVILL e DALE (1975) ressaltam alguns trabalhos sobre o assunto e externam uma série de preocupações. Comentam que a necessidade de se fazerem muitas medidas para descrever micro-ambientes é o principal obstáculo, uma vez que a capacidade de coletar dados é limitada e o ambiente contém uma comunidade biológica dinâmica e heterogênea. Em vista disso, mediram radiação líquida, simultaneamente, em duas populações de milho e duas épocas de plantio. Desta forma foi possível fazer-se análise de variância e determinar a existência ou não de diferenças significativas entre as medidas. As diferenças encontradas, dentro de uma mesma população, são bastante semelhantes àquelas obtidas entre duas populações,

5 a 6% e 6 a 8%, respectivamente. Finalmente, concluem que populações de milho na faixa de 42.000 a 64.000 plantas por hectare têm pouco efeito sobre a radiação líquida medida acima da folhagem de milho. Estes resultados foram consistentes com aqueles de produção e uso de água, encontrados entre as populações. Acrescentam entretanto que estes resultados são válidos, pelo menos para a região da produção de milho na parte Leste do cinturão do milho, nos U.S.A.

Estudos de evapotranspiração, desenvolvidos por AUBERTIN e PETERS (1965), apresentam medidas de radiação líquida acima e dentro da cultura de milho, variando a população e o espaçamento. Verificaram que a mesma população, com dis-distribuição mais uniforme de plantas, de tal forma que se mantivesse o mesmo espaçamento para cada planta em todas as direções, aumentou a área de superfície exposta das folhas para a radiação incidente. Este modelo de plantio assemelha-se ao modelo hexagonal apresentado por SINCLAIR e LEMON (1974), resultando também em maior absorção de energia pelas folhas. Os autores advertem que em regiões áridas o aumento de população resultaria em maior transpiração, sendo portanto desfavorável nestas condições, na ausência de irrigação.

Nos estudos sobre balanço de energia, um parâmetro importante é a reflexão de radiação de ondas curtas pela área cultivada. MONTEITH (1959), usando dois solarímetros portá-

teis determinou valores máximos de coeficiente de reflexão entre 0,25 e 0,27 para áreas cultivadas com alfafa, batata, beterraba e trigo, quando as culturas apresentaram o seu desenvolvimento vegetativo máximo. Valores inferiores são obtidos nos estágios iniciais de desenvolvimento das culturas, caracterizados pela pequena área foliar ou em estágios mais adiantados, por auto-sombreamento intenso. Baseado no trabalho de BILLINGS e MORRIS (1951) , MONTEITH justifica a pouca variação do coeficiente de reflexão entre plantas com diferentes tonalidades de verde, pelo fato de que a maior parte da reflexão ocorre na faixa acima de 0,7 μm. Nesta faixa a variação é bem expressiva. O autor sugere que seja utilizado o termo "albedo" para coeficiente de reflexão apenas na faixa de luz visível e que seja mantido o termo "coeficiente de reflexão" para a fração de radiação total de onda curta. Desta forma evitar-se-iam dúvidas encontradas na literatura.

Trabalhando com milho, GRAHAM e KING (1961) encontraram valores inferiores àqueles obtidos por MONTEITH (1959). Quando a cultura apresentou o seu desenvolvimento máximo, com cerca de 80% de cobertura da superfície do solo, o coeficiente de reflexão foi de 0,17 nas horas de maior incidência de radiação. Sob baixas elevações solares, o coeficiente aumentou para 0,20 a 0,25. Os autores observaram ainda que as condições de nebulosidade, não alteraram o coeficiente de reflexão, a não ser sob baixa elevação solar.

A condição de máxima cobertura do solo pela cultura é talvez um dos fatores limitantes para a aplicabilidade de modelos teóricos de balanço de radiação para estimativas de fotossíntese e produtividade de culturas. DE WIT (1959) apresenta uma fórmula para o cálculo de fotossíntese de superfícies cultivadas, baseada nas relações entre fotossíntese de folhas simples e intensidades luminosas apresentadas por outros autores em diferentes plantas de metabolismo C_3.

A relação parcial entre radiação e índices de área foliar (IAF) com produção de milho foi estudada por SCARSBROOK e DOSS (1973). Os autores usaram dois híbridos de milho em três populações: 20.000 , 40.000 e 80.000 plantas por hectare e dois espaçamentos entre ruas, 0,51 m e 1,02 m para cada população. A radiação na faixa de 350 a 450 nm foi medida a 0,60 m , 1,20 m e 1,80 m acima da superfície do solo e o IAF em cada camada de 0,60 m de espessura. A correlação entre IAF e produção de grãos foi mais alta quando se considerou o IAF na camada entre 1,20 m e 1,80 m e foi semelhante à correlação com o IAF total, medido na época de granação. Encontrou-se ajustamento satisfatório dos dados através de uma regressão linear entre produção de grãos e radiação medida a 0 e 0,60 m do solo.

3 - MATERIAIS

3.1 - CAMPO EXPERIMENTAL

O presente trabalho foi realizado no campo experimental do Departamento de Física e Meteorologia da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" da Universidade de São Paulo, em Piracicaba, SP, cujas coordenadas geográficas são:

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

3.2 - SOLO

O solo corresponde ao grande grupo de terra roxa estruturada da série Luiz de Queiroz (RANZANI *et alii*, 1966) e apresenta um perfil homogêneo, bastante permeável, com lençol freático localizado a vários metros de profundidade. O pH mé

dio é de 6,1. O teor de carbono orgânico na camada superfí - cial é 1,5 , diminuindo com a profundidade até um valor de 0,5 a 165 cm. A densidade apresenta-se uniforme, com valor médio de 2,71 g/cm^3. A porosidade total varia de 0,484 a 0,562 cm^3/cm^3 entre as profundidades de 15 e 165 cm, segundo REICHARDT e LIBARDI (1974) e REICHARDT *et alii* (1976) que estudaram ainda as principais características físicas do solo, mostradas na Tabela 1.

TABELA 1 - Características físicas do solo

Profundidade cm	Composição granulométrica % argila	% limo	% areia	Classe textural
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

3.3 - CULTIVAR UTILIZADA

Utilizou-se a cultivar Cargill 111, híbrido duplo, semi-duro, amarelo-laranja dentado, constituindo-se no tipo preferido para o comércio de grãos, no mercado interno e ex - terno. É um híbrido de ciclo normal, apresenta resistência ao

acamamento , porte normal, bom empalhamento das espigas, tolera a acidez do solo e resistente às principais doenças que ocorrem em nossas condições.

3.4 - MEDIDAS DE FLUXOS DE RADIAÇAO

3.4.1 - ACIMA DA CULTURA

Para a medida dos fluxos de radiação global de onda curta e de infra-vermelho próximo, incidentes e refletidos acima da cultura, foram utilizados quatro piranômetros espectrais de fabricação Eppley Laboratory INC., de Newport. O sensor destes instrumentos consiste de uma termopilha de junções múltiplas, protegido por duas hemisferas concêntricas de vidro ótico Schott, polido, podendo a substituição da hemisfera externa ser efetuada facilmente. O piranômetro apresenta compensação elétrica por causa da dependência da sensibilidade em relação à temperatura ambiental e compensação ótica para os desvios de resposta para a lei do coseno.

Os fluxos de K↓ foram medidos com o piranômetro Eppley, com filtro WG-7 , nº de série 13.741, 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 3,55 mv/cal. $cm^{-2} . min^{-1}$. Os filtros permitem a passagem de radiação de onda curta compreendida, aproximadamente, entre 0,3 e 3,0 μm.

Os fluxos de $K_8\downarrow$, foram medidos com o piranômetro Eppley com filtro RG-8 , nº de série 13.561 F_3 , modelo PSP, com resistência interna de 715 ohms à 25°C e compensação para temperaturas entre - 20°C e 40°C. Comparações com os padrões de referência fornecem uma resposta de 9,20 mv/cal . cm^{-2} . min^{-1}. Os filtros RG-8 permitem a passagem de radiação solar de onda curta acima de 0,7 μm.

Os fluxos de $K\uparrow$ foram medidos com o piranômetro Eppley com o filtro WG-7 , nº de série 13.740 , modelo 8-48 A , com resistência interna de 600 ohms à 24°C e compensação para temperaturas entre - 20°C e + 40°C . As comparações com os padrões de referência fornecem uma resposta de 3,88 mv/cal. cm^{-2} . min^{-1}.

Os fluxos de $K_8\uparrow$ foram medidos com o piranômetro Eppley com filtro RG-8 , nº de série 16.556 F-3 , modelo PSP , com resistência interna de 600 ohms à 24°C e compensação para temperaturas entre - 20°C e 40°C. Comparações com os padrões de referência forneceram uma resposta de 9,63 mv/cal. cm^{-2} . min^{-1}.

3.4.2 - Ao nível do solo

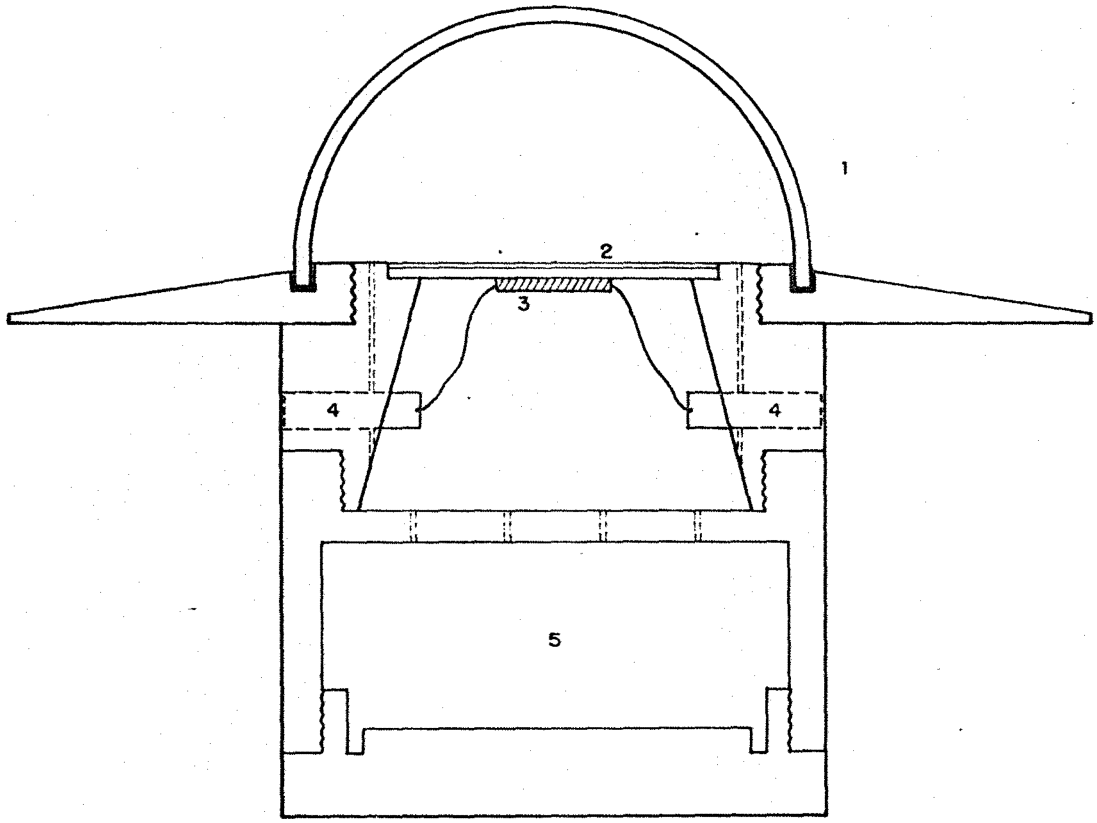
Os fluxos de $K_d\downarrow$ e $K_{d-8}\downarrow$ foram medidos com dois conjuntos de oito piranômetros em cada conjunto, desenvolvidos por ROBLEDO e SANTOS (1979) no Departamento de Física e Meteorologia da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

Para a medida do $K_{d-8}\downarrow$ foram adaptados filtros Kodak Wratten 88 A, que permitem apenas a passagem de comprimentos de ondas superiores a 0,7 µm. O piranômetro utiliza como elemento sensível uma termopilha, com quinze pares termo-elétricos obtidos por eletro-deposição de cobre sobre constantan. A calibração do conjunto sem filtro foi feita com um piranômetro Eppley de precisão e forneceu uma resposta de 13,29 mv/cal.cm^{-2}.min^{-1} e a com filtro forneceu uma resposta de 65,35 mv / cal.cm^{-2}.min^{-1}. O esquema do aparelho é apresentado na Figura 1.

Como sistema de aquisição de dados foi usado um potenciômetro portátil de fabricação Leeds & Northrup nº 8690-2 com capacidade para medir diferenças de potencial de 101 milivolts e precisão de ± 0,18. A capacidade do potenciômetro é de dois canais. O polo positivo do potenciômetro estava ligado a uma chave com seis saídas para cada um dos polos positivos dos piranômetros. Os polos negativos dos piranômetros estavam ligados a um fio comum que se ligava ao polo negativo do potenciômetro.

3.5. - Medidas de Matéria Seca e Área Foliar

A secagem do material vegetal foi efetuada em estufa de aeração forçada marca FANEN, a 70°C e a pesagem deste material em balança elétrica, marca METTLER, modelo 1210, com sensibilidade de 0,01 g. Para a obtenção de dados necessários à estimativa de área foliar utilizou-se régua graduada em centímetros.



(1) HEMISFERA DE VIDRO
(2) CHAPA DE COBRE
(3) ELEMENTO SENSÍVEL
(4) SAIDA AO POTENCIÔMETRO
(5) CÂMARA DE SÍLICA GEL

FIGURA 1 - Esquema do piranômetro utilizado na medição da radiação difusa a 0,20 m do solo

4 - MÉTODOS

4.1 - INSTALAÇÃO E CONDUÇÃO DA CULTURA NO CAMPO

A cultura foi instalada em uma área de 800 m^2 dividida em duas parcelas de 20,0 m x 20,0 m cada, nas quais foram definidos dois tratamentos:

Tratamento 1 - Semeadura em sulcos, com espaçamento de 1,0 m entre linhas e 0,20 m entre plantas, sendo este o espaçamento convencional que corresponde a uma densidade de 50.000 plantas por hectare.

Tratamento 2 - A semeadura foi realizada em sulcos com distribuição quinçôncial, de tal forma que o espaçamento entre linhas foi de 0,40 m e, entre plantas de 0,46 m, com uma densidade correspondente a 54.348 plantas por hectare.

Efetuou-se a adubação na semeadura à base de NPK aplicando-se, por metro linear, 8,0 gramas de uréia, com 46% de N , 50,0 gramas de superfosfato simples, com 20% de P_2O_5 e

5,0 gramas de cloreto de potássio com 60% de K_2O. A semeadura foi realizada, manualmente, em 04/10/79 e 05/10/79 para os tratamentos 1 e 2, respectivamente. Fez-se, em 22/10/79 aplicação de defensivo com princípio ativo à base de carbofuran, com o objetivo de combater a lagarta do cartucho *Spodoptera frugiperda* (J.E. SMITH, 1797), e, aos trinta dias após a semeadura, adubação com uréia em cobertura.

4.2 - MÉTODO PARA A ESTIMATIVA DE "SUNFLECKS"

As observações foram realizadas no dia 04 de janeiro de 1980, num dia de céu completamente limpo, no período de 10:00 às 16:00 horas.

Os valores de "sunflecks" foram obtidos da seguinte maneira: colocaram-se folhas de papel tipo "sulfite", com 96 cm x 33 cm, em três posições fixas dentro da cultura e em cada tratamento. As folhas foram colocadas ao acaso na superfície do solo e na parte central da parcela. A cada hora, simultaneamente em todas as posições, foram desenhadas nas folhas de papel, as áreas que estavam recebendo a radiação solar direta. As áreas desenhadas em cada folha foram recortadas e pesadas, determinando-se a sua medida por comparação com o peso de 50 cm^2 da mesma folha. A área de cada folha de papel sulfite inteira foi obtida também por comparação com o peso de 50 cm^2.

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

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

O balanço de radiação global de onda curta acima da cultura é dado pela seguinte expressão:

$$K^* = (1 - \alpha)(K_D\downarrow + K_d\downarrow) \quad (1)$$

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

$$K^* = K_D\downarrow - \alpha_D K_D\downarrow + K_d\downarrow - \alpha_d K_d\downarrow \quad (2)$$

Como por definição:

$$\alpha = K\uparrow/K\downarrow \quad (3)$$

$$\alpha_D = K_D\uparrow/K_D\downarrow \quad (4)$$

$$\alpha_d = K_d\uparrow/K_d\downarrow \quad (5)$$

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:

$$K^* = K_D\downarrow - K_D\uparrow + K_d\downarrow - K_d\uparrow \quad (8)$$

$$K^* = (K_D\downarrow + K_d\downarrow) - (K_D\uparrow + K_d\uparrow) \quad (9)$$

Como:

$$K\downarrow = K_D\downarrow + K_d\downarrow \quad (10)$$

$$K\uparrow = K_D\uparrow + K_d\uparrow \quad (11)$$

Substituindo as expressões (10) e (11) em (9) tem-se:

$$K^* = K\downarrow - K\uparrow \qquad (12)$$

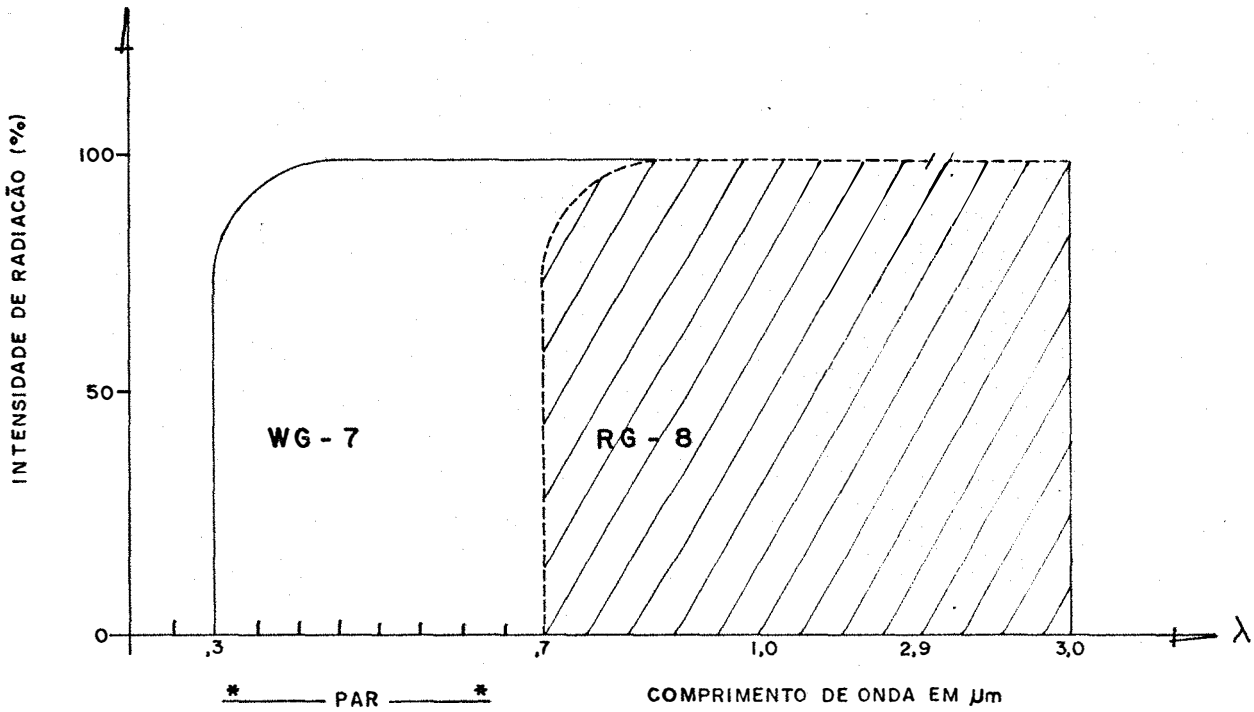
A equação (12) expressa o balanço de radiação solar de onda curta, considerando-se as densidades de fluxo de radiação direta e difusa, conjuntamente, na faixa de comprimento de onda que vai de 0,3 à 3,0 μm, por serem estes os comprimentos de onda que o filtro WG-7 permite passar.

4.4 - Irradiância Fotossintética

Irradiância fotossintética (PI) significa densidade de fluxo de energia radiante na faixa do PAR (0,4 a 0,7 μm), por unidade de tempo e de superfície.

A irradiância fotossintética é determinada através de diferença das densidades de fluxos de radiação solar de onda curta obtida com os piranômetros com filtro WG-7 (0,3 a 3,0 μm) e com filtro RG-8 (acima de 0,7 μm), como mostra a Figura 2.

Determinou-se a irradiância fotossintética acima (incidente e refletida) e abaixo (difusa) da cultura.



(—) INTENSIDADE DE RADIAÇÃO OBTIDA PELO PIRANÔMETRO (COM FILTRO TRANSPARENTE WG-7), ENTRE OS COMPRIMENTOS DE ONDA (0,3 a 3,0 μm)

(----) INTENSIDADE DE RADIAÇÃO OBTIDA PELO PIRANÔMETRO COM FILTRO RG-8 QUE DEIXA PASSAR SOMENTE COMPRIMENTOS DE ONDA SUPERIORES A 0,7 μm

FIGURA 2 - Intensidade de radiação (%) x comprimento de onda (μm)

4.4.1 - DETERMINAÇÃO DA IRRADIÂNCIA FOTOSSINTÉTICA ACIMA DA CULTURA

Na parte superior de um mastro de ferro com 4,00 m de altura, instalado no centro de cada parcela, montaram-se quatro piranômetros dispostos da forma ilustrada na Figura 3. Assim, foram mantidos dois pares de piranômetros, um voltado para acima e outro para baixo, cada par constituído de um piranômetro com filtro WG-7 e outro com filtro RG-8.

Desta forma, a irradiância fotossintética, incidente e refletida acima da cultura foi determinada:

Considerando-se as densidades de fluxos medidas com piranômetros com filtro WG-7 tem-se:

$$K^* = K\downarrow - K\uparrow \tag{13}$$

Com piranômetros acoplados a filtro RG-8:

$$K_8^* = K_8\downarrow - K_8\uparrow \tag{14}$$

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

$$K^* - K_8^* = (K\downarrow - K\uparrow) - (K_8\downarrow - K_8\uparrow) \tag{15}$$

E reagrupando,

$$K^* - K_8^* = (K\downarrow + K_8\downarrow) - (K\uparrow - K_8\uparrow) \tag{16}$$

Finalmente,

$$PI^* = PI\downarrow - PI\uparrow \tag{17}$$

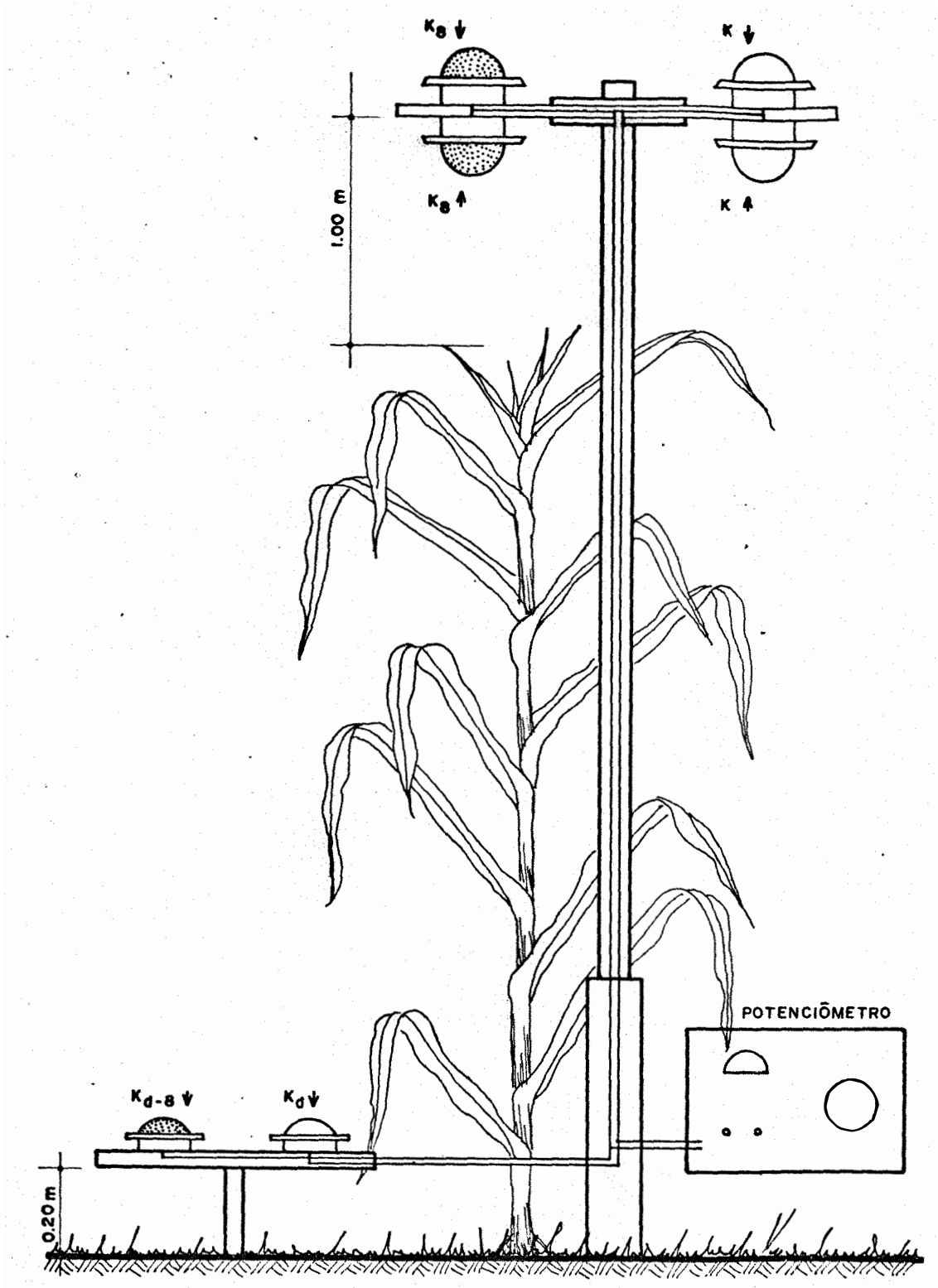


Figura 3 - Distribuição dos piranômetros na cultura para a obtenção dos fluxos de radiação global e infra-vermelho próximo incidentes $K\downarrow$ e $K_8\downarrow$ de radiação refletida pela cultura, $K\uparrow$ e $K_8\uparrow$ e dos fluxos de radiação difusa ao nível do solo, $K_d\downarrow$ e $K_{d-8}\downarrow$

4.4.2 - DETERMINAÇÃO DA IRRADIÂNCIA FOTOSSINTÉTICA DIFUSA, AO NÍVEL DO SOLO

Para a determinação das densidades de fluxos de radiação que conseguem atravessar a folhagem, ao nível do solo. foram usados dois conjuntos de piranômetros desenvolvidos por ROBLEDO e SANTOS (1979). Instalaram-se oito bases de madeira na parte central da parcela a 0,20 m da superfície do solo. Em cada base de madeira foram instalados dois piranômetros, um com filtro WG-7 e outro com filtro RG-8. O conjunto de oito piranômetros com filtro WG-7 foram ligados em série e o mesmo se fez com o piranômetro com filtro RG-8. Os piranômetros ficaram sempre à sombra, obtendo-se assim a leitura da radiação difusa transmitida pela folhagem. Adotando-se procedimentos de cálculos semelhantes aos motrados para a irradiância fotossintética acima da cultura, tem-se:

$$PI\downarrow = K_d\downarrow - K_{d-8}\downarrow \qquad (18)$$

4.4.3 - DETERMINAÇÃO DA IRRADIÂNCIA FOTOSSINTÉTICA GLOBAL (DIFUSA MAIS DIRETA) AO NÍVEL DO SOLO

O procedimento para o cálculo da irradiância fotossintética difusa foi o mesmo mostrado no ítem 4.4.2., e para o cálculo da irradiância fotossíntética direta, ao nível do solo, usou-se a metodologia do "sunflecks". Admitindo-se que as medidas nos "sunflecks" deveriam ser iguais às leituras feitas sobre as plantas, a radiação di

reta que consegue atravessar a cobertura vegetal, sem ser interceptada é idêntica. Com o conhecimento dos fluxos de radiação difusa e direta e considerando-se que o coeficiente de reflexão para este tipo de solo é de 0,12 para a faixa (0,3 a 3,0 m), SANTOS (1957) e 0,14 para a faixa do infra-vermelho próximo, determinou-se o balanço dos fluxos ao nível do solo, utilizando-se as seguintes expressões:

$$K_S^* = (1 - \alpha_s)(K_{D-S}\downarrow + K_d\downarrow) \quad (19)$$

$$K_{S-8}^* = (1 - \alpha_{S-8})(K_{D-S-8}\downarrow + K_{d-8}\downarrow) \quad (20)$$

$$PI_S^* = K_S^* - K_{S-8}^* \quad (21)$$

4.5 - Comportamento da Cultura

Foram feitas amostragens periódicas de plantas, com intervalos de sete dias, ao longo do ciclo, colhendo-se dez plantas ao acaso em cada tratamento, por amostragem, para a determinação de altura e de matéria seca acumulada na parte aérea, bem como para estimativa da área foliar. As datas das amostragens foram: 16/10/79 , 23/10/79 , 30/10/79 , 06/11/79 , 14/11/79 , 20/11/79 , 27/11/79 , 04/12/79, 11/12/79, 18/12/79 , 27/12/79 , 07/01/80 e 14/01/80.

A altura das plantas foi medida antes de serem colhidas, da superfície do solo ao ponto de inflexão da folha mais alta.

Após serem colhidas, as plantas foram levadas ao laboratório, onde separaram-se as lâminas foliares do colmo e bainhas, panículas e espigas. Esse material era acondicionado em sacos de papel e levados à estufa para secagem, até peso constante.

Para a estimativa da área foliar separaram-se vinte lâminas de cada amostragem, medindo-se o comprimento e a maior largura das mesmas. Estas lâminas medidas eram levadas à estufa separadamente das lâminas restantes.

A área real das vinte lâminas medidas foi calculada multiplicando-se o produto do comprimento pela maior largura pelo fator 0,72 (CARLETON e FOOTE, 1975). A partir da área real das vinte lâminas, peso de matéria seca das mesmas e peso de matéria seca total das lâminas de cada amostragem, fez-se a estimativa da área real das lâminas. Por serem as lâminas foliares as principais responsáveis pela função fotossintética das plantas de milho, a área das mesmas foi denominada de área foliar.

A partir dos pesos de matéria seca e área foliar obtidos em cada amostragem, calcularam-se os índices de crescimento descritos a seguir:

4.5.1 - ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR (IAF)

O índice de área foliar foi determinado, considerando-se a relação entre a área foliar e a área de solo disponí-

vel para cada planta, como é usualmente determinado.

A área de solo disponível a cada planta é, praticamente, definida pelo espaçamento adotado. Assim, para o tratamento convencional é de 0,20 m^2 e para o tratamento quincôncio é de 0,184 m^2.

4.5.2 - DISTRIBUIÇÃO DE MATÉRIA SECA

Este índice indica, ao longo do ciclo o comportamento da planta em termos de translocação do material produzido pelas folhas para as diferentes partes da planta. Portanto permite inferir, a partir dos dados percentuais de matéria seca em cada parte em função do total, a capacidade das lâminas em exportar matéria e/ou a capacidade dos diferentes órgãos em crescimento, de mobilizar o material produzido em sua direção ao longo do ciclo.

4.5.3 - RAZÃO DE ÁREA FOLIAR (RAF)

A razão de área foliar é um índice morfológico do crescimento da planta, indicando a relação entre área fotossintetizante e matéria seca total sintetizada por ela.

RAF = Área Foliar / Matéria Seca Total

A razão de área foliar apresenta dois componentes: a área foliar específica (AFE) e razão de peso de folhas (RPF).

O primeiro é um índice anatômico, relacionado à expansão do material foliar no espaço e o segundo é um índice morfológico da planta, isto é, de distribuição de material fotossintetizado entre a folha (órgão produtor) e o restante da planta (órgãos consumidores). A análise da progressão desses índices, separadamente, poderá informar se a variação da RAF entre os tratamentos é devido, em maior escala, à variação dos mecanismos que atuam na expansão foliar ou na exportação de material das folhas.

Considerando que área foliar e matéria seca produzidas estão correlacionadas, fisiológica e morfologicamente, e que, sob este aspecto, são interdependentes, determinou-se a correlação entre área foliar e matéria seca total (RAF); área foliar e matéria seca de folhas (AFE); matéria seca de folhas e matéria seca total (RPF).

Os três índices são expressos:

$$\frac{\text{Área foliar}}{\text{Matéria seca total}} = \frac{\text{Área foliar}}{\text{matéria seca de folhas}} \times \frac{\text{Matéria seca folhas}}{\text{matéria seca total}}$$

$$\text{RAF} = \text{AFE} \times \text{RPF}$$

4.5.4 - Produção

Foi feito o cálculo de produção por unidade de área cultivada e dos valores médios de produção por planta ao final do ciclo.

5 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

Serão apresentados inicialmente os resultados referentes às medidas de radiação que permitiram determinar o balanço do fluxo de radiação fotossinteticamente ativa retido pela cultura.

Assim, serão feitas comparações dos dados obtidos, considerando-se ou nao o "sunflecks", valores do coeficiente de reflexão em cada condição de plantio assim como a porcentagem de radiação transmitida pela folhagem nos dois tratamentos.

O comportamento da cultura é apresentado a seguir, considerando-se os diferentes aspectos de variação do crescimento ao longo do ciclo. Posteriormente são discutidas algumas correlações entre os aspectos de crescimento estudadas, de tal modo a se comparar efeitos dos tratamentos sobre o padrão de crescimento da cultura.

Finalmente, as modificações físicas (balanço de radiação) e biológicas (comportamento da cultura) serão discutidas conjuntamente.

5.1 - VARIAÇÃO DO "SUNFLECKS"

Os resultados das medidas de "sunflecks", realizadas nos tratamentos convencional e quincôncio no dia 04/01/80 encontram-se nas Tabelas 2 e 3 e na Figura 4.

Observou-se que no período da manhã, os valores de "sunflecks" foram maiores que no da tarde, alcançando um máximo ao meio dia. No período da manhã o tratamento convencional apresentou uma porcentagem de "sunflecks" muito maior que a do quincôncio, aproximadamente 12% havendo equilíbrio entre os dois tratamentos no período da tarde. A geometria do tratamento quincôncio permitiu que a radiação direta que chega no solo fosse bem menor que no tratamento convencional.

Estes resultados contrariam as observações de SZEICZ (1974), principalmente com relação ao tratamento convencional, considerando os valores entre o período da manhã e da tarde, cuja variação foi maior do que no tratamento quincôncio. Certamente as observações de SZEICZ se apliquem a altas e talvez médias latitudes. Por outro lado, ao se comparar os dois tratamentos entre si verifica-se perfeita concordância com os resultados de interceptação de luz encontrados por SINCLAIR e LEMON (1974), considerando-se o modelo hexagonal daqueles autores semelhante ao quinconcial empregado neste trabalho.

TABELA 2 - Porcentagem de "sunflecks" para a cultura do milho (*Zea mays*, L.), cultivar Cargill 111, no tratamento convencional, em 04/01/81

Hora	Posições 1	2	3	Média
10:00	22,54	12,15	36,56	24
10:30	25,77	15,30	38,77	27
11:00	29,00	18,46	40,99	29
11:30	35,18	30,43	44,48	37
12:00	41,36	42,41	47,97	44
12:30	26,31	38,06	40,66	35
13:00	11,29	33,70	33,34	26
13:30	13,47	27,24	25,87	22
14:00	15,68	20,77	18,39	18
14:30	13,46	14,22	19,27	16
15:00	11,23	7,66	20,15	13
15:30	6,82	8,80	16,17	11
16:00	2,40	9,92	12,19	8

TABELA 3 - Porcentagem de "sunflecks" para a cultura do milho (*Zea mays*, L.), cultivar Cargill 111, no tratamento quincôncio, em 04/01/80

Hora	Posições 1	2	3	Média
10:00	10,68	15,51	14,82	14
10:30	10,65	17,00	13,74	14
11:00	10,61	18,49	12,65	14
11:30	23,20	33,19	15,18	24
12:00	35,79	47,89	17,70	34
12:30	36,86	39,06	19,39	32
13:00	37,92	30,23	21,08	30
13:30	30,22	23,88	16,07	23
14:00	22,51	17,52	11,05	17
14:30	23,17	15,14	8,43	16
15:00	23,80	12,76	5,81	14
15:30	18,34	9,32	4,19	11
16:00	12,85	5,87	2,56	7

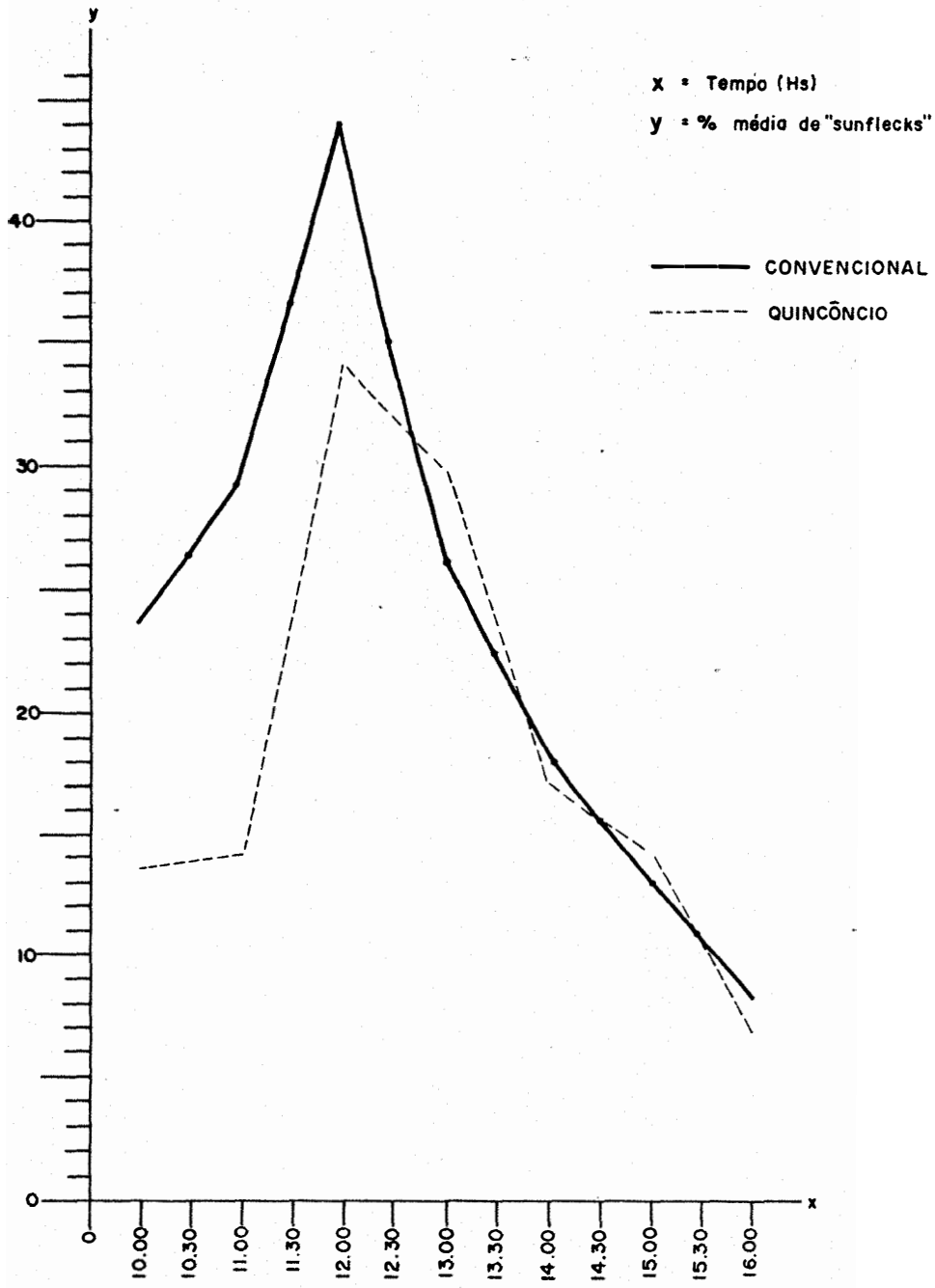


Figura 4 - Porcentagem de "sunflecks" para a cultura do milho (*Zea mays*, L.), cultivar Cargill 111 , nos tratamentos convencional e quincôncio, em 04/01/80

5.2 - Balanço de Radiação

Os resultados das medidas da radiação global e difusa, encontram-se nas Tabelas 4 à 16 e nas Figuras 5 à 12.

As observações das densidades dos fluxos para as faixas do espectro de ondas curtas (0,3 a 3,0 μm) e para a faixa do infra-vermelho próximo (acima de 0,7 μm) foram medidas nos dias 04/01/80 no tratamento quincôncio e 05/01/80 no convencional, nas duas datas o céu estava completamente limpo.

Nas Tabelas 4 e 5 são apresentadas as medidas das densidades dos fluxos da radiação global e infra-vermelho próximo acima da cultura e medidas da radiação difusa e de "sunflecks" para as radiações global e infra-vermelho próximo na superfície do solo.

Nas Tabelas 6 e 7 e nas Figuras 5 , 6 e 7 são apresentados os balanços dos fluxos de radiação global, infra-vermelho próximo e fotossinteticamente ativa, não considerando as medidas de "sunflecks". Comparando-se os dois tratamentos observa-se que, no quincôncio, o PI retido foi maior que no convencional, e resultante, possivelmente, da melhor distribuição das folhas no tratamento quincôncio.

Nas Tabelas 8 e 9 e nas Figuras 8 , 9 e 10 são apresentados os balanços de fluxos de radiação global, infra-vermelho próximo e fotossinteticamente ativa, considerando as medidas de "sunflecks". Também nestas medidas os valores de PI_r no tratamento quincôncio foram superiores.

Na Figura 11 é apresentada a porcentagem da radiação fotossinteticamente ativa retida pelos tratamentos considerando ou não os valores de "sunflecks".

Nas Tabelas 10 , 11 e 12 são apresentadas as variações médias da radiação global ($\bar{K}\downarrow$) e da radiação acima de 0,7 μm ($\bar{K}_8\downarrow$). A relação $\bar{K}_8\downarrow/\bar{K}\downarrow$ expressa a quantidade de radiação que se encontra na faixa da infra-vermelho próximo com relação à radiação global. Observou-se que 53% da radiação encontra-se na faixa da infra-vermelho próximo no tratamento convencional e 51% no quincôncio acima da cultura, enquanto 20% no convencional e 19% no quincôncio chegam a superfície do solo. Considerando a metodologia do "sunflecks", observa-se haver chegado 31% no tratamento convencional e 29% no quincôncio.

Nas Tabelas 13 e 14 e na Figura 11 são mostradas as porcentagens da radiação global e fotossinteticamente ativa retida pela cultura do milho. No tratamento quincôncio as porcentagens de PI retidas foram maiores que no convencional; isto vem comprovar que a geometria do tratamento quincôncio possibilitou uma melhor distribuição das folhas na planta e maior capacidade de reter o PI* , conforme evidenciaram SINCLAIR e LEMON (1974).

Na Tabela 15 e Figura 12 são apresentados os valores do coeficiente de reflexão. Verifica-se que tais valores foram maiores no tratamento quincôncio. Este fato parece in-

dicar que o tratamento quincôncio absorve menos. Os resultados referentes a PI retida, entretanto demonstram que neste tratamento houve maior interceptação luminosa. Desde que o coeficiente de reflexão do solo nu seja menor do que solo vegetado, a maior porcentagem de cobertura vegetal alcançada no tratamento quincôncio resultou naturalmente em valores mais altos do coeficiente de reflexão, sem que esse fato signifique menor eficiência da área cultivada em reter a radiação fotossinteticamente ativa. Resultados semelhantes para o coeficiente de reflexão foram encontrados por DOMENACK (1980).

Na Tabela 16 é apresentada a porcentagem da radiação transmitida através da folhagem do milho observando-se que no tratamento convencional a transmissão foi bem maior que no quincôncio.

TABELA 4 - Densidade dos fluxos de radiação global e infra-vermelho próximo incidente e refletida a 1 m acima da cultura e radiação direta ("sunflecks"), difusa e infra-vermelho próximo ao nível do solo, em cal. $cm^{-2} . min^{-1}$, para a cultura do milho (*Zea mays*, L.), cultivar Cargill 111, no tratamento convencional, em 05/01/80

Horas	Radiação acima da cultura				Radiação na superfície do solo			
	$K\downarrow$	$K\uparrow$	$K_8\downarrow$	$K_8\uparrow$	$K_{D-S}\downarrow$	$K_d\downarrow$	$K_{D-S-8}\downarrow$	$K_{d-8}\downarrow$
9:00	0,701	0,149	0,368	0,126	-	0,324	-	0,061
9:30	0,769	0,144	0,417	0,120	-	0,328	-	0,063
10:00	0,834	0,134	0,449	0,119	0,168	0,354	0,079	0,078
10:30	0,890	0,144	0,482	0,120	0,201	0,380	0,098	0,092
11:00	0,907	0,157	0,498	0,132	0,218	0,388	0,106	0,086
11:30	0,915	0,157	0,500	0,134	0,280	0,372	0,135	0,116
12:00	0,907	0,162	0,503	0,136	0,328	0,326	0,161	0,074
12:30	0,870	0,165	0,500	0,138	0,247	0,313	0,127	0,082
13:00	0,856	0,165	0,482	0,141	0,180	0,374	0,089	0,071
13:30	0,811	0,162	0,463	0,137	0,143	0,351	0,072	0,073
14:00	0,783	0,157	0,448	0,132	0,113	0,363	0,057	0,074
14:30	0,699	0,149	0,398	0,129	0,088	0,292	0,043	0,058
15:00	0,670	0,142	0,386	0,118	0,069	0,261	0,035	0,055
15:30	0,673	0,144	0,316	0,123	0,058	0,223	0,021	0,043
16:00	0,648	0,134	0,285	0,112	0,041	0,276	0,014	0,052
16:30	0,543	0,116	0,245	0,099	-	0,239	-	0,034
17:00	0,552	0,119	0,265	0,100	-	0,204	-	0,027
Total	13,028		7,005		2,134	5,368	1,037	1,139

TABELA 5 - Densidade dos fluxos de radiação global e infra-vermelho próximo incidente e refletida a 1 m acima da cultura e radiação direta ("sunflecks"), difusa e infra-vermelho próximo ao nível do solo, em cal. $cm^{-2} . min^{-1}$, para a cultura do milho (*Zea mays*, L.), cultivar Cargill 111, no tratamento quincôncio, em 04/01/80

Horas	Radiação acima da cultura				Radiação na superfície do solo			
	$K\downarrow$	$K\uparrow$	$K_8\downarrow$	$K_8\uparrow$	$K_{D-S}\downarrow$	$K_d\downarrow$	$K_{D-s-8}\downarrow$	$K_{d-8}\downarrow$
10:30	0,925	0,183	0,476	0,149	0,104	0,302	0,046	0,055
11:00	0,948	0,186	0,487	0,150	0,107	0,242	0,047	0,049
11:30	0,938	0,180	0,485	0,146	0,182	0,241	0,081	0,049
12:00	0,928	0,180	0,480	0,146	0,254	0,313	0,113	0,053
12:30	0,936	0,192	0,481	0,155	0,238	0,233	0,104	0,048
13:00	0,936	0,208	0,480	0,168	0,218	0,235	0,094	0,045
13:30	0,972	0,217	0,511	0,174	0,174	0,236	0,078	0,045
14:00	1,010	0,203	0,504	0,176	0,137	0,273	0,056	0,048
14:30	0,923	0,200	0,462	0,166	0,116	0,214	0,047	0,049
15:00	0,763	0,163	0,414	0,133	0,084	0,254	0,039	0,059
15:30	0,691	0,166	0,361	0,137	0,058	0,143	0,025	0,041
16:00	0,624	0,152	0,301	0,123	0,033	0,109	0,012	0,022
16:30	0,505	0,132	0,251	0,110	-	0,096	-	0,018
17:00	0,575	0,135	0,294	0,109	-	0,135	-	0,013
Total	11,674		5,987		1,705	3,026	0,742	0,594

TABELA 6 - Balanço dos fluxos de radiação global, infra-vermelho próximo e fotossinteticamente ativa, em cal. $cm^{-2}.min^{-1}$, para a cultura do milho (*Zea mays*, L.), cultivar Cargill 111, no tratamento convencional, sem considerar o "sunflecks", em 05/01/80

Horas	Radiação acima da cultura			Rad. na superfície do solo			Radiação retida nas folhas		
	K^*	K^*_8	PI^*	$K_d\downarrow$	$K_{d-8}\downarrow$	PI^*_S	K_r	K_{r-8}	PI_r
9:00	0,552	0,242	0,310	0,324	0,061	0,263	0,228	0,181	0,047
9:30	0,625	0,297	0,328	0,328	0,063	0,265	0,297	0,234	0,063
10:00	0,700	0,330	0,370	0,354	0,078	0,276	0,346	0,252	0,094
10:30	0,746	0,362	0,384	0,380	0,092	0,288	0,366	0,270	0,096
11:00	0,750	0,366	0,384	0,388	0,086	0,302	0,362	0,286	0,082
11:30	0,758	0,366	0,392	0,372	0,116	0,256	0,386	0,250	0,136
12:00	0,745	0,367	0,378	0,326	0,074	0,252	0,419	0,293	0,126
12:30	0,705	0,362	0,343	0,313	0,082	0,231	0,392	0,280	0,112
13:00	0,691	0,341	0,350	0,374	0,071	0,303	0,317	0,270	0,047
13:30	0,649	0,326	0,323	0,351	0,073	0,278	0,298	0,253	0,045
14:00	0,626	0,316	0,310	0,363	0,074	0,289	0,263	0,242	0,021
14:30	0,550	0,272	0,278	0,292	0,058	0,234	0,258	0,211	0,047
15:00	0,528	0,268	0,260	0,261	0,055	0,206	0,267	0,213	0,054
15:30	0,529	0,193	0,336	0,223	0,043	0,180	0,306	0,150	0,156
16:00	0,514	0,173	0,341	0,276	0,052	0,224	0,238	0,121	0,117
16:30	0,427	0,146	0,281	0,239	0,034	0,205	0,188	0,112	0,076
17:00	0,433	0,165	0,268	0,204	0,027	0,177	0,229	0,138	0,091

TABELA 7 - Balanço dos fluxos de radiação global, infra-vermelho próximo e fotossinteticamente ativa, em cal. cm^{-2} . min^{-1}, para a cultura do milho (*Zea mays*, L.), cultivar Cargill 111, no tratamento quincôncio, sem considerar o "sunflecks", em 04/01/80

Horas	Radiação acima da cultura			Rad. na superfície do solo			Radiação retida nas folhas		
	K^*	K^*_δ	PI^*	$K_d\downarrow$	$K_{d-8}\downarrow$	PI^*_S	K_r	K_{r-8}	PI_r
10:30	0,742	0,327	0,415	0,302	0,055	0,247	0,440	0,272	0,168
11:00	0,762	0,337	0,425	0,242	0,049	0,193	0,520	0,288	0,232
11:30	0,758	0,339	0,419	0,241	0,049	0,192	0,517	0,290	0,227
12:00	0,748	0,334	0,414	0,313	0,053	0,260	0,435	0,281	0,154
12:30	0,744	0,326	0,418	0,233	0,048	0,185	0,511	0,298	0,233
13:00	0,728	0,312	0,416	0,235	0,045	0,190	0,493	0,267	0,226
13:30	0,755	0,337	0,418	0,236	0,045	0,191	0,519	0,292	0,227
14:00	0,807	0,328	0,479	0,273	0,048	0,225	0,534	0,280	0,254
14:30	0,723	0,296	0,427	0,214	0,049	0,165	0,509	0,247	0,262
15:00	0,600	0,281	0,319	0,254	0,059	0,195	0,346	0,222	0,124
15:30	0,525	0,224	0,301	0,143	0,041	0,102	0,382	0,183	0,199
16:00	0,472	0,178	0,294	0,109	0,022	0,087	0,363	0,156	0,207
16:30	0,373	0,141	0,232	0,096	0,018	0,078	0,277	0,123	0,154
17:00	0,440	0,185	0,255	0,135	0,013	0,122	0,305	0,173	0,133

TABELA 8 - Balanço dos fluxos de radiação global, infra-vermelho próximo e fotossinteticamente ativa, em cal. cm^{-2} . min^{-1}, para a cultura do milho (*Zea mays*, L.), cultivar Cargill 111, no tratamento convencional considerando o "sunflecks", em 05/01/80

Horas	Radiação acima da cultura			Rad. na superfície do solo			Radiação retida nas folhas		
	K^*	K^*_8	PI^*	K^*_S	K^*_{S-8}	PI^*_S	K_r	K_{r-8}	PI_r
9:00	0,552	0,242	0,310	-	-	-	-	-	-
9:30	0,625	0,297	0,328	-	-	-	-	-	-
10:00	0,700	0,330	0,370	0,459	0,135	0,324	0,241	0,195	0,046
10:30	0,746	0,362	0,384	0,511	0,163	0,348	0,235	0,199	0,036
11:00	0,750	0,366	0,384	0,533	0,165	0,368	0,217	0,201	0,016
11:30	0,758	0,366	0,392	0,574	0,216	0,358	0,184	0,150	0,034
12:00	0,745	0,367	0,378	0,576	0,202	0,374	0,169	0,165	0,004
12:30	0,705	0,362	0,343	0,493	0,180	0,313	0,212	0,163	0,030
13:00	0,691	0,341	0,350	0,448	0,138	0,310	0,243	0,203	0,040
13:30	0,649	0,326	0,323	0,435	0,125	0,310	0,214	0,201	0,013
14:00	0,626	0,316	0,310	0,419	0,113	0,306	0,207	0,203	0,004
14:30	0,550	0,272	0,278	0,334	0,087	0,247	0,216	0,185	0,031
15:00	0,528	0,268	0,260	0,290	0,077	0,213	0,238	0,191	0,047
15:30	0,529	0,193	0,336	0,247	0,055	0,192	0,272	0,138	0,137
16:00	0,514	0,173	0,341	0,278	0,057	0,221	0,260	0,116	0,144
16:30	0,427	0,146	0,281	-	-	-	-	-	-
17:00	0,433	0,165	0,268	-	-	-	-	-	-

TABELA 9 - Balanço dos fluxos de radiação global, infra-vermelho próximo e fotossinteticamente ativa, em cal. $cm^{-2}.min^{-1}$, para a cultura do milho (*Zea mays*, L.), cultivar Cargill 111, no tratamento quincôncio, considerando o "sunflecks", em 04/01/80

Horas	Radiação acima da cultura			Rad. na superfície do solo			Radiação retida nas folhas		
	K^*	K^*_8	PI^*	K^*_S	K^*_{S-8}	PI^*_S	K_r	K_{r-8}	PI_r
10:30	0,742	0,327	0,415	0,357	0,087	0,270	0,385	0,240	0,145
11:00	0,762	0,337	0,425	0,307	0,083	0,224	0,455	0,254	0,201
11:30	0,758	0,339	0,419	0,372	0,112	0,260	0,386	0,227	0,159
12:00	0,748	0,334	0,414	0,499	0,143	0,356	0,249	0,191	0,058
12:30	0,744	0,326	0,418	0,414	0,131	0,283	0,330	0,195	0,135
13:00	0,728	0,312	0,416	0,399	0,120	0,279	0,329	0,192	0,137
13:30	0,755	0,337	0,418	0,361	0,106	0,255	0,394	0,231	0,163
14:00	0,807	0,328	0,479	0,361	0,089	0,272	0,446	0,239	0,207
14:30	0,723	0,296	0,427	0,290	0,083	0,207	0,433	0,213	0,220
15:00	0,600	0,281	0,319	0,297	0,084	0,213	0,303	0,197	0,106
15:30	0,525	0,224	0,301	0,177	0,057	0,120	0,348	0,167	0,181
16:00	0,472	0,178	0,294	0,125	0,029	0,096	0,347	0,149	0,198
16:30	0,373	0,141	-	-	-	-	-	-	-
17:00	0,440	0,185	-	-	-	-	-	-	-

TABELA 10 - Variação em cada 30 minutos de K↓ , K_8↓ , PI↓ em cal. cm^{-2} . min^{-1} , e da razão K_8↓/K↓ , nos tratamentos convencional e quincôncio

Horas	Tratamento Convencional				Tratamento Quincôncio			
	K↓	K_8↓	PI↓	K_8↓/K↓	K↓	K_8↓	PI↓	K_8↓/K↓
9:00	21,03	11,04	9,99	0,52	-	-	-	-
9:30	23,07	12,51	10,56	0,54	-	-	-	-
10:00	25,02	13,47	11,55	0,54	-	-	-	-
10:30	26,70	14,46	12,24	0,54	27,75	14,28	13,47	0,51
11:00	27,21	14,94	12,27	0,55	28,44	14,61	14,61	0,51
11:30	27,45	15,00	12,45	0,55	28,14	14,55	13,59	0,52
12:00	27,21	15,09	12,12	0,55	27,84	14,40	13,44	0,52
12:30	26,10	15,00	11,10	0,57	28,08	14,43	13,65	0,51
13:00	25,68	14,46	11,22	0,56	28,08	14,40	13,68	0,51
13:30	24,33	13,89	10,44	0,57	29,16	15,33	13,83	0,52
14:00	23,49	13,44	10,05	0,57	30,30	15,12	15,18	0,50
14:30	20,97	11,94	9,03	0,57	27,69	13,86	13,83	0,50
15:00	20,10	11,58	8,52	0,57	22,89	12,42	10,47	0,54
15:30	20,19	9,48	10,71	0,47	20,73	10,83	9,90	0,52
16:00	19,44	8,55	10,89	0,44	18,72	9,03	9,69	0,48
16:30	16,29	7,35	8,94	0,45	15,15	7,54	7,62	0,50
17:00	16,56	7,96	8,61	0,48	17,25	8,82	8,43	0,51
Média				0,53				0,51

TABELA 11 - Variação em cada 30 minutos de $K_d\downarrow$, $K_{d-8}\downarrow$, $PI\downarrow$ em cal. $cm^{-2}.min^{-1}$ e da razão $K_{d-8}\downarrow/K_d\downarrow$ sem considerar o "sunflecks", nos tratamentos convencional e quincôncio

Horas	Tratamento Convencional				Tratamento Quincôncio			
	$K_d\downarrow$	$K_{d-8}\downarrow$	$PI\downarrow$	$K_{d-8}\downarrow/K_d\downarrow$	$K_d\downarrow$	$K_{d-8}\downarrow$	$PI\downarrow$	$K_{d-8}\downarrow/K_d\downarrow$
9:00	9,72	1,83	7,89	0,19	-	-	-	-
9:30	9,84	1,89	7,95	0,19	-	-	-	-
10:00	10,62	2,34	8,28	0,22	-	-	-	-
10:30	11,40	2,76	8,64	0,24	9,06	1,65	7,41	0,18
11:00	11,64	2,58	9,06	0,22	7,26	1,47	5,79	0,20
11:30	11,16	3,48	7,68	0,31	7,23	1,47	5,76	0,20
12:00	9,78	2,22	7,56	0,23	9,39	1,59	7,80	0,17
12:30	9,39	2,46	6,93	0,27	6,99	1,44	5,50	0,21
13:00	11,22	2,13	9,09	0,19	7,05	1,35	5,70	0,19
13:30	10,53	2,19	8,37	0,21	7,08	1,35	5,73	0,19
14:00	10,89	2,22	8,67	0,20	8,19	1,44	6,75	0,18
14:30	8,76	1,74	7,02	0,20	6,42	1,47	4,95	0,23
15:00	7,83	1,65	6,18	0,21	7,62	1,77	5,85	0,23
15:30	6,69	1,29	5,40	0,19	4,29	1,23	3,06	0,23
16:00	8,28	1,56	6,72	0,19	3,27	0,66	2,61	0,20
16:30	7,17	1,02	6,15	0,14	2,88	0,54	2,34	0,19
17:00	6,12	0,81	5,31	0,13	4,05	0,39	3,66	0,10
Média				0,20				0,19

TABELA 12 - Variação em cada 30 minutos de ($K_{D\downarrow} + K_{d\downarrow}$), ($K_{D-8\downarrow} + K_{d-8\downarrow}$), em $cal.cm^{-2}.min^{-1}$, $PI\downarrow$ e de $K_{D-8}\downarrow + K_{d-8}\downarrow / K_D\downarrow + K_d\downarrow$, considerando o "sun - flecks", nos tratamentos convencional e quincôncio.

Horas	Tratamento Convencional				Tratamento Quincôncio			
	$K_D\downarrow + K_d\downarrow$	(*)	$PI\downarrow$	(**)	$K_D\downarrow + K_d\downarrow$	(*)	$PI\downarrow$	(**)
10:00	15,66	4,71	10,95	0,30	-	-	-	-
10:30	17,43	5,70	11,73	0,33	12,18	3,03	9,15	0,25
11:00	18,18	5,76	12,42	0,32	10,47	2,88	7,59	0,28
11:30	19,56	7,53	12,03	0,38	12,69	3,90	8,79	0,31
12:00	19,62	7,05	12,57	0,36	17,01	4,98	12,03	0,29
12:30	16,80	6,27	10,53	0,37	14,13	4,56	9,57	0,32
13:00	16,62	4,80	11,82	0,29	13,59	4,17	9,42	0,31
13:30	14,82	4,35	10,47	0,29	12,30	3,69	8,61	0,30
14:00	14,28	3,93	10,35	0,27	12,30	3,12	9,18	0,25
14:30	11,40	3,03	8,37	0,27	9,90	2,88	7,02	0,29
15:00	8,88	2,70	6,18	0,30	10,14	2,94	7,20	0,29
15:30	7,44	2,04	5,40	0,27	6,03	1,98	4,05	0,33
16:00	8,70	1,98	6,72	0,23	4,26	1,02	3,24	0,24
Média				0,31				0,29

(*) = $K_{D-8}\downarrow + K_{d-8}\downarrow$

(**) = $K_{D-8}\downarrow + K_{d-8}\downarrow / K_D\downarrow + K_d\downarrow$

TABELA 13 - Porcentagem de radiação global e fotossintetica mente ativa retida pela cultura de milho (*Zea mays*, L.), cultivar Cargill 111, sem considerar o "sunflecks", nos tratamentos convencional e quincôncio

Hora	Tratamento convencional		Tratamento quincôncio	
	K retido	PI retido	K retido	PI retido
	K*	PI*	K*	PI*
9:00	41,3	15,2	-	-
9:30	47,5	19,2	-	-
10:00	49,4	25,4	-	-
10:30	49,1	25,0	59,3	40,5
11:00	48,3	21,3	68,2	54,6
11:30	50,9	34,7	68,2	54,2
12:00	56,2	33,3	58,2	37,2
12:30	55,6	32,6	68,7	55,7
13:00	45,9	13,4	67,7	54,3
13:30	45,9	13,9	68,7	54,3
14:00	42,0	6,8	66,2	53,0
14:30	46,9	15,8	70,4	61,3
15:00	50,6	20,8	57,7	38,9
15:30	57,8	45,4	72,8	66,1
16:00	46,3	34,3	76,9	70,4
16:30	44,0	27,0	74,3	66,4
17:00	52,9	33,9	69,3	52,2
Média	48,86	24,59	67,61	54,22

TABELA 14 - Porcentagem de radiação global e fotossintetica mente ativa retida pela cultura de milho (*Zea mays*, L.), cultivar Cargill 111, considerando o "sunflecks", nos tratamentos convencional e quin cõncio

Horas	Tratamento convencional		Tratamento quincõncio	
	K retido	PI retido	K retido	PI retido
	K*	PI*	K*	PI*
10:00	34,43	12,43	-	-
10:30	31,50	9,38	51,89	34,94
11:00	28,93	4,17	59,71	47,29
11:30	24,27	8,67	50,92	37,95
12:00	22,68	1,06	33,29	14,01
12:30	30,07	8,75	44,35	32,30
13:00	35,17	11,43	45,19	32,93
13:30	32,97	4,02	52,19	39,00
14:00	33,07	1,29	55,27	43,21
14:30	39,27	11,15	59,89	51,52
15:00	45,08	18,07	50,50	33,23
15:30	51,42	40,77	66,29	60,13
16:00	50,58	42,23	73,52	67,35
Mēdia	35,34	13,34	53,58	41,15

TABELA 15 - Valores do coeficiente de reflexão em porcentagem, de 30 em 30 minutos para a cultura do milho (*Zea mays*, L.), cultivar Cargill 111, utilizando-se o piranômetro espectral Eppley com filtro WG-7 e com filtro RG-8, nos tratamentos convencional e quincôncio

Horas	Tratamento Convencional		Tratamento Quincôncio	
	WG-7	RG-8	WG-7	RG-8
9:00	21,2	34,2	-	-
9:30	18,7	28,8	-	-
10:00	16,1	26,5	-	-
10:30	16,2	24,9	19,8	31,3
11:00	17,3	26,5	19,6	30,8
11:30	17,2	26,8	19,2	30,1
12:00	17,9	27,0	19,4	30,4
12:30	19,0	27,6	20,5	32,2
13:00	19,3	29,2	22,2	35,0
13:30	20,0	29,6	22,3	34,0
14:00	20,1	29,5	20,1	35,0
14:30	21,3	31,7	21,7	35,9
15:00	21,2	30,6	21,4	32,1
15:30	21,4	38,9	24,0	40,0
16:00	20,7	39,3	24,3	40,9
16:30	21,4	40,4	26,1	43,8
17:00	21,6	37,7	23,5	37,1
Média	19,45	31,13	21,72	34,90

TABELA 16 - Porcentagem média diária de radiação transmitida através da folhagem de milho (*Zea mays* L.), cultivar Cargill 111, nos tratamentos convencional e quincôncio

	Tratamento Convencional		Tratamento Quincôncio	
	WG-7	RG-8	WG-7	RG-8
Sem "Sunflecks"	41,20	16,26	25,92	9,82
Com "sunflecks"	57,67	31,12	40,53	22,31

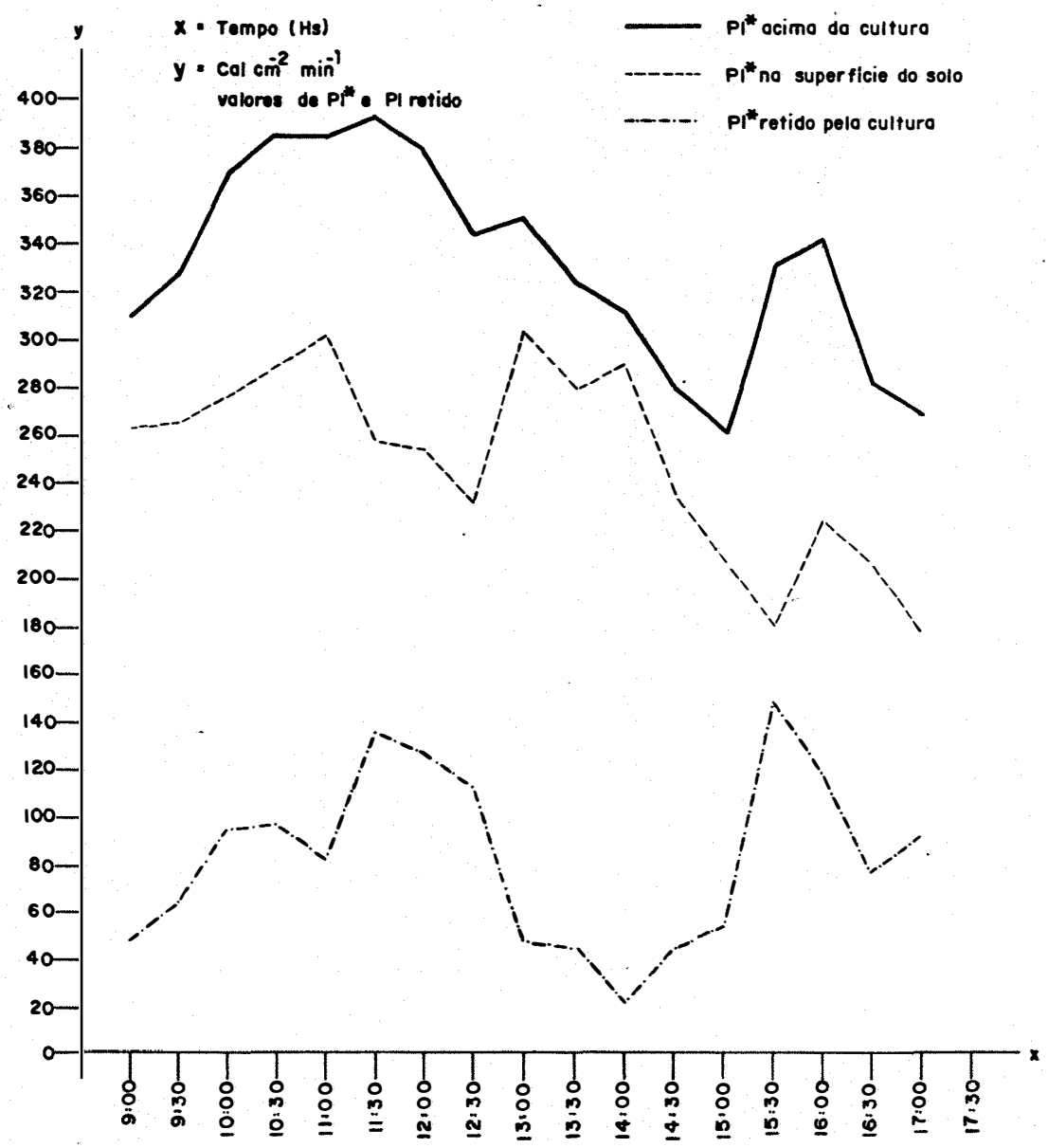


Figura 5 - Balanço de irradiância fotossintética na cultura do milho (*Zea mays*, L.), cultivar Cargill 111, para o tratamento convencional sem considerar o "sunflecks", em 05/01/80

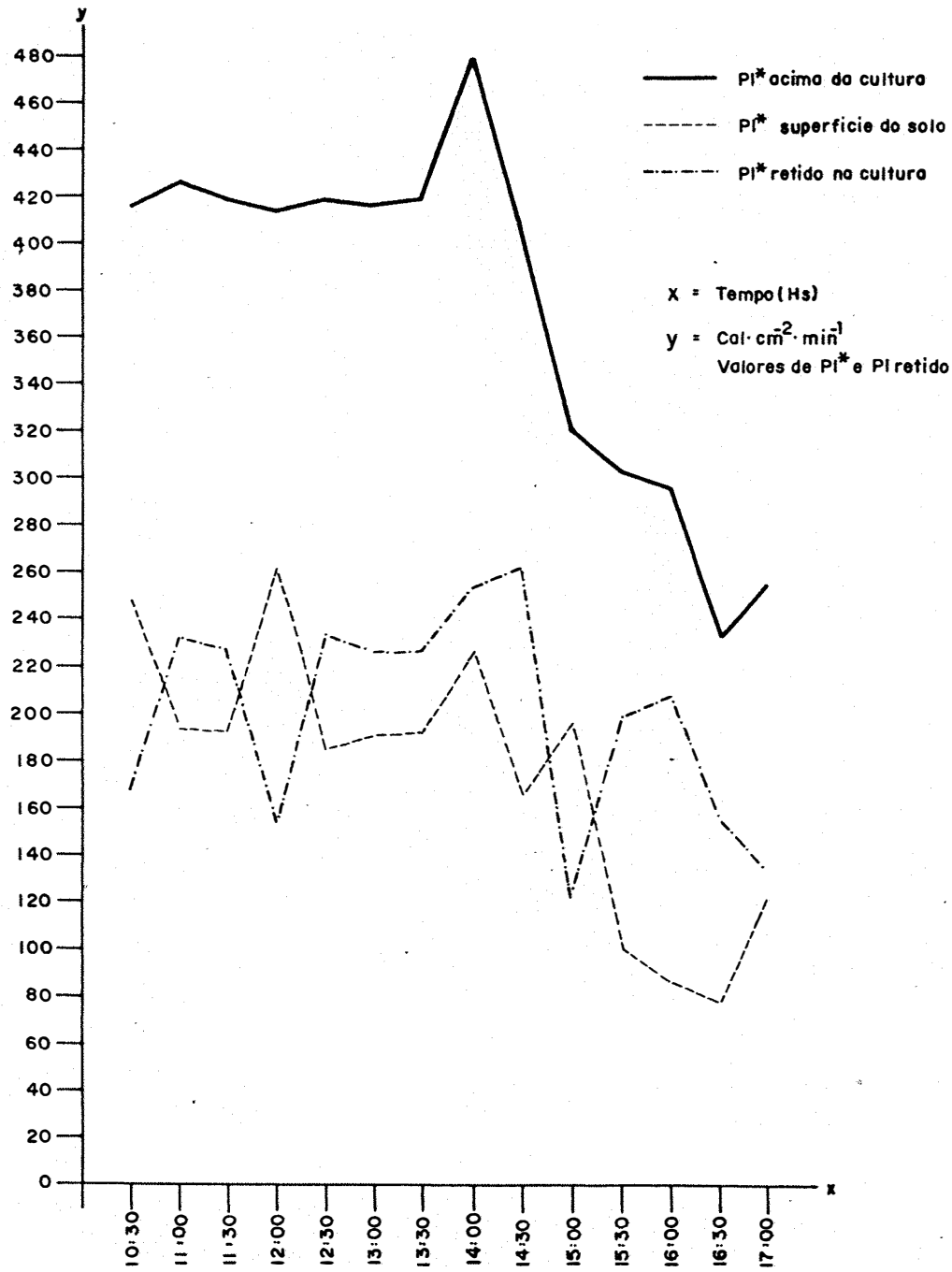


Figura 6 - Balanço de irradiância fotossintética na cultura do milho (*Zea mays*, L.), cultivar Cargill 111, para o tratamento quincôncio sem considerar o "sunflecks", em 04/01/80

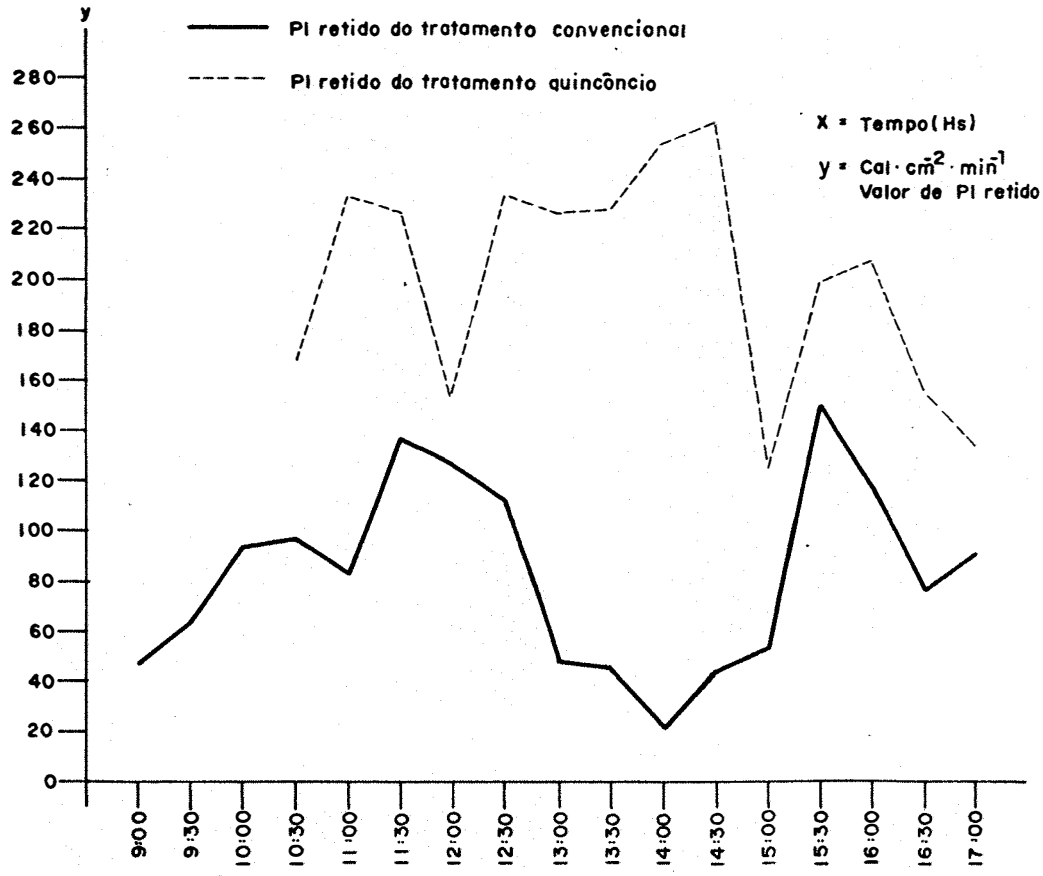


Figura 7 - Balanço de irradiância fotossintética na cultura do milho (*Zea mays*, L.), cultivar Cargill 111, para os tratamentos convencional e quincôncio sem considerar o "sunflecks"

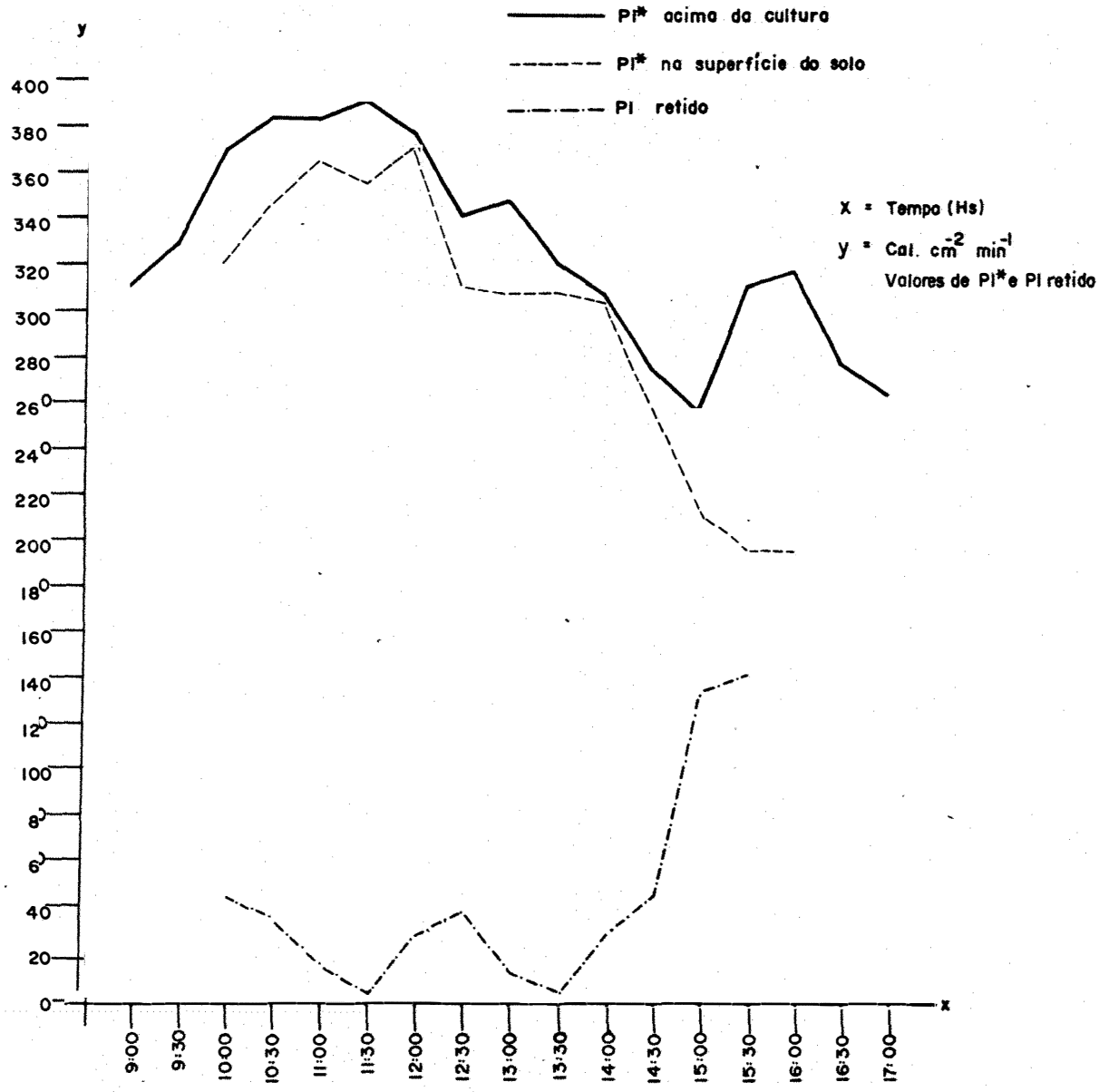


Figura 8 - Balanço de irradiância fotossintética na cultura do milho (*Zea mays*, L.), cultivar Cargill 111, para o tratamento convencional considerando o "sunflecks", em 05/01/80

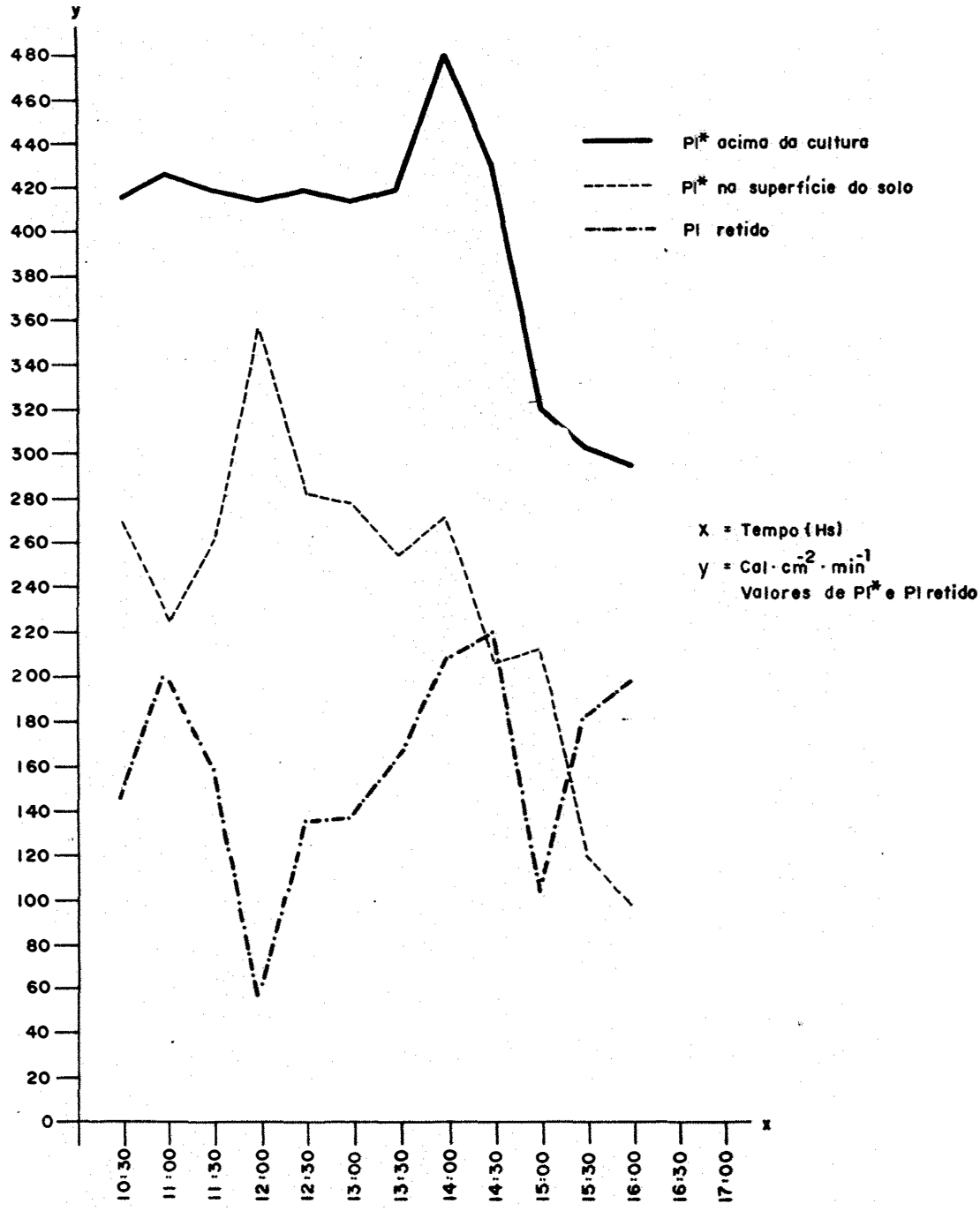


Figura 9 - Balanço de irradiância fotossintética na cultura do milho (*Zea mays*, L.), cultivar Cargill 111, para o tratamento quincôncio considerando o "sunflecks", em 04/01/80

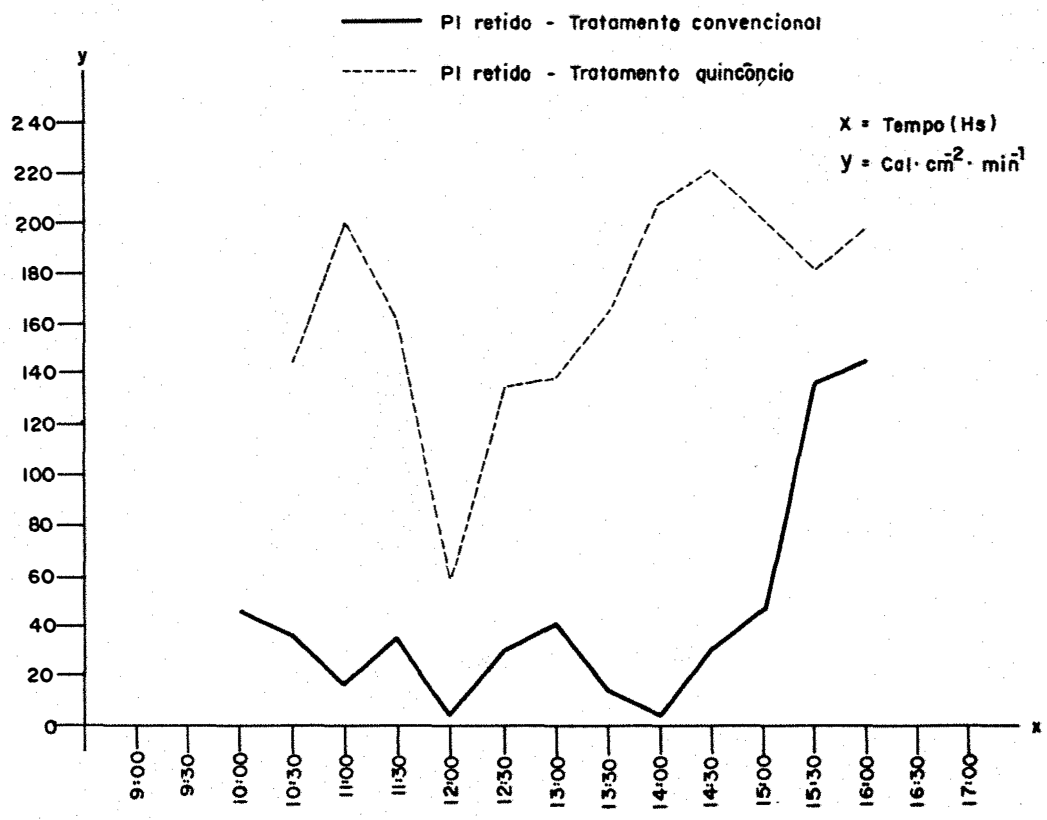


Figura 10 - Balanço de irradiância fotossintética na cultura do milho (*Zea mays*, L.), cultivar Cargill 111, para os tratamentos convencional e quincôncio considerando o "sunflecks"

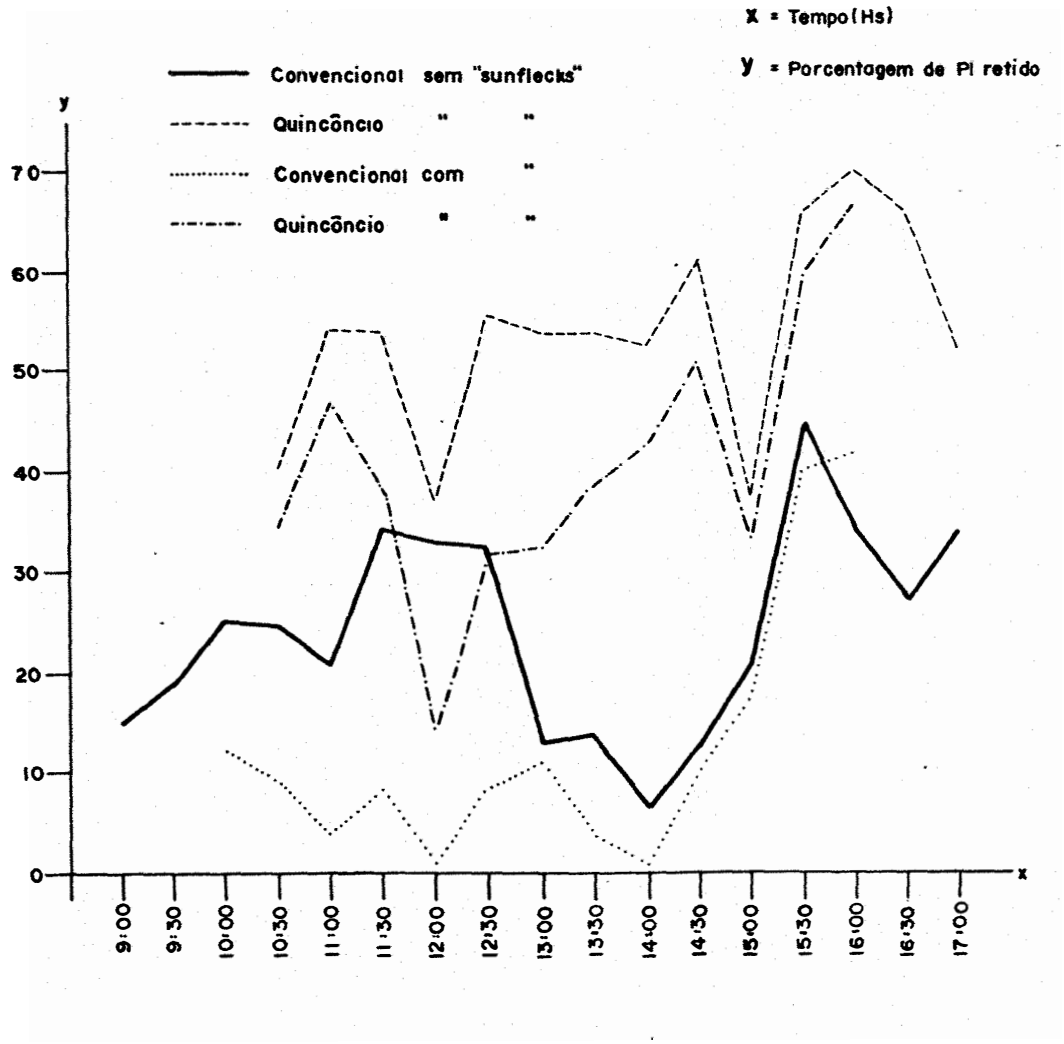


Figura 11 - Porcentagem de irradiância fotossintética retida na cultura do milho (*Zea mays*, L.), cultivar Cargill 111, para os tratamentos convencional e quincôncio, sem considerar e considerando o "sunflecks"

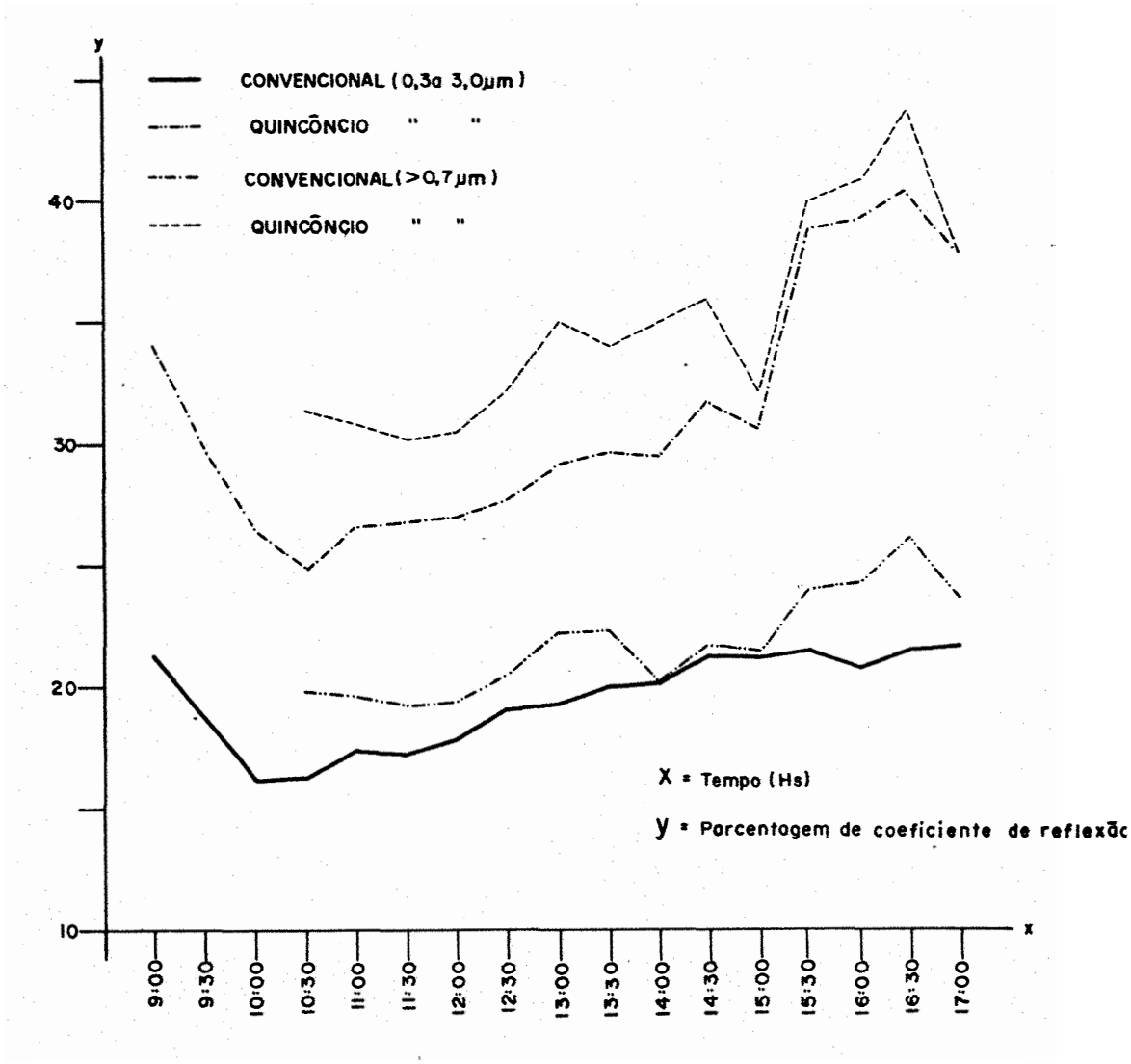


Figura 12 - Valores do coeficiente de reflexão em porcentagem, na cultura do milho (*Zea mays*, L.), cultivar Cargill 111, para os tratamentos convencional e quincôncio, considerando a radiação global e a radiação infra-vermelho próximo

5.3 - COMPORTAMENTO DA CULTURA

Os resultados do comportamento da cultura, relacionam-se inicialmente, ao crescimento em altura, acumulação de matéria seca e desenvolvimento da área foliar, ao longo do ciclo, no período de 23/10/79 a 14/01/80 , isto é dos vinte aos cento e três dias após a semeadura. Esses dados indicam a progressão do crescimento sob os diferentes aspectos mencionados. Posteriormente são apresentadas algumas relações entre os aspectos do crescimento, as quais permitem avaliar se o padrão de crescimento e desenvolvimento da cultura foi afetado pelos modelos de distribuição de plantas.

5.3.1 - ALTURA DA CULTURA

Na Tabela 17 e Figura 13 verifica-se que no tratamento quincôncio a cultura atingiu valores superiores a partir de 14/11/79 , com diferenças que variam de 6,0 a 34,0 cm, com uma média de 18,2 cm, o que significa uma diferença porcentual média de 9%.

No estágio em que foram feitas as medidas de balanço de radiação 04/01/80 a diferença era em torno de 21,5 cm.

TABELA 17 - Altura média das plantas de milho (*Zea mays*, L.), cultivar Cargill 111, em cm, ao longo do ciclo, nos tratamentos convencional e quincôncio

Data	Dias após a semeadura	Tratamento Convencional	Dias após a semeadura	Tratamento Quincôncio
23/10/79	20	19,20	21	17,20
30/10/79	27	37,80	28	44,80
06/11/79	34	62,00	35	62,80
14/11/79	42	68,00	43	91,80
20/11/79	48	143,40	49	156,40
27/11/79	55	179,20	56	189,00
04/12/79	62	214,00	63	248,00
11/12/79	69	243,00	70	257,00
18/12/79	76	254,00	77	260,0
27/12/79	85	267,00	86	293,00
07/01/80	96	264,00	97	281,00
14/01/80	103	254,00	104	280,00

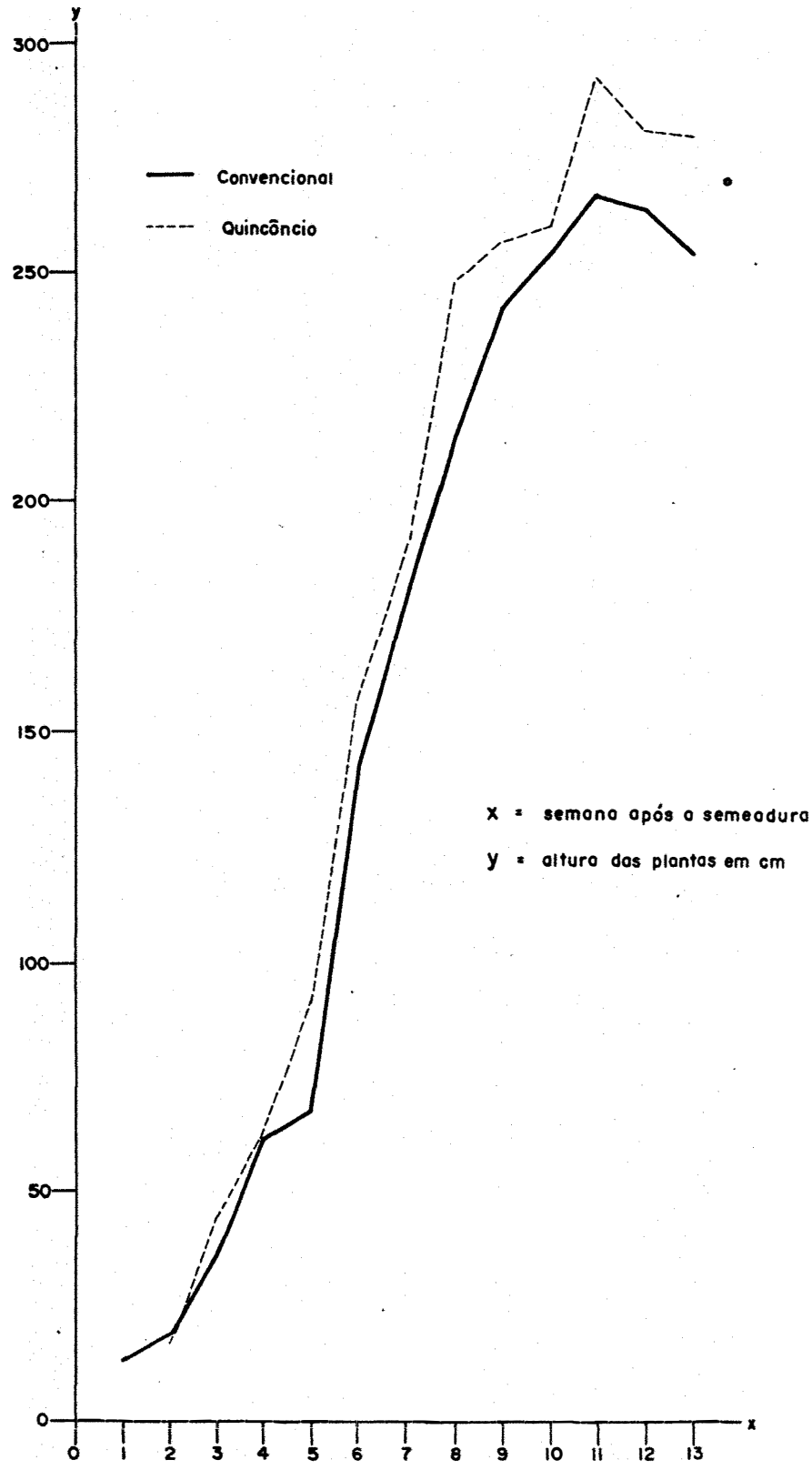


Figura 13 - Altura das plantas de milho (*Zea mays*, L.), cultivar Cargill 111, para os tratamentos convencional e quincôncio

5.3.2 - ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR

A área foliar por unidade de área cultivada, define o índice de área foliar (IAF) da cultura e é apresentado na Tabela 18 e na Figura 14. Verifica-se que ao longo de vinte e oito dias, no período de 20/11/79 à 18/12/79, o tratamento quincôncio, apresenta valores superiores. Esse período corresponde à fase de maior crescimento das espigas (Tabela 18), embora as diferenças não sejam muito grandes em termos de IAF. Observa-se que no estágio em que se determinou o balanço de radiação, os dois tratamentos apresentam IAF praticamente iguais 04/01/80.

5.3.3 - MATÉRIA SECA ACUMULADA

O crescimento da cultura, avaliado pela matéria seca acumulada ao longo do ciclo, é mostrado nas Tabelas 19 e 20 e Figura 15.

De uma forma geral, durante o período de observação, o tratamento quincôncio acumulou maior quantidade de matéria seca nos órgaos vegetativos e, neste mesmo período o tratamento convencional, nos órgãos reprodutivos.

TABELA 18 - Área foliar, em dm^2 (AF) e índice de área foliar (IAF), ao longo do ciclo da cultura de milho (*Zea mays*, L.), cultivar Cargill 111, nos tratamentos convencional e quincôncio

Data de amostragem	Tratamento Convencional		Tratamento Quincôncio	
	AF	IAF	AF	IAF
23/10/79	25,75	0,3	16,13	0,2
30/10/79	62,60	0,6	57,64	0,6
06/11/79	150,50	1,5	206,37	2,1
14/11/79	341,95	3,4	335,07	3,3
20/11/79	469,00	4,7	514,67	5,1
27/11/79	474,60	4,8	489,52	4,9
04/12/79	545,75	5,5	591,65	5,9
11/12/79	458,80	4,6	589,99	5,9
18/12/89	439,25	4,4	503,05	5,0
27/12/79	471,70	4,7	464,97	4,6
07/01/80	393,55	3,9	395,70	3,9
14/01/80	380,70	3,8	373,05	3,7

TABELA 19 - Matéria seca acumulada, em gramas, por m^2 de área cultivada, ao longo do ciclo nos diferentes órgãos das plantas de milho (*Zea mays*, L.), cultivar Cargill 111, nos tratamentos convencional e quincôncio

Data	Lâminas		Colmos + Bainhas		Panículas		Espigas	
	Convencional	Quincôncio	Convencional	Quincôncio	Convencional	Quincôncio	Convencional	Quincôncio
23/10/79	5,10	4,45	1,20	0,98	-	-	-	-
30/10/79	16,65	18,50	4,95	5,92	-	-	-	-
06/11/79	66,00	85,29	26,70	39,28	-	-	-	-
14/11/79	96,20	127,34	96,00	54,97	-	-	-	-
20/11/79	233,70	258,26	206,90	153,96	0,30	1,52	0,30	2,06
27/11/79	279,20	270,86	344,10	387,28	12,65	18,90	3,70	6,84
04/12/79	297,90	310,63	528,50	707,85	34,60	47,70	24,20	35,96
11/12/79	318,30	370,82	700,10	850,62	50,40	69,86	127,87	130,38
18/12/79	390,00	356,80	669,30	750,23	40,80	63,45	170,30	109,63
27/12/79	394,80	466,54	655,60	718,18	41,80	41,29	486,70	357,57
07/01/80	334,00	305,09	740,40	593,12	46,90	30,42	780,70	561,39
14/01/80	278,10	308,67	599,90	723,06	37,00	21,95	705,30	719,15

TABELA 20 - Matéria seca total acumulada, em gramas por m^2 de área cultivada, ao longo do ciclo da cultura do milho (*Zea mays*, L.), cultivar Cargill 111 nos tratamentos convencional e quincôncio

Data	Parte vegetativa		Parte reprodutiva		Total	
	Convencional	Quincôncio	Convencional	Quincôncio	Convencional	Quincôncio
23/10/79	6,30	5,43	-	-	6,30	5,43
30/10/79	21,60	24,50	-	-	21,60	24,50
06/11/79	92,70	124,57	-	-	92,70	124,57
14/11/79	192,70	182,21	-	-	192,20	182,21
20/11/79	440,60	412,22	0,60	3,58	441,20	415,80
27/11/79	623,30	658,14	15,35	25,74	635,20	683,88
04/12/79	826,40	1.018,48	58,80	83,66	885,20	1.102,14
11/12/79	1.018,40	1.221,44	178,20	200,24	1.196,60	1.421,68
18/12/79	1.059,30	1.107,03	211,10	173,08	1.214,30	1.280,11
27/12/79	1.050,40	1.184,72	528,50	398,86	1.579,40	1.583,58
07/01/80	1.074,40	898,21	827,60	591,81	1.902,00	1.490,02
14/01/80	877,90	1.031,73	742,30	741,10	1.620,30	1.772,10

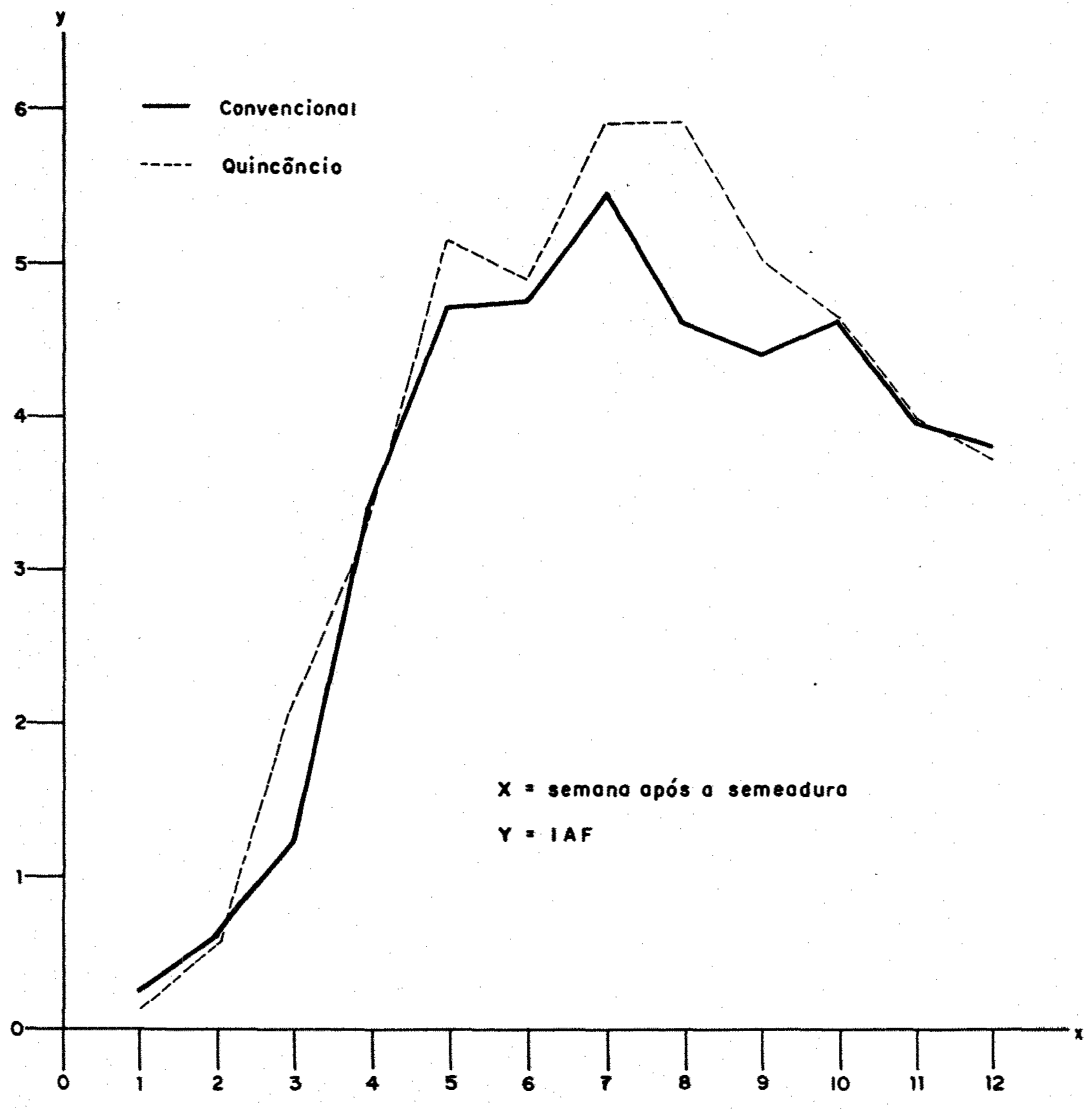


Figura 14 - Índice da área foliar na cultura do milho (*Zea mays*, L.), cultivar Cargill 111 , para os tratamentos convencional e quincôncio

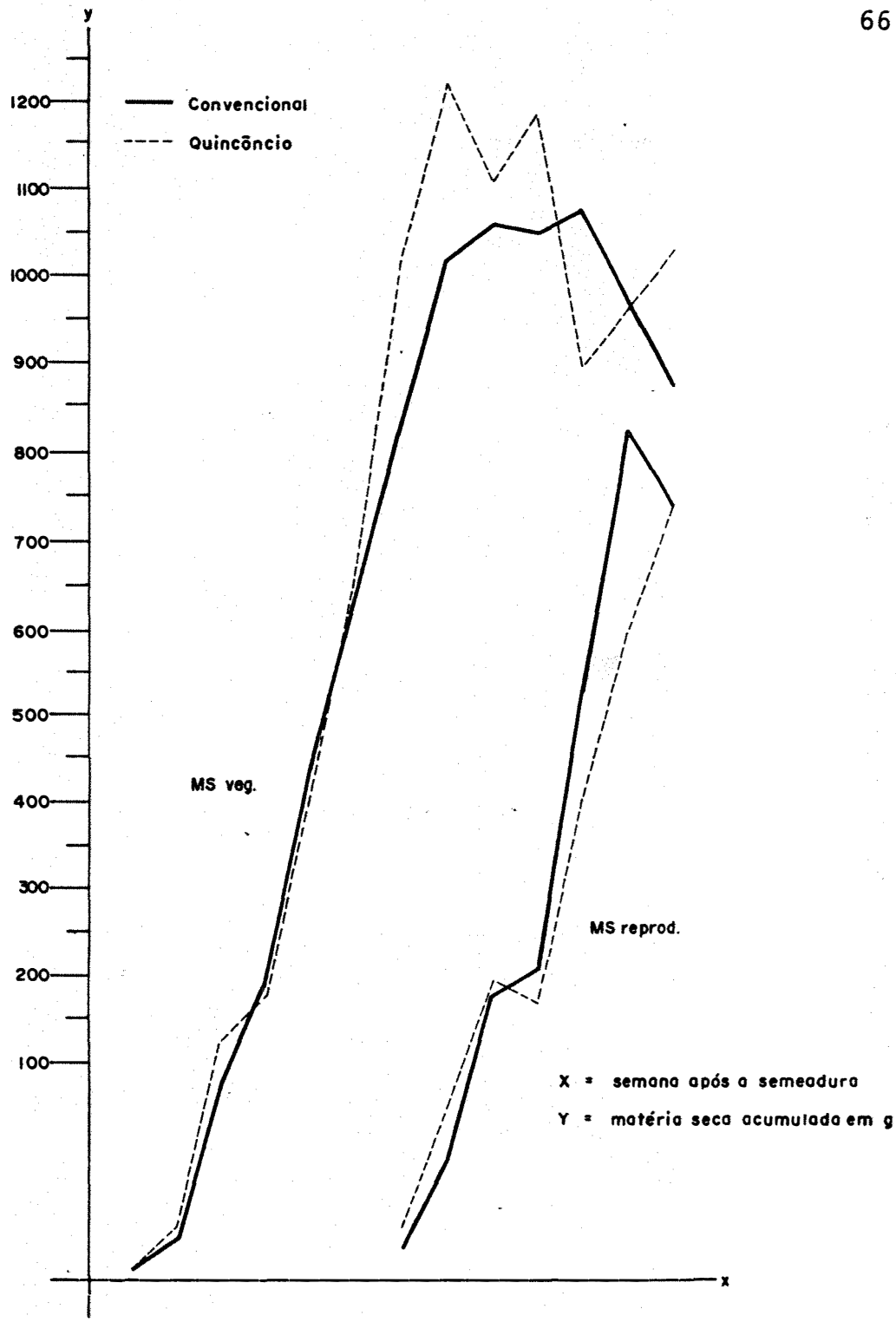


Figura 15 - Matéria seca vegetativa e reprodutiva na cultura do milho (*Zea mays*, L.), cultivar Cargill 111, para os tratamentos convencional e quincôncio

5.3.4 - RAZÃO DE ÁREA FOLIAR

A razão de área foliar (RAF) expressa a área foliar útil por planta, para a fotossíntese e apresenta duas componentes: área foliar específica (AFE) e razão de peso de folha (RPF).

Considerando-se que área foliar e matéria seca estão altamente correlacionadas, determinou-se, estatisticamente, a função que melhor expressasse a correlação entre os dois aspectos de crescimento ao longo do crescimento da cultura. Desta forma, pode-se verificar a tendência na evolução destes índices. Nas Figuras 17 e 18 , são mostradas as representações gráficas destas correlações.

Verifica-se que, em termos de RAF (Figura 16) até atingir um valor aproximado de 260 dm^2 de área foliar, o tratamento convencional apresenta-se superior ao quincôncio e a partir dessa fase passa a ser inferior, isto é, depois que é atingido cerca de 50% da área foliar máxima, o tratamento quincôncio requer maior superfície foliar para produzir a mesma quantidade de matéria seca, em relação ao tratamento convencional.

Ao se analisar as duas componentes de RAF, verificou-se que ocorre igualmente uma inversão em AFE (Figura 17), em torno de 340 dm^2 de área foliar, indicando que, a partir deste estágio o tratamento quincôncio apresentou uma tendência em manter a relação superfície / matéria seca de folhas su

perior, o que significa apresentar folhas mais finas,efeito característico de auto-sombreamento mais efetivo das lâminas, apesar dos dois tratamentos apresentarem IAF muito próximos (Tabela 18). A razão de peso de folhas (RPF), expressa a tendência em reter a maior ou menor quantidade de matéria seca nas folhas, isto é, menor ou maior eficiência em exportar o material produzido nas folhas para o resto da planta. A Figura 18 indica que, a medida que a cultura se desenvolve, o tratamento convencional é mais eficiente em exportar material das folhas do que o quincôncio. Este fato é observado ao se analisar a distribuição de matéria seca, nas Tabelas 21 e 22 até os noventa e sete dias após a semeadura. Após esta data percebe-se que as diferenças entre os tratamentos, começam a desaparecer.

5.3.5 - PRODUÇÃO DE GRÃOS

Na Tabela 23 são apresentados os resultados relativos à produção. Verifica-se que o tratamento quincôncio apresenta valores superiores aos do convencional com uma diferença de cerca de 12,5% e de 5% se considerado por planta.

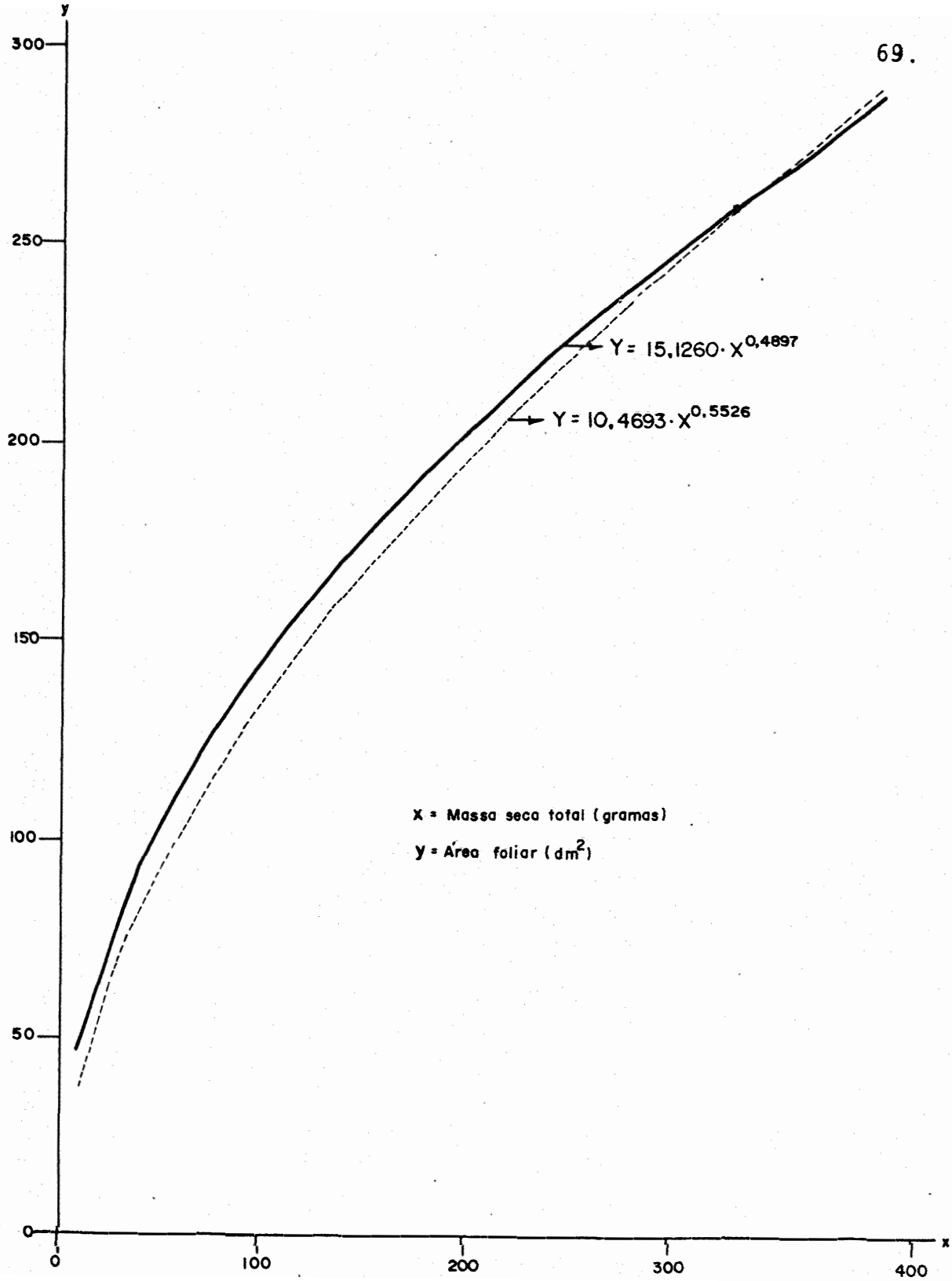


Figura 16 - Correlação entre área foliar (dm^2) e matéria seca total (grama) da cultura do milho (*Zea mays*, L.), cultivar Cargill 111, para os tratamentos convencional e quincôncio

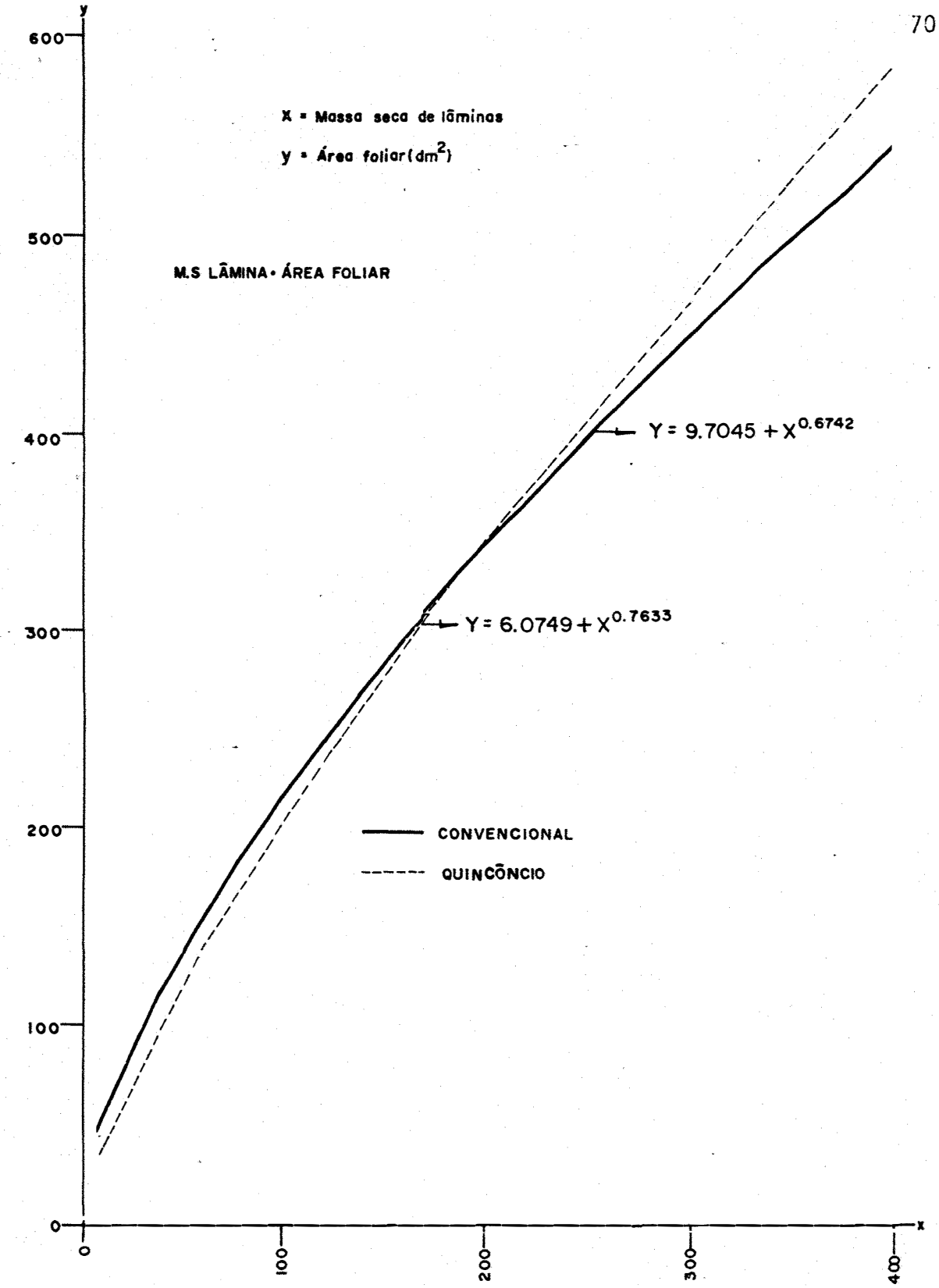


Figura 17 - Correlação entre área foliar (dm^2) e matéria seca de lâminas (grama), nos tratamentos convencional e quincôncio da cultura do milho (*Zea mays*, L.), cultivar Cargill 111

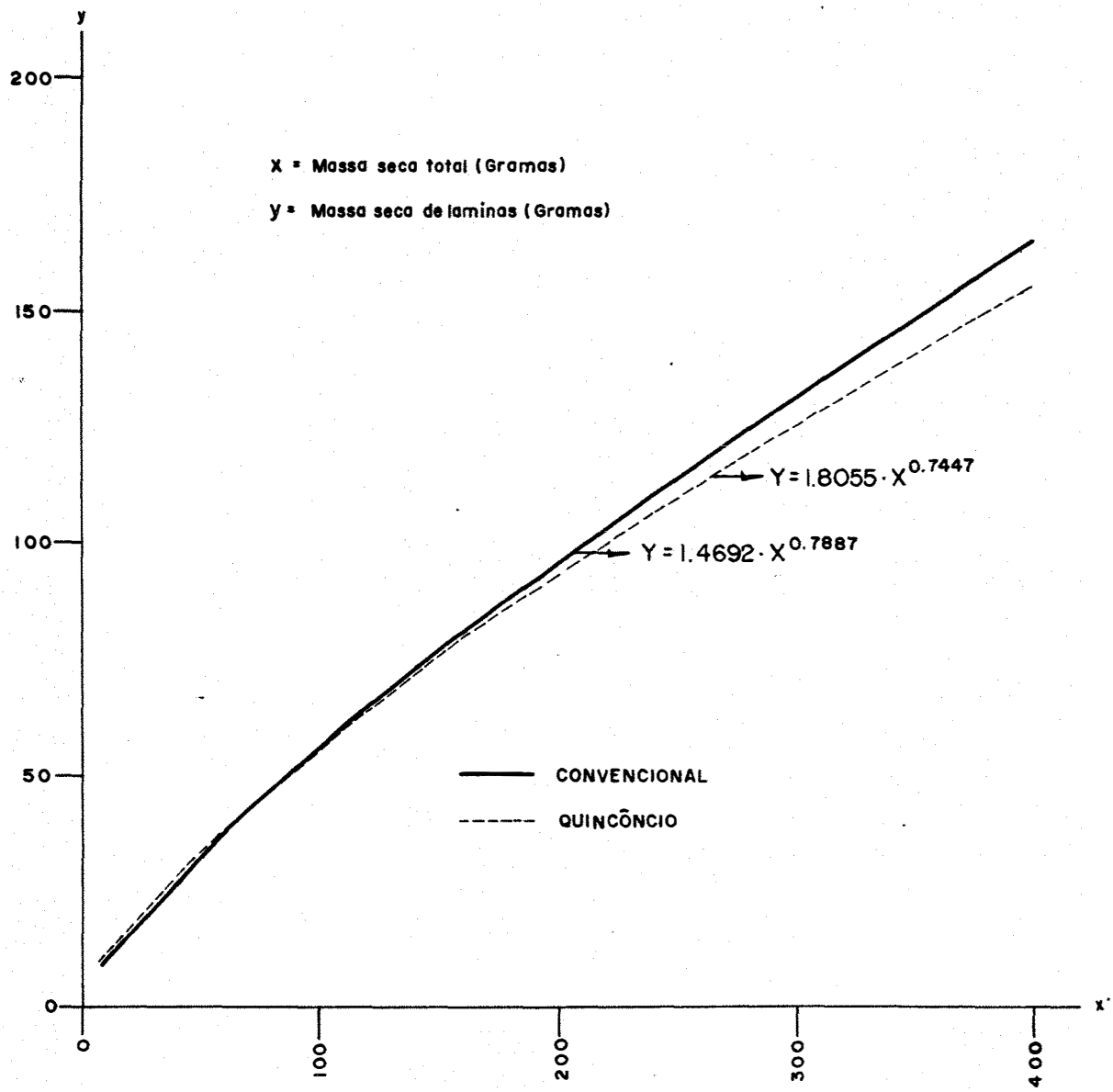


Figura 18 - Matéria seca total (grama) x matéria seca de lâminas (grama) nos tratamentos convencional e quincôncio no milho (*Zea mays*, L.), cultivar Cargill 111

TABELA 21 - Distribuição de matéria seca nas diferentes partes das plantas, em porcentagem, ao longo do ciclo da cultura do milho (*Zea mays*. L.), cultivar Cargill 111 , no tratamento convencional

Data	Dias após a semeadura	Lâminas	Colmos e bainhas	Parte vegetativa	Panículas	Espigas
16/10/79	13	82,6	17,4	100	-	-
23/10/79	20	81,0	19,0	100	-	-
30/10/79	27	77,1	22,9	100	-	-
06/11/79	34	71,1	28,9	100	-	-
14/11/79	42	50,1	49,9	100	-	-
20/11/79	48	53,0	46,9	99,9	0,05	0,05
27/11/79	55	43,7	53,8	97,5	2,00	0,50
04/12/79	62	33,7	59,7	93,4	3,90	2,70
11/12/79	69	26,6	58,5	85,1	4,20	10,70
18/12/79	76	27,5	55,1	82,6	3,40	14,00
27/12/79	85	25,0	41,5	66,5	2,60	30,90
07/01/80	96	17,6	38,9	56,5	2,50	41,00
14/01/80	103	17,2	37,0	54,2	2,30	43,50

TABELA 22 - Distribuição de matéria seca nas diferentes partes das plantas, em porcentagem, ao longo do ciclo da cultura do milho (*Zea mays*, L.), cultivar Cargill 111 , no tratamento quincôncio

Data	Dias após a semeadura	Lâminas	Colmos e bainhas	Parte vegetativa	Panículas	Espigas
23/10/79	21	82,00	18,00	100,00	-	-
30/10/79	28	75,80	24,20	100,00	-	-
06/11/79	35	68,50	31,50	100,00	-	-
14/11/79	43	69,90	30,10	100,00	-	-
20/11/79	49	62,10	37,00	99,10	0,04	0,05
27/11/79	56	39,60	56,60	96,20	2,80	1,00
04/12/79	63	28,00	64,20	92,40	4,30	3,30
11/12/79	70	26,10	59,80	85,90	4,90	9,20
18/12/79	77	27,90	58,60	86,50	4,90	8,60
27/12/79	86	29,50	45,30	74,80	2,60	22,60
07/01/80	97	20,50	39,80	60,30	2,00	37,70
14/01/80	104	17,40	40,80	58,20	1,20	40,60

TABELA 23 - Produção da parcela, em kg, e estimativa em kg/ha, porcentagem de grãos e ráquis do milho (*Zea mays*, L.), cultivar Cargill 111 , dos tratamentos convencional e quincôncio

	Tratamentos	
	Convencional	Quincôncio
Peso bruto (Kg) (ráquis + grãos)	325,00	367,80
Peso líquido (Kg) (grãos)	268,40	306,90
Porcentagem de grãos	83	83
Porcentagem de ráquis	17	17
Produção de grãos kg/ha	6.710	7.672

5.4 - Balanço de Radiação e Comportamento da Cultura

Os resultados obtidos com relação ao comportamento da cultura, permitem verificar que a arquitetura da planta foi alterada em termos de altura. No tratamento quincôncio as plantas foram mais altas do que no tratamento convencional (1,00 m x 0,20 m). Este foi, na realidade o principal aspecto do crescimento efetivamente afetado quando se variou a distribuição das plantas.

Os valores obtidos do balanço de radiação na fase de amadurecimento dos grãos indicam uma maior eficiência do tratamento quincôncio em reter energia radiante, especialmente na faixa do PAR.

Considerando-se que o IAF no período em que foram feitas as medidas era semelhante, havendo uma ligeira superioridade em AFE, pode-se inferir que no tratamento quincôncio , além das plantas serem mais altas, isto é, folhas mais eretas, pois a altura é medida no ponto de inflexão da folha mais alta, houve uma melhor distribuição dessas folhas ao longo da planta e nas várias camadas da cultura, caracterizando neste caso uma modificação na arquitetura da cultura como um todo provocando um auto-sombreamento que resultou em folhas mais finas quando comparado com o tratamento convencional, 1,00 m x 0,20 m , permitindo, portanto, maior transmissão de luz para as folhas inferiores. Este efeito, folhas mais eretas e mais finas, foi apontado por SHEEHY e POPPLE (1981) como a causa de

superioridade em utilização da radiação fotossinteticamente ativa de *Medicago sativa* L. , com relação a *Onobrychis vicifolia* Scop, considerando que outros parâmetros medidos, como capacidade fotossintética e respiração noturna por unidade de área foliar mostraram pouca diferença entre as culturas.

Mantém-se nos dois tratamentos o padrão de crescimento da cultura nos diferentes aspectos analisados, a modificação no padrão de distribuição das plantas, alterou principalmente a sua arquitetura e estrutura das folhas de forma suficiente a lhe permitir um melhor aproveitamento da radiação fotossinteticamente ativa, resultando em maior produção de graos.

Os resultados obtidos indicam de forma bem evidente que, no modelo convencionalmente adotado para o plantio de milho, a produtividade está limitada, não pelo potencial genético da planta, mas pela má distribuição dessas plantas impedindo-as de assimilar de forma mais eficiente os fatores do meio.

A distribuição das plantas no terreno, caracterizando um modelo hexagonal ou semelhante ao adotado no presente trabalho, resultou em melhor distribuição de folhas e maior interceptação de luz como mostram SINCLAIR e LEMON (1974) e DUNCAN (1967) ou quando o espaçamento entre as linhas é diminuido (DENMEAD *et alii*, 1962). Da mesma forma, adotando a mesma distribuição usada neste trabalho, MENDEZ (1980) verificou maior interceptação de luz pelas plantas.

Em todos os casos, a distribuição da folhagem é considerada o principal fator mas é dado sempre um destaque maior ao IAF nos modelos teóricos. Sendo assim, com base nos resultados obtidos quanto ao IAF, a planta em si não teria qualquer participação ativa nos resultados.

Na realidade, as diferenças em altura da planta, e em estrutura das folhas (AFE) mostradas neste trabalho são o indicador evidente de que a modificação do meio resultante da distribuição de plantas afetou de forma efetiva esses dois aspectos de crescimento da planta, que por sua vez interferiram na eficiência da mesma, associada à melhor distribuição das folhas.

6 - CONCLUSÃO

A análise e discussão dos resultados obtidos no presente trabalho indicam que:

a - Os dois modelos de semeadura utilizados apresentaram variação acentuada de "sunflecks" ao longo do dia, em medidas realizadas na fase de produção máxima de matéria seca.

b - No modelo quincôncial a interceptação de radiação solar incidente foi superior à do modelo convencional, principalmente no horário de 10:00 às 12:30 horas.

c - No modelo quincôncial ocorreu maior retenção de irradiâncias fotossintética (PI) independentemente de se considerar ou não o parâmetro "sunflecks", indicando que este modelo permite uma melhor distribuição das plantas e, consequentemente interceptação mais eficiente de luz.

d - A distribuição em quincôncio conduziu a um auto-sombreamento na cultura a partir dos quarenta e três dias após a semeadura, refletindo-se em altura superior das plantas neste tratamento quando comparado àquele de semeadura convencional.

e - O mesmo efeito de auto-sombreamento tornou-se evidente através da razão de área foliar e área foliar específica.

f - O modelo quincôncial de distribuição de plantas alcançou maior produção de grãos em 12,5% sem que, essa tendência, até os cento e três dias após a semeadura, fosse evidenciada, pelos valores de matéria seca produzida e acumulada nos grãos.

g - A superioridade, em termos de produção, pode ser perfeitamente justificada pelo fato da cultura, no modelo quincôncial, apresentar modificações na arquitetura das plantas em termos de distribuição e inclinação das folhas superiores (que conferem a altura da cultura), além de menor espessamento das folhas, o que foi comparado não apenas pelas medidas de crescimento como pelo balanço de radiação na fase de crescimento dos grãos.

7 - LITERATURA CITADA

AUBERTIN, G. M. e M. D. PETERS, 1961. Net radiation determinations in a cornfield. Agronomy Journal, 53: 269-272.

CARLETON, A. E. e W. H. FOOTE, 1975. A comparison of methods for estimating total leaf area of barley plants. Crop Science, 7(4): 105.

DE WIT, C. T., 1959. Potential photosynthesis of crop surfaces. Netherland Journal of Agricultural Science, 7: 141-149.

DENMEAD, O. T. ; L. J. FRITSCHEN e R. H. SHAW, 1962. Spatial distribution of net radiation in a corn field. Agronomy Journal, 5: 505-510.

DESJARDINS, R. L. ; T. R. SINCLAIR e E. R. LEMON, 1973. Light fluctuactions in corn. Agronomy Journal, 65: 904-908.

DOMENACK, C. M. R., 1980. Balanço de radiação solar de ondas curtas em três densidades de plantio do milho (*Zea mays* L.), var. Cargill 501. Dissertação de Mestrado. ESALQ/USP. Piracicaba, SP. 80p.

DUNCAN, W.G., 1967. Corn yields to meet the challenge. In: Mexicum crop yields. The Challenge American Society of Agronomy. 51-56.

GRAHAM, W. G. e K. M. KING, 1961. Short - wave reflection coefficient for a field of maize. Quartely Journal of Royal Meteorology Society, 87: 425-428.

LEMON, E.; D. W. STEWART e R. W. SCHAWCROFT, 1971. The sun's work in a cornfield. Science, 174: 371-378.

LINVILL, D. E. e R. F. DALE, 1975. Population density and sampling location effects on net radiation measurements over corn. Agronomy Journal, 67: 463-468.

MANN, J. E.; G. L. CURRY, D. W. DEMICHELE e D. N. BAKER, 1980. Light penetration in a row-crop with random plant spacing. Agronomy Journal, 72: 131-142.

MENDEZ, M.E.G., 1980. Balanço de radiação solar de ondas curtas de milho (*Zea mays* L.), variedade Centralmex. Dissertação de Mestrado. ESALQ/USP. Piracicaba, SP. 79p.

MONTEITH, J. L., 1959. The reflection of short-wave radiation by vegetation. Quartely Journal of Royal Meteorology Society, 85: 386-392.

MUCHOW, R.C.; D.B. COATES, G.L. WILSON e M.A. FOALE, 1982. Growth and productivity of irrigated *Sorghum bicolor* (L. Moench) in Northern Australia. I. Plant density and arragement effects on light interception and distribution and grain yield, in the hybrid Texas 610 SR in low and medium latitudes. Aust. J. Agric. Res., 33: 773-784.

RANZANI, G.; O. FREIRE e T. KINJO, 1966. Cartas de solo do município de Piracicaba. Piracicaba, SP. ESALQ/USP, 45-46.

REICHARDT, K. e P. L. LIBARDI, 1974. An analysis of soil water movement in the field: I. Hidrological field site characterization. CENA (BC-021), Piracicaba, SP. 21p.

REICHARDT, K.; F. GROHMANN; L. L. LIBARDI e S. V. QUEIROZ, 1976. Spatial variability of physical properties of a tropical soil. I - Geometric Properties. CENA (BT - 004). Piracicaba, SP. 27 p.

ROBLEDO, A.J. e J. M. SANTOS, 1979. Estudo preliminar de um piranômetro para medida do fluxo de radiação solar global. In: I Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, julho, 8-13. Mossorõ, RN.

SANTOS, J. M. dos, 1957. Contribuição aos estudos para determinação do albedo. (Tese de Doutorado). ESALQ/USP., Piracicaba, SP. 42 p.

SCARBSBROOK, C. E. e B. D. DOSS, 1973. Leaf area index and radiation as related to corn yield. Agronomy Journal, 65: 459-461.

SHEEHY, J.E. e S.C. POPPLE, 1981. Photosynthesis, water relations, temperature and canopy structure as factors influencing the growth of samfoim (*Onobrychis vicifolia* Scop.) and lucerne (*Medicago sativa* L.). Annals of Bot. 48 (1): 50-63.

SINCLAIR, T. R. e E. R. LEMON, 1974. Penetration of photosynthetically active radiation in corn canopies. Agronomy Journal, 66: 201-205.

SZEICZ, G., 1974. Solar radiation in crop canopies. The Journal of Applied Ecology, 11(3): 1117-1131.