**RELAÇÕES ECOLÓGICAS ENTRE AS CULTURAS DE MILHO (*Zea mays*) E
SERINGUEIRA (*Hevea brasiliensis*) EM UM SISTEMA AGROFLORESTAL**

LINO RICARDO RIOS FURIA
Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof. Dr. Durval Dourado-Neto

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

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Fevereiro - 2000

def 2003/00

ERRATA

<i>Pag.</i>	<i>§</i>	<i>Onde se lê</i>	<i>Leia-se</i>
xxii		...cultura de milho, interfaceando uma cultura de milho (na temporada...	...cultura de milho (na temporada...
3	1º	...(2) redução os danos causados...	...(2) redução dos danos causados...
5	4º	...a 11,0 m. do renque de...	...a 11,0 m. a partir do renque de...
6	1º	...árvores consorciados com trigo...	...árvores consorciadas com trigo...
20	2º	...mínima foram coletadaos junto...	...mínima foram coletadas junto...
65	5º	...grupo das plantas C3 e de menor...	...grupo das plantas C4 e de menor...

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

Furia, Lino Ricardo Rios

Relações ecológicas entre as culturas de milho (*Zea Mays*) e seringueira (*Hevea brasiliensis*) em um sistema agroflorestal / Lino Ricardo Rios Furia. - Piracicaba
2000.

103 p.

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

1. Consorciação de cultura 2. Fotossíntese 3. Milho 4. Matéria seca 5. Radiação solar 6. Relação solo-planta 7. Seringueira 8. Sistema agroflorestal I. Título

CDD 633.15

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

Aos meus pais ,

José Carlos e Maria Cecília

Presentes,

Pacientes e

Companheiros,

OFEREÇO.

À minha esposa Tatiana, pelo apoio e incentivo, e

À minha filha Gabriela, pela energia que alegra a vida,

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo amor e pela constante presença em todos os momentos.

Ao Departamento de Produção Vegetal da ESALQ/USP, por mais essa oportunidade em aprender e aprimorar.

Ao CNPq pelo apoio financeiro, sem o qual esta caminhada teria sido mais árdua.

Ao sempre Tio Edi, a mãozinha que faltava para que esse trabalho fosse concluído.

Ao Prof. Durval Dourado Neto, orientador, amigo e companheiro.

Ao Prof. Marcos Silveira Bernardes, mentor da idéia desse trabalho, exemplo, conselheiro e mais do que tudo: ao parceiro "Gabirola".

Ao Prof. José Dias Costa pelos seus conselhos e ponderações sobre a vida e os caminhos a serem tomados.

Aos colegas Axel García y García, Maria del Valle Basanta e Ramiro, que longe de suas pátrias, ao final da minha jornada, mostraram o que é amizade e companheirismo.

À bibliotecária Eliane pela revisão do item REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

Aos funcionários e estagiários do Departamento de produção Vegetal pela colaboração na fase experimental, que permitiram a efetiva realização desse trabalho.

A todos aqueles que de alguma maneira contribuíram para que este trabalho chegasse ao fim...

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS	IX
LISTA DE TABELAS	XII
LISTA DE SÍMBOLOS	XX
RESUMO	XXII
SUMMARY	XXIV
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO DE LITERATURA	2
2.1 Sistemas agroflorestais	2
2.1.1 Definição	2
2.1.2 Características	2
2.1.3 Radiação solar	4
2.1.4 Interações no solo	7
2.2 A cultura de milho	9
2.2.1 Importância	9
2.2.2 Fenologia	9
2.2.3 Radiação solar e rendimento	10
2.2.4 A cultura de milho inserida no contexto de sistemas agroflorestais	11
2.3 A cultura de seringueira	12
2.3.1 Importância	12
2.3.2 A cultura de seringueira inserida no contexto de sistemas agroflorestais	13
3 MATERIAL E MÉTODOS	15

3.1	Local do experimento	15
3.2	Instalação do experimento	15
3.2.1	Tratamentos	15
3.2.2	As parcelas experimentais	15
3.2.3	População de plantas e híbrido utilizado	19
3.2.4	Adubação	19
3.2.5	O sistema de irrigação	19
3.3	Amostragens	19
3.4	Determinações: procedimentos gerais	20
3.4.1	Temperatura	20
3.4.2	Radiação solar	20
3.4.3	Massa de matéria seca	23
3.4.4	Massa foliar específica e índice de área foliar	23
3.4.5	Fenologia	24
3.4.6	Número de graus-dia relativo	24
3.5	Análise estatística	25
3.5.1	Análise de variância	25
3.5.2	Análise de regressão	26
3.5.2.1	Modelos descritivos	26
3.5.2.2	Modelos extrapoláveis	27
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
4.1	Local do experimento	29
4.2	Determinações: resultados obtidos	29
4.2.1	Temperatura	29
4.2.2	Radiação solar	31
4.2.3	Massa de matéria seca	33
4.2.4	Massa foliar específica e índice de área foliar	33
4.2.5	Fenologia	34
4.2.6	Número de graus-dia relativo	34

4.3	Análise estatística	39
4.3.1	Análise de variância	39
4.3.2	Análise de regressão	39
4.3.2.1	Modelos descritivos	39
4.3.2.1.1	Rendimento de grãos	40
4.3.2.1.2	Massa de matéria seca de folha	41
4.3.2.1.3	Massa de matéria seca de colmo	45
4.3.2.1.4	Massa de matéria seca de espiga	49
4.3.2.1.5	Massa de matéria seca de parte aérea total	51
4.3.2.1.6	Índice de área foliar	55
4.3.2.2	Modelos extrapoláveis	59
4.3.2.2.1	Massa de matéria seca relativa de folha	59
4.3.2.2.2	Massa de matéria seca relativa de colmo	60
4.3.2.2.3	Massa de matéria seca relativa de espiga	61
4.3.2.2.4	Massa de matéria seca relativa de parte aérea total	62
4.3.2.2.5	Índice de área foliar	63
4.4	Considerações finais	64
5	CONCLUSÕES	67
6	ANEXO	68
6.1	Análise estatística	68
6.1.1	Rendimento de grãos	68
6.1.2	Massa de matéria seca de folha	70
6.1.3	Massa de matéria seca de colmo	73
6.1.4	Massa de matéria seca de espiga	76
6.1.5	Massa de matéria seca de parte aérea total	79
6.1.6	Índice de área foliar	82
6.2	Dados coletados	85
6.2.1	Rendimento de grãos	85
6.2.2	Massa de matéria seca de folha	86
6.2.3	Massa de matéria seca de colmo	88

6.2.4	Massa de matéria seca de espiga	90
6.2.5	Massa de matéria seca total de parte aérea	92
6.2.6	Índice de área foliar	94
6.2.7	Radiação solar	96
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS		97

LISTA DE FIGURAS**Página**

- Figura 1. Representação esquemática da área experimental ilustrando a distribuição espacial das parcelas, na área experimental do Departamento de Produção Vegetal da ESALQ, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP. 17
- Figura 2. Desenho esquemático de uma parcela experimental demonstrando a disposição dos radiômetros em relação às plantas de seringueira e às linhas de milho, bem como os locais de amostragem em função das épocas. 18
- Figura 3. Disposição dos tubos solarímetros (radiômetros) em relação às plantas de seringueira, às linhas de milho e à trincheira com filme plástico. 22
- Figura 4. Variação temporal da temperatura máxima e mínima ao longo do ciclo da cultura (em função no número relativo de graus-dias, GDr). 30
- Figura 5. Variação temporal, ao longo do ciclo da cultura, da temperatura média do ar. 30
- Figura 6. Rendimento de grãos (G, g/5 plantas) em função da distância do renque de seringueiras (Dt, m). 41
- Figura 7. Massa de matéria seca de folha (F, g/10 plantas), referente à primeira amostragem, em função da distância do renque de seringueiras (Dt, m). 43
- Figura 8. Massa de matéria seca de folha (F, g/5 plantas), referente à segunda amostragem, em função da distância do renque de seringueiras (Dt, m). 43
- Figura 9. Massa de matéria seca de folha (F, g/5 plantas), referente à terceira amostragem, em função da distância do renque de seringueiras (Dt, m). 44
- Figura 10. Massa de matéria seca de folha (F, g/5 plantas), referente à quarta amostragem, em função da distância do renque de seringueiras (Dt, m). 44

Figura 11. Massa de matéria seca de colmo (Co, g/10 plantas), referente à primeira amostragem, em função da distância do renque de seringueiras (Dt, m).	47
Figura 12. Massa de matéria seca de colmo (Co, g/5 plantas), referente à segunda amostragem, em função da distância do renque de seringueiras (Dt, m).	47
Figura 13. Massa de matéria seca de colmo (Co, g/ 5 plantas), referente à terceira amostragem, em função da distância do renque de seringueiras (Dt, m).	48
Figura 14. Massa de matéria seca de colmo (Co, g/5 plantas), referente à quarta amostragem, em função da distância do renque de seringueiras (Dt, m).	48
Figura 15. Massa de matéria seca de espiga (E, g/5 plantas), referente à segunda amostragem, em função da distância do renque de seringueiras (Dt, m).	50
Figura 16. Massa de matéria seca de espiga (E, g/5 plantas), referente à terceira amostragem, em função da distância do renque de seringueiras (Dt, m).	50
Figura 17. Massa de matéria seca de espiga (E, g/5 plantas), referente à quarta amostragem, em função da distância do renque de seringueiras (Dt, m).	51
Figura 18. Massa de matéria seca de parte aérea total (T, g/10 plantas), referente à primeira amostragem, em função da distância do renque de seringueiras (Dt, m).	53
Figura 19. Massa de matéria seca de parte aérea total (T, g/5 plantas), referente à segunda amostragem, em função da distância do renque de seringueiras (Dt, m).	53
Figura 20. Massa de matéria seca de parte aérea total (T, g/5 plantas), referente à terceira amostragem, em função da distância do renque de seringueiras (Dt, m).	54
Figura 21. Massa de matéria seca de parte aérea total (T, g/5 plantas), referente à quarta amostragem, em função da distância do renque de seringueiras (Dt, m).	54
Figura 22. Índice de área foliar (IAF, m ² /m ²), referente à primeira amostragem, em função da distância do renque de seringueiras (Dt, m).	57

Figura 23. Índice de área foliar (IAF, m^2/m^2), referente à segunda amostragem, em função da distância do renque de seringueiras (Dt, m).	57
Figura 24. Índice de área foliar (IAF, m^2/m^2), referente à terceira amostragem, em função da distância do renque de seringueiras (Dt, m).	58
Figura 25. Índice de área foliar (IAF, m^2/m^2), referente à quarta amostragem, em função da distância do renque de seringueiras (Dt, m).	58
Figura 26. Massa de matéria seca relativa de folha (Fr) em função do número relativo de graus-dia (GDr) e da radiação solar relativa (RR).	60
Figura 27. Massa de matéria seca relativa de colmo (Cr) em função do número relativo de graus-dia (GDr) e da radiação solar relativa (RR).	61
Figura 28. Massa de matéria seca relativa de espiga (Er) em função do número relativo de graus-dia (GDr) e da radiação solar relativa (RR).	62
Figura 29. Massa de matéria seca relativa de parte aérea total (Tr) em função do número relativo de graus-dia (GDr) e da radiação solar relativa (RR).	63
Figura 30. Índice de área foliar (IAF, m^2/m^2) em função do número relativo de graus-dia (GDr) e da radiação solar relativa (RR).	64

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1. Datas de amostragens e estádios fenológicos referentes aos três tratamentos.	20
Tabela 2. Esquema da análise da variância.	26
Tabela 3. Modelos propostos para massa de matéria seca de folha (F, g/5 plantas), colmo (Co, g/5 plantas), espiga (E, g/5 plantas) e parte aérea total (T, g/5 plantas), rendimento de grãos (G, g/5 plantas) e índice de área foliar (IAF, m^2/m^2) em função da distância (Dt, m).	27
Tabela 4. Modelos propostos para massa de matéria seca relativa de folha (Fr), colmo (Cr), espiga (Er) e parte aérea total (Tr) e índice de área foliar (IAF, m^2/m^2) em função do número relativo de graus-dia (GDr) e radiação relativa (RR).	28
Tabela 5. Coeficiente de correção (CCr_n) de cada radiômetro em função da leitura de radiação solar do piranômetro (P_i).	31
Tabela 6. Valores de radiação relativa (RR_n) em cada posição em função da radiação medida na estação.	32
Tabela 7. Massa foliar específica (MFe, mg/cm^2), para cada posição, obtida durante a terceira coleta (estádio fenológico: grão pastoso).	33
Tabela 8. Resultados das observações fenológicas.	34
Tabela 9. Temperaturas máxima (T_{max_i} , °C) e mínima (T_{min_i} , °C) do ar, número de graus-dia no i-ésimo dia (G_i , °C.dia) e até o i-ésimo dia após a emergência (GDi , °C.dia), número de dias após a emergência (i) e número de graus-dia relativo da cultura (GDr_i) de milho no período de 4 de janeiro a 4 de fevereiro de 1997. Departamento de Produção Vegetal, ESALQ/USP. Data de semeadura: 27 de dezembro de 1996. Data de colheita: 6 de maio de 1997.	35

Tabela 10. Temperaturas máxima (T_{max_i} , °C) e mínima (T_{min_i} , °C) do ar, número de graus-dia no i-ésimo dia (G_i , °C.dia) e até o i-ésimo dia após a emergência (GDi , °C.dia), número de dias após a emergência (i) e número de graus-dia relativo da cultura (GDr_i) de milho no período de 5 de fevereiro a 8 de março de 1997. Departamento de Produção Vegetal, ESALQ/USP. Data de semeadura: 27 de dezembro de 1996. Data de colheita: 6 de maio de 1997.	36
Tabela 11. Temperaturas máxima (T_{max_i} , °C) e mínima (T_{min_i} , °C) do ar, número de graus-dia no i-ésimo dia (G_i , °C.dia) e até o i-ésimo dia após a emergência (GDi , °C.dia), número de dias após a emergência (i) e número de graus-dia relativo da cultura (GDr_i) de milho no período de 9 de março a 9 de abril de 1997. Departamento de Produção Vegetal, ESALQ/USP. Data de semeadura: 27 de dezembro de 1996. Data de colheita: 6 de maio de 1997.	37
Tabela 12. Temperaturas máxima (T_{max_i} , °C) e mínima (T_{min_i} , °C) do ar, número de graus-dia no i-ésimo dia (G_i , °C.dia) e até o i-ésimo dia após a emergência (GDi , °C.dia), estágio fenológico, número de dias após a emergência (i) e número de graus-dia relativo da cultura (GDr_i) de milho no período de 10 de abril a 6 de maio de 1997. Departamento de Produção Vegetal, ESALQ/USP. Data de semeadura: 27 de dezembro de 1996. Data de colheita: 6 de maio de 1997.	38
Tabela 13. Modelo referente ao rendimento de grão (G , g/5 plantas) em função da distância (Dt , m) da seringueira, com os respectivos coeficientes de correlação (r), número de observações (n), desvio padrão (s), e valor F .	40
Tabela 14. Modelo referente à massa de matéria seca de folha (g/5 plantas) em função da distância da seringueira, com os respectivos coeficientes de correlação (r), número de observações (n), desvio padrão (s) e valor F .	42

Tabela 15. Modelo referente à massa de matéria seca de colmo (g/5 plantas) em função da distância da seringueira, com os respectivos coeficientes de correlação (r), número de observações (n), desvio padrão (s) e valor F.	46
Tabela 16. Modelo referente à massa de matéria seca de espiga (g/5 plantas) em função da distância da seringueira, com os respectivos coeficientes de correlação (r), número de observações (n), desvio padrão (s) e valor F.	49
Tabela 17. Modelo referente à massa de matéria seca de parte aérea total (g/5 plantas) em função da distância (Dt, m) da seringueira, com os respectivos coeficientes de correlação (r), número de observações (n), desvio padrão (s) e valor F.	52
Tabela 18. Modelo referente ao índice de área foliar (m^2/m^2) em função da distância da seringueira, com os respectivos coeficientes de correlação (r), número de observações (n), desvio padrão (s) e valor F.	56
Tabela 19. Modelo referente à massa de matéria seca relativa de folha (Fr) em função do número relativo de graus-dia (GDr) e da radiação relativa (RR), com os respectivos coeficientes de correlação (r), número de observações (n), desvio padrão (s) e valor F.	59
Tabela 20. Modelo referente à massa de matéria seca relativa de colmo (Cr) em função do número relativo de graus-dia (GDr) e da radiação relativa (RR), com os respectivos coeficientes de correlação (r), número de observações (n), desvio padrão (s) e valor F.	60
Tabela 21. Modelo referente à massa de matéria seca relativa de espiga (Er) em função do número relativo de graus-dia (GDr) e da radiação relativa (RR), com os respectivos coeficientes de correlação (r), número de observações (n), desvio padrão (s) e valor F.	61
Tabela 22. Modelo referente à massa de matéria seca relativa de parte aérea total (Tr) em função do número relativo de graus-dia (GDr) e da radiação relativa (RR), com os respectivos coeficientes de correlação (r), número de observações (n), desvio padrão (s) e valor F.	62

Tabela 23. Modelo referente ao índice de área foliar (IAF, m^2/m^2) em função do número relativo de graus-dia (GDr) e da radiação relativa (RR), com os respectivos coeficientes de correlação (r), número de observações (n), desvio padrão (s) e valor F.	63
Tabela 24. Sumário do resultado do teste de comparação entre os valores médios de rendimento de grãos referentes ao <u>tratamento 1 (sem competição por água)</u> e aos sete diferentes níveis de radiação solar (R ₁ , R ₂ , R ₃ , R ₄ , R ₅ , R ₆ e R ₇) na quarta época de amostragem.	68
Tabela 25. Sumário do resultado do teste de comparação entre os valores médios de rendimento de grãos referentes ao <u>tratamento 2 (com competição por água)</u> e aos sete diferentes níveis de radiação solar (R ₁ , R ₂ , R ₃ , R ₄ , R ₅ , R ₆ e R ₇) na quarta época de amostragem.	69
Tabela 26. Sumário do resultado do teste de comparação entre os valores médios de rendimento de grãos referentes aos <u>dois tratamentos (com e sem competição por água)</u> e aos sete diferentes níveis de radiação solar (R ₁ , R ₂ , R ₃ , R ₄ , R ₅ , R ₆ e R ₇) na quarta época de amostragem.	69
Tabela 27. Sumário do resultado do teste de comparação entre os valores médios de massa de matéria seca de <u>folha</u> referentes ao <u>tratamento 1 (sem competição por água)</u> e aos sete diferentes níveis de radiação solar (R ₁ , R ₂ , R ₃ , R ₄ , R ₅ , R ₆ e R ₇) nas quatro épocas de amostragem.	70
Tabela 28 Sumário do resultado do teste de comparação entre os valores médios de massa de matéria seca de <u>folha</u> referentes ao <u>tratamento 2 (com competição por água)</u> e aos sete diferentes níveis de radiação solar (R ₁ , R ₂ , R ₃ , R ₄ , R ₅ , R ₆ e R ₇) nas quatro épocas de amostragem.	71
Tabela 29. Sumário do resultado do teste de comparação entre os valores médios de massa de matéria seca de <u>folha</u> referentes aos <u>dois tratamentos (com e sem competição por água)</u> e aos sete diferentes níveis de radiação solar (R ₁ , R ₂ , R ₃ , R ₄ , R ₅ , R ₆ e R ₇) nas quatro épocas de amostragem.	72

- Tabela 30. Sumário do resultado do teste de comparação entre os valores médios de massa de matéria seca de colmo referentes ao tratamento 1 (sem competição por água) e aos sete diferentes níveis de radiação solar (R1, R2, R3, R4, R5, R6 e R7) nas quatro épocas de amostragem. 73
- Tabela 31. Sumário do resultado do teste de comparação entre os valores médios de massa de matéria seca de colmo referentes ao tratamento 2 (com competição por água) e aos sete diferentes níveis de radiação solar (R1, R2, R3, R4, R5, R6 e R7) nas quatro épocas de amostragem. 74
- Tabela 32. Sumário do resultado do teste de comparação entre os valores médios de massa de matéria seca de colmo referentes aos dois tratamentos (com e sem competição por água) e aos sete diferentes níveis de radiação solar (R1, R2, R3, R4, R5, R6 e R7) nas quatro épocas de amostragem. 75
- Tabela 33. Sumário do resultado do teste de comparação entre os valores médios de massa de matéria seca de espiga referentes ao tratamento 1 (sem competição por água) e aos sete diferentes níveis de radiação solar (R1, R2, R3, R4, R5, R6 e R7) nas três épocas de amostragem. 76
- Tabela 34. Sumário do resultado do teste de comparação entre os valores médios de massa de matéria seca de espiga referentes ao tratamento 2 (com competição por água) e aos sete diferentes níveis de radiação solar (R1, R2, R3, R4, R5, R6 e R7) nas três épocas de amostragem. 77
- Tabela 35. Sumário do resultado do teste de comparação entre os valores médios de massa de matéria seca de espiga referentes aos dois tratamentos (com e sem competição por água) e aos sete diferentes níveis de radiação solar (R1, R2, R3, R4, R5, R6 e R7) nas três épocas de amostragem. 78
- Tabela 36. Sumário do resultado do teste de comparação entre os valores médios de massa de matéria seca de total referentes ao tratamento 1 (sem

competição por água) e aos sete diferentes níveis de radiação solar (R ₁ , R ₂ , R ₃ , R ₄ , R ₅ , R ₆ e R ₇) nas quatro épocas de amostragem.	79
Tabela 37. Sumário do resultado do teste de comparação entre os valores médios de massa de matéria seca de <u>total</u> referentes ao <u>tratamento 2 (com competição por água)</u> e aos sete diferentes níveis de radiação solar (R ₁ , R ₂ , R ₃ , R ₄ , R ₅ , R ₆ e R ₇) nas quatro épocas de amostragem.	80
Tabela 38. Sumário do resultado do teste de comparação entre os valores médios de massa de matéria seca de <u>total</u> referentes aos <u>dois tratamentos (com e sem competição por água)</u> e aos sete diferentes níveis de radiação solar (R ₁ , R ₂ , R ₃ , R ₄ , R ₅ , R ₆ e R ₇) nas quatro épocas de amostragem.	81
Tabela 39. Sumário do resultado do teste de comparação entre os valores médios de <u>índice de área foliar</u> referentes ao <u>tratamento 1 (sem competição por água)</u> e aos sete diferentes níveis de radiação solar (R ₁ , R ₂ , R ₃ , R ₄ , R ₅ , R ₆ e R ₇) nas quatro épocas de amostragem.	82
Tabela 40. Sumário do resultado do teste de comparação entre os valores médios de <u>índice de área foliar</u> referentes ao <u>tratamento 2 (com competição por água)</u> e aos sete diferentes níveis de radiação solar (R ₁ , R ₂ , R ₃ , R ₄ , R ₅ , R ₆ e R ₇) nas quatro épocas de amostragem.	83
Tabela 41. Sumário do resultado do teste de comparação entre os valores médios de índice de área foliar referentes aos <u>dois tratamentos (com e sem competição por água)</u> e aos sete diferentes níveis de radiação solar (R ₁ , R ₂ , R ₃ , R ₄ , R ₅ , R ₆ e R ₇) nas quatro épocas de amostragem.	84
Tabela 42. Sumário dos dados coletados de rendimento de grãos (g/5 plantas) referentes ao <u>tratamento 1 (sem competição por água)</u> nos sete diferentes níveis de radiação solar (R ₁ , R ₂ , R ₃ , R ₄ , R ₅ , R ₆ e R ₇) na quarta época de amostragem nas quatro repetições (r ₁ , e ₂ , r ₃ e r ₄).	85
Tabela 43. Sumário dos dados coletados de rendimento de grãos (g/5 plantas) referentes ao <u>tratamento 2 (com competição por água)</u> nos sete	

diferentes níveis de radiação solar (R ₁ , R ₂ , R ₃ , R ₄ , R ₅ , R ₆ e R ₇) na quarta época de amostragem.	85
Tabela 44. Sumário dos dados de massa de matéria seca de <u>folha</u> (g/5 plantas) referentes ao <u>tratamento 1 (sem competição por água)</u> nos sete diferentes níveis de radiação solar (R ₁ , R ₂ , R ₃ , R ₄ , R ₅ , R ₆ e R ₇) nas quatro épocas de amostragem nas quatro repetições (r ₁ , e ₂ , r ₃ e r ₄).	86
Tabela 45. Sumário dos dados de massa de matéria seca de <u>folha</u> (g/5 plantas) referentes ao <u>tratamento 2 (com competição por água)</u> nos sete diferentes níveis de radiação solar (R ₁ , R ₂ , R ₃ , R ₄ , R ₅ , R ₆ e R ₇) nas quatro épocas de amostragem nas quatro repetições (r ₁ , e ₂ , r ₃ e r ₄).	87
Tabela 46. Sumário dos dados de massa de matéria seca de <u>colmo</u> (g/5 plantas) referentes ao <u>tratamento 1 (sem competição por água)</u> nos sete diferentes níveis de radiação solar (R ₁ , R ₂ , R ₃ , R ₄ , R ₅ , R ₆ e R ₇) nas quatro épocas de amostragem nas quatro repetições (r ₁ , e ₂ , r ₃ e r ₄).	88
Tabela 47. Sumário dos dados de massa de matéria seca de <u>colmo</u> (g/5 plantas) referentes ao <u>tratamento 2 (com competição por água)</u> nos sete diferentes níveis de radiação solar (R ₁ , R ₂ , R ₃ , R ₄ , R ₅ , R ₆ e R ₇) nas quatro épocas de amostragem nas quatro repetições (r ₁ , e ₂ , r ₃ e r ₄).	89
Tabela 48. Sumário dos dados de massa de matéria seca de <u>espiga</u> (g/5 plantas) referentes ao <u>tratamento 1 (sem competição por água)</u> nos sete diferentes níveis de radiação solar (R ₁ , R ₂ , R ₃ , R ₄ , R ₅ , R ₆ e R ₇) em três épocas de amostragem nas quatro repetições (r ₁ , e ₂ , r ₃ e r ₄).	90
Tabela 49. Sumário dos dados de massa de matéria seca de <u>espiga</u> (g/5 plantas) referentes ao <u>tratamento 2 (com competição por água)</u> nos sete diferentes níveis de radiação solar (R ₁ , R ₂ , R ₃ , R ₄ , R ₅ , R ₆ e R ₇) em três épocas de amostragem nas quatro repetições (r ₁ , e ₂ , r ₃ e r ₄).	91
Tabela 50. Sumário dos dados de massa de matéria seca <u>total</u> de parte aérea (g/5 plantas) referentes ao <u>tratamento 1 (sem competição por água)</u> nos sete diferentes níveis de radiação solar (R ₁ , R ₂ , R ₃ , R ₄ , R ₅ , R ₆ e R ₇)	

nas quatro épocas de amostragem nas quatro repetições (r1, e2, r3 e r4).

92

Tabela 51. Sumário dos dados de massa de matéria seca total de parte aérea (g/5 plantas) referentes ao tratamento 2 (com competição por água) nos sete diferentes níveis de radiação solar (R1, R2, R3, R4, R5, R6 e R7) nas quatro épocas de amostragem nas quatro repetições (r1, e2, r3 e r4).

93

Tabela 52. Sumário dos dados coletados de índice de área foliar (m^2/m^2) referentes ao tratamento 1 (sem competição por água) nos sete diferentes níveis de radiação solar (R1, R2, R3, R4, R5, R6 e R7) nas quatro épocas de amostragem nas quatro repetições (r1, e2, r3 e r4).

94

Tabela 53. Sumário dos dados coletados de índice de área foliar (m^2/m^2) referentes ao tratamento 2 (com competição por água) nos sete diferentes níveis de radiação solar (R1, R2, R3, R4, R5, R6 e R7) nas quatro épocas de amostragem nas quatro repetições (r1, e2, r3 e r4).

95

Tabela 54. Dados coletados e selecionados de radiação solar da estação meteorológica automática referentes aos seis radiômetros (Rs, Watts/ m^2) e ao piranômetro (Pi, Watts/ m^2), durante período do ciclo do milho (27 de dezembro de 1996 a 5 de maio de 1997).

96

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Descrição
*	significativo ao nível de 5% de probabilidade
**	significativo ao nível de 1% de probabilidade
a	parâmetro empírico
AFT	área foliar total ($\text{cm}^2/\text{planta}$)
b	parâmetro empírico
c	parâmetro empírico
CCR	coeficiente de correção de radiômetro de interesse
Co	massa de matéria seca de colmo (g/planta)
d	parâmetro empírico
e	número (2,718) de Neper
E	massa de matéria seca de espiga (g/planta)
ec	eficiência de utilização da energia interceptada em fixar o dióxido de carbono
ei	eficiência de interceptação de energia fotossinteticamente ativa incidente pela cultura
ESALQ	Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"
F	massa de matéria seca de folha (g/planta)
G	rendimento de grãos ($\text{g}/5 \text{ plantas}$)
GDi	número de graus-dia até o i-ésimo dia ($^{\circ}\text{C.dia}$) após a emergência
GDr _n	número de graus-dia relativo da cultura até o n-ésimo dia após emergência ($0 \leq \text{GDr}_n \leq 1$)
Gi	número de graus-dia no i-ésimo dia ($^{\circ}\text{C.dia}$) após a emergência
i	número de dias após a emergência
IAF	índice de área foliar (m^2/m^2)
IT	índice térmico da cultura desde a emergência até o ponto de maturidade fisiológica
K	potássio
MFe	massa foliar específica (mg/cm^2)
m _c	massa de matéria seca de n _c círculos de folha (g/n_c) (para determinação da massa foliar específica)
N	nitrogênio
n _c	número de círculos de folha (para determinação da massa foliar específica)
O	oxigênio
P	fósforo
π	constante (3,14) resultante entre a relação do perímetro pelo diâmetro de qualquer círculo
Pi	valor medido de radiação solar pelo piranômetro (Watts/m^2)
Pp	população de plantas ($\text{plantas}/\text{m}^2$)
r	raio do círculo da folha (cm) (para determinação da massa foliar específica)
RFA _{inc}	energia fotossinteticamente ativa incidente

R _g	radiação global medida pelo piranômetro (Watts/m ²)
R _{s_n}	valor medido de radiação solar pelo n-ésimo radiômetro (Watts/m ²)
R _{r_n}	radiação relativa no n-ésimo radiômetro
r ₁	repetição 1
r ₂	repetição 2
r ₃	repetição 3
r ₄	repetição 4
R ₁	nível 1 de radiação solar (posição 1)
R ₂	nível 2 de radiação solar (posição 2)
R ₃	nível 3 de radiação solar (posição 3)
R ₄	nível 4 de radiação solar (posição 4)
R ₅	nível 5 de radiação solar (posição 5)
R ₆	nível 6 de radiação solar (posição 6)
R ₇	nível 7 de radiação solar (posição 7)
T	massa de matéria seca de parte aérea total (g/planta)
T _b	temperatura basal mínima da cultura (10°C)
TCC	taxa de produção de matéria seca da cultura
T _i	temperatura média (°C) do ar no i-ésimo dia após a emergência
T _m	temperatura basal máxima da cultura (30°C)
T _{max_i}	temperatura máxima (°C) do ar no i-ésimo dia após a emergência
T _{min_i}	temperatura mínima (°C) do ar no i-ésimo dia após a emergência
T1	tratamento 1: sistema agroflorestal com renque de seringueira apresentando aproximadamente 11 m de altura e 8 m de diâmetro de copa, interfaceando uma cultura de milho
T2	tratamento 2: sistema agroflorestal com renque de seringueira apresentando aproximadamente 11 m de altura e 8 m de diâmetro de copa, interfaceando uma cultura de milho com um filme plástico enterrado até uma profundidade de 0,80 m. separando as interações abaixo da superfície do solo
T3	tratamento 3: cultura do milho sem interação com a seringueira (controle)
USP	Universidade de São Paulo

RELAÇÕES ECOLÓGICAS ENTRE AS CULTURAS DE MILHO (*Zea mays*) E SERINGUEIRA (*Hevea brasiliensis*) EM UM SISTEMA AGROFLORESTAL

Autor: Lino Ricardo Rios Furia

Orientador: Prof. Dr. Durval Dourado-Neto

RESUMO

Com o objetivo de descrever as relações ecológicas entre as culturas de milho e seringueira, foi conduzido um experimento no campo experimental do Departamento de Produção Vegetal da ESALQ/USP, em Piracicaba, SP.

Essa descrição foi feita indiretamente através da avaliação do efeito da competição interespecífica por água, nutrientes e radiação solar nos componentes de produção e no rendimento da cultura de milho, utilizando modelos estatísticos (descritivos e extrapoláveis).

Esses modelos descrevem a variação temporal e/ou espacial da massa de matéria seca da folha, colmo, espiga e parte aérea total, bem como do índice de área foliar e do rendimento de grãos.

A avaliação do efeito temporal foi feita em função do número relativo de graus dia e o efeito espacial em função da radiação solar dependente da distância do renque de seringueiras.

Foram utilizados, para avaliação de crescimento e rendimento do milho, três tratamentos:

- (i) T1: sistema agroflorestal com renques de seringueiras com aproximadamente 11 m de altura e 8 m de diâmetro de copa intercalados com uma cultura de milho apresentando, interfaceando uma cultura de milho (na temporada de cultivo de 1.996/97) com um filme plástico enterrado até uma profundidade de 80 cm separando as culturas para evitar interações no subsolo;
- (ii) T2: idêntico ao T1 porém sem o filme plástico, permitindo as interações abaixo da superfície do solo; e

(iii) T3: cultura de controle do milho sem interação com a seringueira, realizada com quatro repetições, nas estações de crescimento, em Piracicaba.

As avaliações foram conduzidas em quatro etapas: milho com quatro folhas, com doze folhas, grão pastoso e colheita.

De acordo com os resultados obtidos, conclui-se que: (a) nas condições do experimento, a competição por água e nutrientes não afetou os componentes de produção e o rendimento da cultura de milho; (b) o sombreamento da seringueira foi fator de redução nos componentes de produção e no rendimento da cultura de milho; (c) a produção de massa de matéria seca de folha, colmo, espiga e parte aérea total, bem como o rendimento de grãos e o índice de área foliar podem ser estimados em função da distância do renque de árvores, bem como da radiação disponível; e (d) o modelo extrapolável pode ser utilizado para se estimar a massa de matéria seca relativa de milho (folha, colmo, espiga e parte aérea total) e o índice de área foliar em função do número relativo de graus-dia e da radiação relativa.

ECOLOGICAL INTERACTIONS BETWEEN MAIZE (*Zea mays*) AND RUBBER TREE (*Hevea brasiliensis*) CROPS IN AN AGROFORESTRY SYSTEM

Author: Lino Ricardo Rios Furia

Adviser: Prof. Dr. Durval Dourado-Neto

SUMMARY

With the purpose of describing the ecological interactions between maize and rubber tree crops an experiment was set at the grounds of the experimental field of the Crop Production Department, University of São Paulo, Piracicaba, SP, Brazil. This description was done by evaluating indirectly the interespecific competition effect for soil water, nutrients and solar radiation and its effect on maize production components and yield using statistical models (descriptive and extrapolating models). Those models were intended to describe the temporal and/or spatial variation of the leaf, stem, ear and total aerial part dry mass, as well as leaf area index and yield. The evaluation of temporal effects was carried out as a function of the relative thermal index and the spatial effects as a function of solar radiation at different distances from the rubber trees.

Three treatments were used to evaluate the maize growth and yield:

- (i) T1: agroforestry system with rubber trees and one intercrop (maize in the growing season of 1996/97) with below grounds interaction avoided by 80 cm. deep trench with plastic sheet between both crops,
- (ii) T2: similar to T1 but with below grounds interaction,
- (iii) T3: maize control; in a randomized block design with four repetitions were done in the growing seasons in Piracicaba, Brazil.

The evaluations were done in four times: maize with four leaves, twelve leaves, dough, harvest.

The results indicates: (a) the crop production components and yield were not affected by the interespecific competition for soil water and nutrients, (b) a dominant effect of light interception by trees with a regard to the reduction in growth and yield of

the intercrops, (c) the leaf, stem, ear, total aerial part and dry matter biomass, yield and leaf area index can be estimated as function of the distance to the rubber trees and the incoming radiation, and (d) the extrapolating model is useful to estimate the corn dry matter biomass(leaf, stem, ear and total aerial part) and leaf area index as a function of the thermal index and the relative incoming radiation.

1 INTRODUÇÃO

A atividade agrícola vem buscando diversas alternativas de produção com a finalidade de otimizar o uso da terra, preservar o solo, e dinamizar a produção através da implantação de novos sistemas de produção. Dentre os diversos sistemas produtivos, o Sistema Agroflorestal vem apresentando destaque, pois apresenta formas de uso e manejo da terra em que árvores ou arbustos são utilizados em associação com cultivos agrícolas e/ou com animais, numa mesma área, de maneira simultânea ou numa sequência temporal (Dantas, 1994; Dubois *et al*, 1996; Ong, 1996).

Diversas combinações ou composições podem ser criadas para a formação de um sistema agroflorestal. Entre estas, pode ser considerado importante o consórcio de milho com seringueira, uma vez que este já se encontra amplamente difundido pelo país (Fancelli, 1987).

Porém, apesar da ampla difusão desses sistemas produtivos e dos benefícios de sua utilização, nada ou pouco se sabe de suas interações ecofisiológicas. Para o estudo dessas interações, a modelagem tem sido uma excelente opção, demonstrando ser uma ferramenta importante na análise dos dados experimentais deste tipo de atividade.

O presente trabalho tem como objetivo descrever as relações ecológicas entre as culturas de milho e seringueira, indiretamente através da avaliação do efeito da competição interespecífica por água, nutrientes e radiação solar nos componentes de produção e no rendimento da cultura de milho. Para tanto serão utilizados modelos estatísticos (descritivos e extrapoláveis), que descrevem a variação temporal (em função do número relativo de graus dia) e/ou espacial (em função da radiação solar dependente da distância do renque de seringueiras) da massa de matéria seca da folha, colmo, espiga e parte aérea total, bem como do índice de área foliar e do rendimento de grãos.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Sistemas agroflorestais

2.1.1 Definição

Diversas são as definições para sistema agroflorestal. Sistema agroflorestal expressa "um nome coletivo para os sistemas de uso da terra e tecnologias, onde espécies perenes lenhosas são deliberadamente usadas nas mesmas unidades de manejo juntamente com culturas agrícolas temporárias e ou animais em alguma forma de arranjo espacial ou em sequência temporal. Nos sistemas agroflorestais há interações ecológicas e econômicas entre os diferentes componentes" (Nair, 1989).

De acordo com essa definição, Dantas (1994) afirma que sistemas agroflorestais envolvem no mínimo duas espécies, sendo pelo menos uma delas perene, em que os produtos são variados e o ciclo de vida do sistema é mais longo do que um ano. Dantas (1994) acrescenta que os sistemas agroflorestais são estrutural e funcionalmente mais complexos do que as monoculturas.

2.1.2 Características

Em virtude de diversas associações existentes, as interações entre plantas dos sistemas agroflorestais e a atmosfera são as que podem ser avaliadas pelos seguintes aspectos (Monteith *et al*, 1991 citado por Brienza Jr. & Sá, 1994): (a) interceptação da energia radiante pela folhagem está relacionada à quantidade e à qualidade de energia para processos formativos e para fotossíntese; (b) interceptação da chuva pela folhagem: afeta a participação da água da chuva dentro do sistema, modificando o potencial erosivo da chuva, alterando a razão da água evaporada diretamente das folhas e evapotranspirada pelo complexo solo-planta, além de interferir na quantidade de água livre nas folhas, que

tem importante influência na proliferação de doenças; (c) temperatura afeta a taxa de desenvolvimento e, em casos extremos, até a sobrevivência dos componentes; e (d) o vento afeta o processo de evaporação, além dos efeitos mecânicos, em muitos casos, drásticos.

Avaliando os sistemas agroflorestais através desses aspectos, Vilas Boas (1991) descreve diversas vantagens desses sistemas: (a) melhor utilização do espaço vertical e simulam-se modelos ecológicos naturais em sua forma e estrutura; (b) diminuição na taxa de evaporação do cultivo sombreado; (c) maior biomassa regressa ao sistema (matéria orgânica), e, às vezes, de melhor qualidade; (d) remoção dos excessos de água no solo, mediante a transpiração produzida pela densa cobertura vegetal de sombra; (e) redução os danos causados por ventos fortes, gotas de chuva e erosão; (f) utilização e reciclagem de nutrientes encontrados em profundidade, que muitas vezes não estão disponíveis aos cultivos; (g) fornecimento de nitrogênio das leguminosas às outras espécies que compõem o sistema; e (h) melhoria da estrutura do solo e redução da compactação superficial.

Diversos são também os benefícios econômicos, bem como os sociais, em sistemas agroflorestais.

Embora existam tantas vantagens, é necessário ponderar as seguintes desvantagens (Vilas Boas, 1991): (a) competição por água, luz e nutrientes em condições de alta densidade de espécie; (b) possibilidade de ocorrerem influências alelopáticas; (c) exploração da madeira das árvores podendo causar danos às espécies consorciadas; (d) mecanização das atividades, muitas vezes, é impraticável; (e) maior umidade relativa do ar pode favorecer enfermidades (especialmente fungos); (f) competição por água das raízes das árvores na época de seca; (g) risco de excessiva exportação de nutrientes através da retirada de madeira e colheita agrícola; e (h) queda de galhos ou escoamento de água causado pelas árvores pode afetar as culturas associadas.

Os sistemas agroflorestais, em densidade reduzida ou modelo de plantio modificado das árvores, ou ainda, em consórcio com plantas tolerantes a sombreamento são formas de uso do solo mais duradouras (Wessel, 1990). Observamos também, um

alto grau de estabilidade em sistemas agroflorestais que apresentam culturas perenes em função de sua grande capacidade de proteção do solo, o que torna o sistema mais sustentável (Baumer, 1990; Young, 1989).

Ong *et al* (1996) complementam a questão da competição pelos recursos naturais afirmando que os sistemas utilizando diferentes espécies (competição interespecífica) diferem das monoculturas (competição intra-específica), uma vez que no cultivo misto as espécies impõem diferentes demandas aos recursos disponíveis. As diferentes espécies apresentam uma grande competição quando os requerimentos são semelhantes, podendo chegar ao ponto das espécies que apresentam sobreposição de nichos se mostrarem inviáveis em uma mesma composição.

Essa diferença de demanda pelos recursos naturais é claramente observada em sistemas agroflorestais, onde seus componentes se diferenciam drasticamente em tamanho. Disso resulta que o crescimento das espécies menores é inibido em função do sombreamento das espécies maiores, podendo também ser inibido pela competição por água e nutrientes. A competição por luz se torna a principal limitação quando nutriente e água se apresentam livremente disponíveis. Entretanto, não raramente, em vários sistemas tropicais, água ou nutrientes podem se tornar os fatores mais limitantes, em função de características locais: regiões semi-áridas, solos degradados e acidez, principalmente.

2.1.3 Radiação solar

A ocorrência biológica na terra é função da adaptação à energia disponível. O jogo das diferentes formas de energia, propicia ao ser aqui vivente condições de evoluir ou não, fisiologicamente (Ometto, 1981).

Sendo o motivo central de um sistema agroflorestal, ou cultivo intercalar, a capacidade de utilizar com maior eficiência os recursos do solo e aumentar a sustentabilidade do sistema, torna-se importante a escolha de associações de espécies que se complementem na utilização dos recursos. Por essa razão que a distribuição espacial de diferentes espécies em função da radiação apresenta tanta importância (Lemaire, 1995).

Bernardes (1987) comenta que a intercalação e consorciação de culturas, bem como o uso de podas, arranjos, espaçamentos e densidades mais adequadas de plantas são formas de favorecer uma utilização mais eficiente da radiação solar disponível.

Os sistemas agroflorestais que apresentam uma grande interface entre os cultivos possuem considerável interferência entre os mesmos (Young, 1989).

Em um trabalho sobre regimes de radiação que relaciona o efeito de arranjos espaciais de árvores (*Erythrina poeppigiana*) em renque utilizando cultivos sequenciais de milho e feijão, Nygren & Jiménez (1993) observaram nas extremidades próximas aos renques orientados na direção leste-oeste apresentaram áreas mais sombreadas, e que as áreas centrais não eram sombreadas, já os renques orientados norte-sul exibiram mais áreas de moderada sombra.

Miah *et al* (1995) desenvolveram um trabalho de cultivo em aléia (faixas) interfaceando, no período das águas, arroz com três espécies de múltiplo uso (*Acacia mangium*, *A. auriculiformis* e *Gliceridia sepium*) separadamente, e no período da seca com “mungbean”. Foi medida luz em diferentes distâncias do renque de árvores e coletadas amostras de massa de matéria seca total em g/m² (também em diferentes distâncias das árvores). Nas áreas em que as árvores não sofreram poda, o percentual da radiação solar no local era de 36 a 45% (a luz se mostrou como sendo o fator de maior limitação causando uma redução na produção dos cultivos anuais). As linhas de semeadura mais próximas às árvores se mostraram com maior redução na produção em relação às demais, entretanto, foram obtidas produções similares às semeaduras a pleno sol nas áreas que apresentavam de 88 a 95% da luz incidente.

Khan & Enhrenreich (1994) verificaram o efeito da competição entre um renque de *Acacia nilotica* em consórcio com trigo irrigado no Paquistão. A semeadura do trigo foi realizada às distâncias de 1,0 m a 11,0 m do renque de árvores, tendo como testemunha uma semeadura a 30 m de distância das árvores. Observaram que ocorreram diferenças até 8,5 m de distância das árvores, a partir dessa distância não ocorreram diferenças quando comparados com a testemunha. As diferenças observadas nas áreas mais próximas foram na redução de perfilhos/m² e na massa de 1000 grãos. Já em relação

ao tamanho das árvores, apenas a produção de grãos apresentou uma ligeira redução, próximo às árvores maiores. Por fim, foi considerado que a redução na produção próximo às árvores se deveu, provavelmente, à interceptação da luz pelas árvores, diminuindo a atividade fotossintética do trigo.

Puri & Bangarwa (1992) demonstraram em um ensaio com quatro espécies de árvores consorciados com trigo irrigado, que, para se avaliar a competição por luz, devem ser considerados outros fatores, tais como: direção e face do plantio consorciado em relação à árvore e à espécie de árvore utilizada. Ao realizarem a semeadura em volta das quatro espécies até uma distância de 7 m e as semeaduras a céu aberto (testemunha) observaram que: (a) a produção de trigo era menor quando comparada às semeaduras testemunha e que aumentava à medida que se afastava das árvores; (b) entre as quatro espécies de árvores escolhidas, ocorreram diferenças significativas quanto à disponibilização da radiação ao trigo em todas as distâncias em relação ao tronco da árvore; e (c) as semeaduras realizadas na face sudoeste das árvores não apresentaram redução de produção, o mesmo não ocorrendo com as semeaduras na face norte, que apresentaram uma redução similar à causada pelas diferentes espécies arbóreas.

Howard *et al* (1995), em um ensaio de sistema agroflorestal onde avaliaram a competição por água e luz entre leucena e milho, comparados à monocultura de milho (em ambos os casos foram utilizadas parcelas com e sem irrigação), observaram que o consórcio de leucena e milho capturou 25% mais luz e duas vezes mais água do que a monocultura de milho, o que representou também mais de 60% dos recursos capturados pelo componente florestal. Só a competição por água e luz apresentou reduções (proporcionais às reduções na produção do milho), mas quando a competição por água foi eliminada através da irrigação, a produção de milho não aumentou, em função do grande crescimento da copa da leucena, que aumentou o sombreamento sobre o mesmo.

Apesar do resultado, Howard *et al* (1995) verificaram que leucena em sistemas agroflorestais apresenta maior capacidade em capturar os recursos, mas uma menor eficiência em seu uso do que o milho, permitindo dizer que as duas espécies apresentariam melhor resultado quando plantadas separadamente. Por fim, afirmam que

sistemas agroflorestais envolvendo plantas C4 devem utilizar componentes florestais que reduzam a competição por luz durante o período produtivo da outra espécie, permitindo que a espécie mais eficiente na utilização da luz o faça durante esse período.

2.1.4 Interações no solo

Apesar da competição por luz se mostrar como o mecanismo de maior importância na interferência de uma planta dentro de uma população, devemos aprimorar nossos conhecimentos sobre as características do sistema radicular, o qual determina a habilidade de exploração dos recursos do solo de cada espécie, pois em muitas situações de cultivos intercalares, como na região semi-árida, o manejo é realizado com baixos níveis de competição por luz, tornando a competição por água e nutrientes importante. Em condições tropicais encontramos reduções substanciais de luz que podem representar apenas uma pequena redução na eficiência do uso da radiação mas, por outro lado, a mesma redução da radiação poderá apresentar grande importância na diminuição do estresse hídrico (Lemaire, 1995).

Ong & Balck (1994) comentam que outro fator a ser considerado quando estudamos interações no solo é o tipo de cultivo, uma vez que nos cultivos intercalares a competição no solo é bem diferente dos sistemas agroflorestais, já que em cultivos intercalares os sistemas radiculares se desenvolvem ao mesmo tempo, enquanto que em sistemas agroflorestais o sistema radicular das árvores já se encontra desenvolvido quando a cultura é semeada. Conseqüentemente, em locais secos as culturas se mostram menos competitivas no solo do que as árvores, o que não significa dizer que a competição seja somente por água.

Em função dessas relações, um importante passo é a determinação da distribuição radicular de espécies de importância econômica e dos cultivos companheiros mais importantes. Jonsson *et al* (1988) realizaram esse trabalho em Morogo, Tanzânia, com precipitação média anual de 870 mm, para descrever o perfil das raízes de 5 espécies arbóreas importantes, dentre elas *L. leucocephala*, e de milho em campos não adubados. Observaram que a distribuição do sistema radicular das árvores e do milho eram parecidos. Essa evidência sugere que a competição dos recursos do solo pode

naturalmente favorecer as árvores, corroborando as demais afirmativas, quanto às interações negativas em sistemas agroflorestais.

Singh *et al* (1989) estudaram o crescimento e produção de feijão caupi, mamona e sorgo, em uma semeadura em aléias com espaçamento de 10 m, onde a espécie arbórea era a leucena, conduzida com podas frequentes. Para o estudo das interações no solo foi instalado um filme de polietileno formando uma barreira entre as raízes das culturas anuais com a leucena. Observaram que à medida que os cultivos se distanciavam dos renques de leucena sua produção aumentava significativamente. Porém, o mesmo não ocorria com tanta diferença nas áreas que apresentavam a barreira para as raízes, onde as variações de produção e o índice de área foliar, tanto para sorgo como para feijão caupi, foram pequenos, demonstrando resposta à ausência de competição por água. No caso da mamona o mesmo não pôde ser observado, pois, por ter um ciclo mais longo, sua produção foi prejudicada em função da seca no período das águas.

As interações atmosféricas, conforme Ong *et al* (1991), em sistemas agroflorestais de regiões semi-áridas dos trópicos, quando comparadas às interações ocorridas no solo, apresentam menor interferência no desenvolvimento desses sistemas. Essa afirmação se deve ao relato de diversos trabalhos envolvendo espécies anuais cultivadas em aléias com leucena, onde observaram que a presença de barreiras que inibissem a competição por água e nutrientes apresentavam respostas.

Como vimos, a utilização de trincheiras com filme de polietileno para separar a competição no solo em sistemas agroflorestais é mundialmente difundida e é considerada como a melhor maneira para se desenvolver esse estudo, embora, como Ong *et al* (1996) comentam, em vários trabalhos, em sistemas agroflorestais onde essa metodologia foi utilizada não foi observada uma boa separação dos demais fatores. Uma explicação para a eficiência limitada do sistema pode ser o tamanho da barreira para as raízes utilizadas, muitas vezes pouco profunda. Citando um exemplo onde Corlett¹ (1989), estudando

¹ Corlett, J.E. *Leucena/millet alley cropping in India: microclimate and productivity*. Ph.D. thesis, University of Nottingham, UK, 1989.

Leucena na Índia, observou que as raízes das árvores haviam contornado por baixo da barreira de polietileno e crescido para cima, na área de semeadura da espécie anual, em apenas um ano. Observa-se assim que tal metodologia deve ser analisada com cuidado, considerando-se as espécies envolvidas e o período de trabalho.

2.2 A cultura de milho

2.2.1 Importância

O milho é um dos mais importantes cereais cultivados no mundo, devido à sua composição e valor nutritivo (Purseglove, 1972; Fancelli, 1994). Entre os produtores mundiais de milho, o Brasil ocupa o décimo segundo lugar em relação ao rendimento de grãos, com aproximadamente 8% da produção total, embora se posicione em terceiro lugar em termos de quantidade produzida (Fancelli & Lima, s/d).

A cultura de milho é uma das mais importantes no Brasil, pelos seguintes motivos: (a) ocupa maior área cultivada; (b) é responsável pelo maior emprego de mão-de-obra no setor agrícola; (c) é a principal fornecedora de insumos alimentícios para a produção animal; e (d) é semeada em todo o território nacional (EMBRAPA, 1981; Basanta, 1999).

2.2.2 Fenologia

A duração do ciclo da cultura de milho compreende diferentes estádios e fases de desenvolvimento e crescimento (Fancelli, 1994; Basanta, 1999): (a) emergência: instante referente ao aparecimento da plântula, com emissão da segunda folha; (b) crescimento vegetativo (duração variável dependente da exigência calórica do material genético): fase compreendida entre a emissão da segunda folha até o início do florescimento; (c) florescimento (duração aproximada de 8 a 10 dias): período desde o início da polinização até o início da frutificação; (d) frutificação (duração aproximada de 50 a 60 dias): fase compreendida entre o início do enchimento dos grãos até o início da maturação; e (e) maturação (duração aproximada de 25 a 35 dias): fase compreendida do início da maturação até o ponto de maturidade fisiológica.

Essas fases podem ser divididas em onze estádios distintos de desenvolvimento e crescimento: (a) estágio 0: quando 50% das plantas emergiram; (b) estágio 1: quando 50% das plantas se encontram com 4 folhas totalmente desdobradas; (c) estágio 2: quando 50% das plantas apresentam 8 folhas; (d) estágio 3: quando 50% das plantas apresentam 12 folhas; (e) estágio 4: quando se observa a emissão do pendão em 50% das plantas; (f) estágio 5: quando se observa o florescimento em 50% das plantas; (g) estágio 6: quando se observa grãos leitosos em 50% das plantas; (h) estágio 7: quando se observa grãos pastosos em 50% das plantas; (i) estágio 8: quando se observa o início da formação de “dentes” em 50% das plantas; (j) estágio 9: quando se observa grãos “duros” em 50% das plantas; e (k) estágio 10: quando se observa grãos maduros fisiologicamente em 50% das plantas (Fancelli, 1994).

A divisão do ciclo da cultura de milho em estádios de desenvolvimento tem por objetivo melhor orientar as ações de manejo, por se tratar de uma referência exata. Isso pode ser utilizado devido ao estabelecimento de correlações entre elementos fisiológicos, bioquímicos, climatológicos, fitogenéticos, entomológicos, fitopatológicos e fitotécnicos com o desempenho da planta referente ao atributo de interesse (Fancelli, 1986a, 1986b; Fancelli & Dourado-Neto, 1992).

2.2.3 Radiação solar e rendimento

Um dos fatores importantes na utilização de milho em estudos de sistemas agroflorestais, mais especificamente em relação à radiação, são suas características de planta C4. Plantas C4, segundo Magalhães (1985), realizam fotossíntese tanto mais eficientemente quanto mais elevada for a saturação por luz, sem portanto, apresentar uma saturação na assimilação de CO₂, como ocorre em plantas C3, que com um terço da intensidade luminosa já se encontram no nível de saturação por luz. Associada a resposta à iluminação, o milho apresenta uma temperatura ótima de fotossíntese mais alta do que plantas C3, como a soja. Dessa maneira plantas C4 apresentam uma taxa de fotossíntese líquida maior em condições de saturação de luz da ordem de 40 a 80 mg CO₂.dm⁻².h⁻¹.

Através do processo de fotossíntese, as plantas transformam parte da energia fotossinteticamente ativa em energia química. Dessa maneira a produção de matéria seca

é função da energia fotossinteticamente ativa incidente (RFA_{inc}), da eficiência com que o cultivo a intercepta (ei) e da eficiência de utilização da energia interceptada em fixar o dióxido de carbono (ec). Assim sendo, podemos definir que a taxa de produção de massa de matéria seca de cada cultura (TCC) é dada pela equação:

$$TCC = RFA_{inc} \cdot ei \cdot ec \quad (1)$$

Porém, para a máxima interceptação de luz resultando na máxima taxa de crescimento e desenvolvimento para o milho, é necessário atingir um índice de área foliar ao redor de 4 a 5 m^2/m^2 , valores que só são atingidos no final do ciclo vegetativo (Andrade *et al*, 1996).

2.2.4 A cultura de milho inserida no contexto de sistemas agroflorestais

Diversos são os trabalhos que citam a utilização de milho em sistemas agroflorestais (Cardoso, 1980; Fancelli, 1987; Alves *et al*, 1992; Bernardes *et al*, 1998, Marques & Ferreira, 1998), mas Hara *et al* (1998) avaliaram seis genótipos de milho no período de implantação de um sistema agroflorestal de cupuaçu e pupunha, no município de Manaus, AM, e observaram que o rendimento dos materiais estudados ficou entre 5,2 e 6,8 ton/ha, e os mesmos não apresentaram interferência no desenvolvimento das outras espécies.

Dentre tantos trabalhos envolvendo a semeadura de milho em sistemas agroflorestais, Lamprecht (1990) comenta que a criação do termo "consorciação agroflorestal" se deu no final do século passado quando, na Índia, os colonizadores ingleses e holandeses estabeleceram o primeiro sistema de consorciação onde agricultores da região recebiam terras para a semeadura de culturas anuais de milho, arroz e algodão. Em contrapartida deveriam plantar árvores juntamente com as culturas anuais e cuidá-las. O indivíduo que tivesse sucesso na condução das árvores, ao final do terceiro ou quarto ano teria o direito em um novo lote para desenvolver novamente esse consórcio. Sendo assim, a presença do milho em sistemas agroflorestais é uma técnica bastante antiga.

Howard *et al* (1995) demonstraram que o milho é um elemento de grande capacidade de transformação de energia, mesmo em sistemas agroflorestais.

Uma constatação de que o milho é uma espécie adequada a esses sistemas é dada por Heineman *et al* (1995), que em um trabalho nas condições de trópico sub-úmido em solos de baixa fertilidade, observaram muito bem as relações benéficas entre o milho e três espécies arbóreas (*Leucaena leucocephala*, *L. collinsii* e *Gliricidia sepium*) de diferentes procedências. As árvores foram plantadas em renques, e ao seu lado foi semeado milho, sem adubação, por quatro anos. Observaram que a produção acumulada do milho, no período estudado, apresentou uma grande correlação com o resíduo produzido pelas espécies arbóreas. Os resultados demonstraram que em condições onde água e luz não são os principais fatores limitantes, a produção de liteira pelas árvores apresenta correlação com o aumento na produção de milho. Observamos assim que o milho pode ser uma excelente espécie na utilização em sistemas agroflorestais, desde que conhecidas as características das espécies arbóreas utilizadas.

2.3 A cultura de seringueira

2.3.1 Importância

A seringueira é uma espécie arbórea, de porte alto, que pode chegar a medir 20 a 30 m de altura, com diâmetro de 0,80 a 1,00 m. O caule é ereto com ramificações laterais, de coloração escura, quando mais velho. O sistema radicular é do tipo pivotante e profundo. A quantidade de raízes laterais é relativamente pequena. Sua copa pode ser densa, embora não muito desenvolvida (Costa *et al*, 1997).

A temperatura ideal ao cultivo da seringueira (temperatura mais favorável ao processo fotossintético) é de 27 a 30°C, e para o fluxo de látex de 18 a 28°C, não sendo recomendados locais onde a temperatura seja inferior a 10°C, uma vez que com esta temperatura a fotossíntese é nula ou descontínua. Apresenta ligeira tolerância à deficiência hídrica, podendo atingir uma deficiência de 250 mm (Costa *et al*, 1997).

A cultura da seringueira durante a década de 70 e até o final da década de 80 apresentou significativa expansão da área plantada. Esse incremento do crescimento está relacionado com dois aspectos: preços altos no mercado nacional e condições ecológicas favoráveis. Nas condições do estado de São Paulo a cultura da seringueira apresenta em

torno de 140.000 km² de áreas aptas, dentro das quais existem áreas degradadas (Bernardes, 1992).

Atualmente o Brasil importa cerca de 70% da borracha natural consumida no país. Para o ano de 1994 o Brasil produziu 47.000 ton de borracha seca do total de 134.500 ton de consumo, o que evidencia a necessidade de ampliação do plantio de seringueira (Costa *et al*, 1997).

2.3.2 A cultura de seringueira inserida no contexto de sistemas agroflorestais

Em função de diversas características econômicas e sociais, e pela sua capacidade de adaptação a diversos ecossistemas tropicais nacionais, Nogueira *et al* (1991) classificam a seringueira como uma espécie perene adequada aos sistemas consorciados. Dentre inúmeras alternativas de consórcio, sete propostas foram aferidas, envolvendo nove espécies perenes, das quais destacamos consórcios onde a seringueira faz parte, dividindo a área com: cacau, pimenta-do-reino, urucum e culturas intercalares, como milho e feijão caupi.

Alves *et al* (1992) comentam que, em função do amplo espaçamento utilizado e de seu longo período de imaturidade, deve-se aproveitar as entrelinhas da seringueira para a semeadura de culturas de ciclo curto (mamão, abacaxi, arroz, milho, maracujá, feijão, algodão e melão, p.e.), ou de ciclo perene e semiperene (pimenta, urucum e cacau, p.e.), devendo-se em alguns casos, como o da pimenta-do-reino, alterar-se o espaçamento da seringueira para um melhor aproveitamento dos recursos.

Um exemplo real da utilização da seringueira em sistemas agroflorestais ocorre no Pará, conforme descreve Debois *et al* (1996). Em uma fazenda na ilha do Mosqueiro um plantio de seringueiras clonadas, plantadas no espaçamento de 3 x 7 m apresenta como cobertura vegetal puerária e capim que o gado pasteja durante o dia, sendo recolhido para piquetes de *Brachiaria humidicola* durante a noite. Apesar de utilizar a massa vegetal na parte inferior das árvores, o sistema oferece problemas quanto à presença do gado nas áreas em sangria, derrubando as canecas de coleta de látex.

Por outro lado, Cardoso (1980) comenta que o plantio intercalar para seringueira está limitado aos primeiros anos de desenvolvimento da cultura. Após alguns anos, as

copas das seringueiras geram tal nível de sombreamento que nem a puerária (*Pueraria phaseoloides*: leguminosa própria para o recobrimento do solo e adubação verde) sobrevive, permanecendo somente a liteira formada pela própria seringueira.

Já Bovi *et al* (1990) demonstram outra possibilidade de plantio de seringueira consorciada, desta vez com palmiteiros (*Euterpe edulis*), no município de Ubatuba, SP. Os resultados encontrados apontam que o sombreamento das seringueiras (plantas com aproximadamente 40 anos), plantadas sob o espaçamento de 5 x 5 m, mostrou-se favorável ao plantio do palmito, potencializando uma produção (para o espaçamento de 1,0 x 1,5 m) de 1612 kg de palmito por hectare.

Costa *et al* (1998) demonstraram que um seringal também pode ser utilizado na composição de sistemas silvopastoris, devendo-se escolher bem a gramínea a ser utilizada, uma vez que em seu estudo, das sete espécies utilizadas apenas três toleraram o sombreamento.

Por fim, Bernardes *et al* (1998) comentam que o sombreamento da seringueira é a principal causa na redução de crescimento e rendimento do milho intercalado. A competição no solo é restrita à distância onde ocorre a maior concentração de raízes da seringueira.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local do experimento

O experimento foi conduzido num solo classificado como terra roxa estruturada eutrófica (horizonte A moderado, textura argilosa/muito argilosa) em Piracicaba, SP (localização geográfica: 22° 43' latitude Sul, 47° 38' longitude Oeste, 580 m de altitude), na área experimental do Departamento de Produção Vegetal da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ) da Universidade de São Paulo (USP).

3.2 Instalação do experimento

3.2.1 Tratamentos

O experimento foi conduzido com três tratamentos, assim sendo: (a) Tratamento 1 (T1): sistema agroflorestal de seringueira e milho, com duas fileiras de seringueira em espaçamento retangular de 7 x 3 m, consorciado com milho. Entre o milho e a seringueira foi cavada uma trincheira com 0,8 m de profundidade a 2 m da linha de seringueira na qual foi introduzida uma lona plástica, formando uma barreira de impedimento, evitando competição ente as raízes das duas culturas, conforme metodologia proposta por Willey & Reddy (1981), (b) Tratamento 2 (T2): sistema agroflorestal de seringueira e milho similar ao Tratamento 1, embora sem a presença da barreira plástica no solo, e (c) Tratamento 3 (T3): semeadura de milho em monocultura a pleno sol a uma distância de 25 m da seringueira.

3.2.2 As parcelas experimentais

O experimento foi delineado em blocos casualizados com quatro repetições e três tratamentos (Figura 1). Cada parcela apresenta duas linhas úteis para a coleta das plantas

para cada nível de radiação, totalizando assim 12 linhas úteis para cada tratamento. As coletas das plantas foram realizadas nas linhas úteis através de sorteio previamente estabelecido.

Cada parcela experimental é constituída de uma área de 450 m² (15 x 30 m). O esquema das parcelas de amostragem está disposto na Figura 2.

Figura 1. Representação esquemática da área experimental ilustrando a distribuição espacial das parcelas, na área experimental do Departamento de Produção Vegetal da ESALQ, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP.

Figura 2. Desenho esquemático de uma parcela experimental demonstrando a disposição dos radiômetros em relação às plantas de seringueira e às linhas de milho, bem como os locais de amostragem em função das épocas.

3.2.3 População de plantas e híbrido utilizado

Foi semeado o híbrido de milho Pioneer 3071 em 27 de dezembro de 1996 utilizando um espaçamento entre fileiras de 0,90 m com 55.000 plantas/ha na colheita. As sementes foram tratadas com o fungicida Thiabendazole na dose de 300g/100kg.

Para o controle de pragas, utilizou-se Lambda Cyalotrin para a lagarta rosca e Lufenuron e Clorpyrifos para a lagarta do cartucho. Para o controle da plantas daninhas foi usado Nicosulfuron + Bentazon.

3.2.4 Adubação

Foi feita adubação na semeadura com 40 kg/ha de N (fonte: uréia), 80 kg/ha de P_2O_5 (fonte: superfosfato simples) e 40 kg/ha de K_2O (fonte: cloreto de potássio). Posteriormente foram feitas duas adubações em cobertura: 30 kg/ha de N (fonte: uréia) 40 kg/ha de K_2O (fonte: cloreto de potássio), no período em que as plantas se encontravam com 4 folhas.

3.2.5 O sistema de irrigação

A irrigação foi feita utilizando o sistema de irrigação por aspersão convencional, com espaçamento entre aspersores de 12 x 18 m. As aplicações foram realizadas até o período de grãos pastosos, conforme análise da evapotranspiração local, mantendo o campo sempre em condições adequadas ao cultivo do milho (em termos de água no solo). A irrigação foi realizada somente na área do milho, não sendo a seringueira irrigada.

3.3 Amostragens

As amostragens foram feitas nos seguintes estádios fenológicos: (a) 4 folhas; (b) 12 folhas; (c) grão pastoso; e (d) ponto de maturidade fisiológica. Na Tabela 1 são apresentadas as datas em que foram feitas as amostragens.

Tabela 1. Datas de amostragens e estádios fenológicos referentes aos três tratamentos.

Amostragem	Estádio fenológico	Data
Primeira	4 folhas	15 de janeiro
Segunda	12 folhas	12 de fevereiro
Terceira	Grão pastoso	25 de março
Quarta	Ponto de maturidade fisiológica	6 de maio

Em cada amostragem foram coletadas 5 plantas/parcela (exceto na primeira amostragem em que foram coletadas 10 plantas/parcela).

3.4 Determinações: procedimentos gerais

3.4.1 Temperatura

Os dados de temperatura máxima e mínima foram coletados junto ao posto meteorológico do Departamento de Ciências Exatas da ESALQ/USP.

3.4.2 Radiação solar

A radiação solar foi coletada através de uma estação meteorológica automática. A estação apresentava seis radiômetros para a medida de radiação, em locais pré-estabelecidos (Figura 3), parcialmente sombreados pelas seringueiras, e um piranômetro instalado sobre a estação, para a medida de radiação global.

Para a determinação da radiação solar para cada distância das seringueiras foi utilizado um radiômetro, que coleta os dados a cada 30 minutos, diariamente, permitindo determinar uma média geral precisa. Os dados apresentados pela estação são em watts/m^2 .

Para a utilização dos dados, anteriormente à instalação nos locais definitivos, os radiômetros foram colocados juntos, sobre uma mesa, nivelados, com a finalidade de serem calibrados em função da leitura realizada pelo piranômetro. Após realizada essa aferição, foram estabelecidos coeficientes para correção de cada radiômetro (CCr_n) dados pela equação:

$$CCr_n = \frac{Pi}{Rs_n} \quad (2)$$

em que P_i se refere ao valor medido de radiação solar pelo piranômetro no período de aferição, e Rs_n o valor medido de radiação solar pelo n-ésimo radiômetro no mesmo período.

Os dados medidos e armazenados no coletor, foram transferidos através da utilização de um computador portátil, podendo assim serem utilizados e analisados.

Após determinados os valores de radiação em cada ponto, foram determinados os valores de radiação relativa no n-ésimo radiômetro (Rr_n) dados pela seguinte equação:

$$Rr_n = \frac{Rs_n}{Rg} \quad (3)$$

em que Rg se refere à radiação global medida pelo piranômetro, e Rs_n à radiação medida no n-ésimo radiômetro na mesma data.

Figura 3. Disposição dos tubos solarímetros (radiômetros) em relação às plantas de seringueira, às linhas de milho e à trincheira com filme plástico.

3.4.3 Massa de matéria seca

Após a coleta das amostras, as plantas foram separadas em folha, espiga e colmo. Os materiais foram acondicionados em sacos de papel, colocados em estufa para secar até atingirem massa constante e então serem pesados.

Para a quarta época de coleta foi realizada também a pesagem dos grãos, separadamente da espiga, determinando-se o rendimento de grãos (G, g/5 plantas).

No período entre amostragens, procedeu-se a pré-secagem das plantas, a separação das folhas do resto da plantas e a secagem em estufa, obtendo-se assim a massa de matéria seca de colmos (Co, g/5 plantas), folhas (F, g/5 plantas), espigas (E, g/5 plantas) e parte aérea total (T, g/5 plantas).

3.4.4 Massa foliar específica e índice de área foliar

A determinação da área foliar foi realizada apenas na terceira coleta, tendo sido realizada da seguinte maneira: (a) das plantas coletadas de cada parcela, foram retiradas 10 folhas; (b) das folhas dessas plantas, foram retirados 2 círculos por folha (n_c) de 0,8 cm de diâmetro ($2r$, cm), os quais foram secados e pesados, obtendo-se assim a correspondente massa de matéria seca (m_c , mg); e (c) com a área (cm^2) e a massa de matéria seca (m_c , mg) dos n_c círculos, foi obtida a massa foliar específica (MFe, mg/cm^2):

$$MFe = \frac{\sum_{i=1}^{n_c} m_c}{\sum_{i=1}^{n_c} \pi \cdot r^2} \quad (4)$$

Conhecendo-se a massa de matéria seca total das folhas das plantas amostradas em cada uma das parcelas, calcula-se a área foliar total (AFT, $\text{cm}^2/\text{planta}$) de cada planta a partir da massa foliar específica:

$$AFT = \frac{F}{MFe} \quad (5)$$

em que F se refere à massa de matéria seca das folhas por planta (g/ 5 planta²).

² Primeira coleta: g/10 plantas

Para o cálculo do índice de área foliar (IAF, m^2/m^2), utilizou-se a seguinte equação:

$$IAF = \frac{AFT.Pp}{10.000} \quad (6)$$

em que Pp se refere à população de plantas (plantas/ m^2).

3.4.5 Fenologia

A fenologia da cultura de milho foi avaliada utilizando a escala adaptada por Fancelli (1986a, 1986b), a qual subdivide o ciclo da cultura em 11 diferentes estádios (0 a 10).

3.4.6 Número de graus-dia relativo

Foram calculados os valores de graus-dia acumulados para cada estágio, utilizando as temperaturas basais mínima e máxima de 10°C (Tb) e 30°C (Tm), respectivamente.

O número de graus-dia relativo até o n-ésimo dia após a emergência (GDr_n) foi calculado no final do ciclo, dividindo-se a soma calórica acumulada até a data correspondente a cada estágio fenológico pela soma calórica total no ponto de maturidade fisiológica, através da seguinte equação:

$$GDr_n = \frac{\sum_{i=1}^n (T_i - T_b)}{IT}, (T_b \leq T_i \leq T_m) \quad (7)$$

em que GDr_n se refere ao número de graus-dia relativo da cultura até o n-ésimo dia após emergência ($0 \leq GDr_n \leq 1$); T_i à temperatura média (°C) do ar no i-ésimo dia após a emergência; Tb à temperatura basal mínima da cultura (10 °C); IT ao índice térmico da cultura desde a emergência até o ponto de maturidade fisiológica; Tm à temperatura basal máxima da cultura (30 °C).

3.5 Análise estatística

3.5.1 Análise de variância

Para fins de análise estatística, o tratamento 3 (T3), milho na condição de máxima radiação, tornou-se o sétimo ponto para os tratamentos T1 e T2. Os dados de T3 foram distribuídos entre os outros dois tratamentos para que se obtivesse uma análise mais correta.

Para a análise estatística dos resultados dos experimentos T1 e T2 foi utilizado um delineamento em parcelas subdivididas e para a variância individual foi adotado o seguinte modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + t_i + e_{ij} + a_k + (ta)_{ik} + e_{ijk} \quad (8)$$

em que o índice i se refere ao número de ordem dos tratamentos ($i=1$ a 2), j ao número de ordem das repetições ($j=1$ a 4), k ao número de níveis de radiação avaliados (1 a 7), Y_{ijk} à observação da variável de interesse referente à j -ésima repetição do i -ésimo tratamento na k -ésima posição de avaliação; μ à média geral; t_i ao efeito do i -ésimo tratamento; e_{ij} ao erro devido às parcelas experimentais; a_k ao efeito da k -ésima posição de avaliação; $(ta)_{ik}$ ao efeito da interação do i -ésimo tratamento com a k -ésima posição de avaliação; e e_{ijk} ao erro devido às subparcelas.

O esquema da análise da variância para esse modelo está descrito na Tabela 2.

Tabela 2. Esquema da análise da variância.

Causa da variação	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F
Tratamentos (T)	$i-1 = 2-1 = 1$	V_1	V_1/V_2
Resíduo (a)	$i(j-1) = 2(4-1) = 6$	V_2	
Parcelas	$(ij-1) = (2.4-1) = 7$		
Posições (P)	$k-1 = 7-1 = 6$	V_3	V_3/V_5
T x P	$(i-1)(k-1) = (2-1).(7-1) = 6$	V_4	V_4/V_5
Resíduo (b)	$i(j-1)(k-1) = 2(4-1)(7-1) = 36$	V_5	
Total	$ijk-1 = 2.4.7 - 1 = 55$		

3.5.2 Análise de regressão

Para a determinação dos parâmetros empíricos dos modelos propostos (descritivos e extrapoláveis), foram utilizados os softwares de autoria da *Jandel Scientific*, denominado Table Curve 2DTM e Table Curve 3DTM. Através do valor F, foi determinado, dentre os modelos estatísticos existentes, o que apresentou o melhor ajuste aos valores observados.

3.5.2.1 Modelos descritivos

Os modelos descritivos têm por finalidade explicar os eventos físicos e ecológicos observados, através de descrições numéricas (equações), permitindo um melhor entendimento das relações entre os elementos em estudo.

Foram realizadas análises de regressão, com base em valores absolutos, para massa de matéria seca de colmo, folha, espiga e grão de milho, bem como para o índice de área foliar em função das distâncias do milho ao renque de seringueiras.

Foram propostos cinco modelos para massa de matéria seca de colmo (Co , g/planta), folha (F , g/planta), espiga (E , g/planta), e total (parte aérea) (T , g/planta), rendimento de grãos (G , g/planta) e índice de área foliar (IAF , m^2/m^2) em função da distância do renque de seringueiras.

Foram propostos quatro modelos para descrever a variação temporal e espacial da massa de matéria seca de folha em função das quatro épocas de coleta e da posição relativa na área experimental (radiação relativa em cada ponto). Os modelos propostos encontram-se na Tabela 3.

Tabela 3. Modelos propostos para massa de matéria seca de folha (F, g/5 plantas), colmo (Co, g/5 plantas), espiga (E, g/5 plantas) e parte aérea total (T, g/5 plantas), rendimento de grãos (G, g/5 plantas) e índice de área foliar (IAF, m²/m²) em função da distância (Dt, m).

Atributo	Parâmetros	Equação	
G	a, b, c	$G = \frac{a}{1 + \left(\frac{Dt}{b}\right)^c}$	(9)
F	a, b, c, d	$F = a \left(\frac{1 + b \cdot e^{-cDt} - c \cdot e^{-bDt}}{c - b} \right)$	(10)
Co	a, b, c, d	$Co = a + \frac{b \cdot \left[\arctan\left(\frac{Dt - c}{d}\right) + \frac{\pi}{2} \right]}{\pi}$	(11)
E	a, b, c, d	$E = a + \frac{b \cdot \left[\arctan\left(\frac{Dt - c}{d}\right) + \frac{\pi}{2} \right]}{\pi}$	(12)
T	a, b, c, d	$T = a \left(\frac{1 + b \cdot e^{-cDt} - c \cdot e^{-bDt}}{c - b} \right)$	(13)
IAF	a, b, c, d	$IAF = a + b \left(1 + \frac{c \cdot e^{-dDt} - d \cdot e^{-cDt}}{d - c} \right)$	(14)

3.5.2.2 Modelos extrapoláveis

Foram realizadas análises de regressão para massa de matéria seca relativa de folha, colmo, espiga e parte aérea total e índice de área foliar em função da radiação relativa para cada posição e de graus-dia relativos, para a obtenção de uma equação genérica (modelo extrapolável) que descreve a relação entre os atributos envolvidos (Tabela 4).

Tabela 4. Modelos propostos para massa de matéria seca relativa de folha (Fr), colmo (Cr), espiga (Er) e parte aérea total (Tr) e índice de área foliar (IAF, m²/m²) em função do número relativo de graus-dia (GDr) e radiação relativa (RR).

Atributo	Parâmetros	Equação	
Fr	a, b, c, d	$Fr = a.e^{-e^{\left[-\left(\frac{GDr-b}{c}\right)\right]}}.e^{-e^{\left[-\left(\frac{RR-d}{h}\right)\right]}}$	(15)
Cr	a, b, c, d, f, g, h	$Cr = a \left[\frac{a + b.\ln(GDr) + c.RR}{1 + d.\ln(GDr) + h.\ln^2(GDr) + f.\ln^3(GDr) + g.RR} \right]$	(16)
Er	a, b, c, d, f, h	$Er = a + b \left[0,5 + \frac{\arctan\left(\frac{GDr-b}{d}\right)}{\pi} \right] \left[0,5 + \frac{\arctan\left(\frac{RR-h}{f}\right)}{\pi} \right]$	(17)
Tr	a, b, c, d	$Tr = a \left[0,5 + \frac{\arctan\left(\frac{GDr-b}{c}\right)}{\pi} \right] \left[0,5 + \frac{\arctan\left(\frac{RR-d}{c}\right)}{\pi} \right]$	(18)
IAF	a, b, c, d, f, g, h	$IAF = a.e^{\left[-0,5.\left(\frac{GDr-b}{c}\right)^2\right]} + d.e^{\left[-0,5.\left(\frac{\ln\left\{\frac{RR}{h}\right\}}{f}\right)^2\right]} + g.e^{\left[-0,5.\left(\frac{RR-b}{c}\right)^2\right]} + e^{\left[-0,5.\left(\frac{\ln\left\{\frac{RR}{h}\right\}}{f}\right)^2\right]}$	(19)

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Local do experimento

O campo experimental foi escolhido pela existência de seringueiras adultas na área, com número suficiente de árvores para o estudo pretendido. Adicionalmente, a boa fertilidade do solo não causa limitações ao crescimento da planta, exceto as que são devidas aos tratamentos experimentais. Cabe lembrar que as características do solo e clima são similares aquelas em que seringueira e milho são consorciadas comercialmente.

4.2 Determinações: resultados obtidos

4.2.1 Temperatura

Os dados obtidos de temperatura (máxima e mínima) (Tabela 9 à Tabela 12 e Figura 4) foram coletados na estação meteorológica (Departamento de Ciências Exatas da ESALQ/USP) localizada a uma distância de 1,5 km em linha reta (nordeste do experimento) do local do experimento.

Os dados referentes às temperaturas máxima e mínima diárias foram coletados no intuito de determinar a temperatura média diária, a qual é utilizada para o cálculo do número (absoluto - GD_i , °C.dia - e relativo - GDr_i) de graus-dia para a cultura de milho (Tabela 9 à Tabela 12 e Figura 5).

Figura 4. Variação temporal da temperatura máxima e mínima ao longo do ciclo da cultura (em função no número relativo de graus-dias, GDr).

Figura 5. Variação temporal, ao longo do ciclo da cultura, da temperatura média do ar.

4.2.2 Radiação solar

Para a correção dos valores obtidos pelos radiômetros em função da leitura observada no piranômetro (localizado sobre a estação), foram estipulados coeficientes de correção para cada aparelho, indicados na Tabela 5.

Tabela 5. Coeficiente de correção (CCr_n) de cada radiômetro em função da leitura de radiação solar do piranômetro (P_i).

Posição do radiômetro	Coeficiente de correção (CCr)
1	1,0972
2	1,0478
3	1,0531
4	1,0620
5	1,0739
6	1,1110

Em função de problemas com equipamento (avarias causadas aos fios e aos tubos de vidro dos solarímetros), foi possível utilizar, dos dados coletados, apenas 35 dias do ciclo total da cultura de milho (Tabela 6). A média dos dias escolhidos foi utilizada para representar a radiação total de cada ponto, bem como a radiação global para o mesmo período.

Definidos os dias a serem utilizados, foram determinados os valores de radiação relativa (RR_n) e corrigidos conforme o coeficiente de correção (CCr_n) (Tabela 6).

Tabela 6. Valores de radiação relativa (RR_n) em cada posição em função da radiação medida na estação.

Data	Posição do radiômetro					
	1	2	3	4	5	6
14 de janeiro	0,40	0,65	0,83	0,95	0,93	0,98
15 de janeiro	0,52	0,77	0,84	0,93	0,88	0,95
16 de janeiro	0,36	0,59	0,78	0,89	0,90	0,93
17 de janeiro	0,43	0,63	0,76	0,90	0,92	0,96
18 de janeiro	0,56	0,68	0,80	0,92	0,92	0,96
19 de janeiro	0,53	0,70	0,79	0,91	0,90	0,95
20 de janeiro	0,47	0,76	0,82	0,90	0,90	0,93
21 de janeiro	0,45	0,65	0,75	0,89	0,91	0,94
22 de janeiro	0,39	0,71	0,78	0,89	0,90	0,93
23 de janeiro	0,43	0,69	0,78	0,89	0,91	0,94
24 de janeiro	0,35	0,58	0,79	0,89	0,92	0,93
25 de janeiro	0,42	0,61	0,75	0,87	0,91	0,93
26 de janeiro	0,41	0,61	0,72	0,85	0,89	0,93
27 de janeiro	0,41	0,66	0,75	0,88	0,91	0,93
28 de janeiro	0,39	0,66	0,79	0,90	0,92	0,94
29 de janeiro	0,36	0,61	0,73	0,88	0,92	0,94
30 de janeiro	0,41	0,66	0,76	0,92	0,94	0,97
31 de janeiro	0,34	0,69	0,78	0,90	0,93	0,94
15 de fevereiro	0,31	0,34	0,36	0,41	0,54	0,54
16 de fevereiro	0,28	0,28	0,34	0,36	0,47	0,50
17 de fevereiro	0,29	0,40	0,44	0,45	0,52	0,51
22 de fevereiro	0,27	0,30	0,35	0,41	0,45	0,38
28 de fevereiro	0,21	0,24	0,33	0,33	0,36	0,30
2 de março	0,23	0,24	0,31	0,34	0,34	0,30
5 de março	0,22	0,23	0,28	0,32	0,32	0,29
14 de abril	0,18	0,38	0,69	0,80	0,87	0,88
15 de abril	0,29	0,55	0,68	0,79	0,86	0,89
16 de abril	0,22	0,50	0,71	0,83	0,89	0,88
19 de abril	0,22	0,49	0,70	0,81	0,88	0,88
20 de abril	0,41	0,59	0,70	0,82	0,86	0,89
21 de abril	0,25	0,44	0,70	0,82	0,90	0,93
22 de abril	0,20	0,41	0,70	0,82	0,88	0,90
23 de abril	0,20	0,38	0,68	0,80	0,86	0,90
24 de abril	0,16	0,34	0,69	0,81	0,89	0,92
25 de abril	0,20	0,41	0,68	0,79	0,86	0,88

4.2.3 Massa de matéria seca

A massa de matéria seca foi amostrada com 5 plantas por parcela coletadas nas épocas de 12 folhas totalmente abertas, grão pastoso e colheita apenas. Na primeira coleta (4 folhas totalmente abertas), foram coletadas 10 plantas para cada amostra.

Os dados de massa de matéria seca de folhas, colmo, espiga, grãos e massa de matéria seca total encontram-se no ANEXO (Tabela 44 à Tabela 51). Os resultados apresentados referem-se à massa de matéria seca de 10 (primeira amostragem) e 5 (segunda, terceira e quarta amostragens) plantas em gramas.

4.2.4 Massa foliar específica e índice de área foliar

Como foi realizada apenas uma amostragem de discos foliares, a massa foliar específica (MFe, mg/cm²) foi determinada apenas na terceira coleta (Tabela 7), onde a cultura se encontrava no estágio fenológico de grãos pastosos.

Tabela 7. Massa foliar específica (MFe, mg/cm²), para cada posição, obtida durante a terceira coleta (estádio fenológico: grão pastoso).

Posição	MFe, mg/cm ²
1	4,44
2	4,91
3	5,38
4	5,19
5	5,55
6	5,55
7	5,63

O valor obtido para massa foliar específica, para cada posição, na terceira época, foi utilizado para o cálculo de índice de área foliar em todas as demais épocas. Sendo assim, foi assumido que a massa foliar específica foi constante durante todo o ciclo da cultura em cada uma das sete posições. Por outro lado, verificou-se uma tendência de aumento da massa foliar específica da posição 1 (posição com menor nível de radiação) à posição 7 (posição com maior nível de radiação). Cabe ressaltar que não foi feito nenhum teste estatístico.

Com base nos valores de massa foliar específica (MFe, mg/cm²) e nos valores de massa de matéria seca de folhas (F, g/5 plantas) para cada posição e época, foi realizado o cálculo do índice de área foliar (IAF, m²/m²). Os dados obtidos encontram-se no ANEXO (Tabela 52 e Tabela 53).

4.2.5 Fenologia

Os resultados das observações fenológicas são apresentados na Tabela 8. Cada estágio foi determinado quando 50% das plantas apresentaram a característica pré-estabelecida.

Tabela 8. Resultados das observações fenológicas.

Id	Estádio	i ¹	Data
	Semeadura	-9	27/12/96
0	Emergência	0	4/1
1	4 folhas totalmente desdobradas	20	15/1
2	8 folhas totalmente desdobradas	42	*
3	12 folhas totalmente desdobradas	55	12/2
4	Emissão do pendão	64	*
5	Florescimento	68	*
6	Grãos leitosos	77	*
7	Grãos pastosos	90	25/3
8	Grãos duros	109	*
9	Ponto de maturidade fisiológica	122	6/5/97
	Colheita	122	6/5/97

¹ 1 dias após emergência

*estádio não determinado

Foi utilizada a fenologia para caracterizar as épocas de amostragem no intuito de fornecer uma informação mais exata e precisa, o que está de acordo com o que afirmaram Goodmann & Smith (1978).

A colheita foi efetuada no ponto de maturidade fisiológica (Tabela 8).

4.2.6 Número de graus-dia relativo

Os resultados do número de graus-dia relativo são apresentados nas Tabela 9, Tabela 10, Tabela 11 e Tabela 12.

Tabela 9. Temperaturas máxima ($T_{max,i}$, °C) e mínima ($T_{min,i}$, °C) do ar, número de graus-dia no i-ésimo dia (G_i , °C.dia) e até o i-ésimo dia após a emergência (GDi , °C.dia), número de dias após a emergência (i) e número de graus-dia relativo da cultura (GDr_i) de milho no período de 4 de janeiro a 4 de fevereiro de 1997. Departamento de Produção Vegetal, ESALQ/USP. Data de semeadura: 27 de dezembro de 1996. Data de colheita: 6 de maio de 1997.

Data	$T_{max,i}$	$T_{min,i}$	G_i	GDi	i	GDr_i
4/1/97 ¹	30,0	17,3	13,65	13,65	0	0,01
5/1	31,1	18,8	14,95	28,60	1	0,02
6/1	30,6	18,4	14,50	43,10	2	0,03
7/1	32,4	18,4	15,40	58,50	3	0,03
8/1	32,3	20,6	16,45	74,95	4	0,04
9/1	29,7	20,3	15,00	89,95	5	0,05
10/1	28,2	21,6	14,90	104,85	6	0,06
11/1	28,6	20,1	14,35	119,20	7	0,07
12/1	30,0	20,9	15,45	134,65	8	0,08
13/1	29,6	20,8	15,20	149,85	9	0,09
14/1	31,4	20,7	16,05	165,90	10	0,10
15/1 ²	31,7	21,0	16,35	182,25	11	0,11
16/1	29,2	21,0	15,10	197,35	12	0,12
17/1	27,8	21,2	14,50	211,85	13	0,12
18/1	30,3	17,3	13,80	225,65	14	0,13
19/1	30,8	20,6	15,70	241,35	15	0,14
20/1	30,8	20,5	15,65	257,00	16	0,15
21/1	29,9	20,9	15,40	272,40	17	0,16
22/1	30,4	21,8	16,10	288,50	18	0,17
23/1	29,4	20,2	14,80	303,30	19	0,18
24/1	29,2	20,0	14,60	317,90	20	0,19
25/1	26,7	20,3	13,50	331,40	21	0,19
26/1	25,1	20,8	12,95	344,35	22	0,20
27/1	28,6	19,7	14,15	358,50	23	0,21
28/1	30,5	19,8	15,15	373,65	24	0,22
29/1	30,4	19,7	15,05	388,70	25	0,23
30/1	32,1	20,4	16,25	404,95	26	0,24
31/1	31,0	20,8	15,90	420,85	27	0,25
1/2	31,0	20,7	15,85	436,70	28	0,26
2/2	26,3	20,3	13,30	450,00	29	0,26
3/2	26,2	19,3	12,75	462,75	30	0,27
4/2	32,1	18,7	15,40	478,15	31	0,28

1 Emergência

2 Primeira amostragem (4 folhas)

Tabela 10. Temperaturas máxima ($T_{max,i}$, °C) e mínima ($T_{min,i}$, °C) do ar, número de graus-dia no i-ésimo dia (G_i , °C.dia) e até o i-ésimo dia após a emergência (GDi , °C.dia), número de dias após a emergência (i) e número de graus-dia relativo da cultura (GDr_i) de milho no período de 5 de fevereiro a 8 de março de 1997. Departamento de Produção Vegetal, ESALQ/USP. Data de semeadura: 27 de dezembro de 1996. Data de colheita: 6 de maio de 1997.

Data	$T_{max,i}$	$T_{min,i}$	G_i	GDi	i	GDr_i
5/2	33,0	19,4	16,20	494,35	32	0,29
6/2	33,0	20,0	16,50	510,85	33	0,30
7/2	33,2	18,9	16,05	526,90	34	0,31
8/2	34,1	19,1	16,60	543,50	35	0,32
9/2	33,2	18,9	16,05	559,55	36	0,33
10/2	33,6	17,9	15,75	575,30	37	0,34
11/2	34,0	18,4	16,20	591,50	38	0,35
12/2 ¹	33,5	18,0	15,75	607,25	39	0,36
13/2	31,0	18,9	14,95	622,20	40	0,36
14/2	32,2	18,9	15,55	637,75	41	0,37
15/2	30,5	21,3	15,90	653,65	42	0,38
16/2	30,5	20,0	15,25	668,90	43	0,39
17/2	30,8	17,9	14,35	683,25	44	0,40
18/2	29,8	19,9	14,85	698,10	45	0,41
19/2	31,9	19,0	15,45	713,55	46	0,42
20/2	31,0	21,0	16,00	729,55	47	0,43
21/2	32,0	20,2	16,10	745,65	48	0,44
22/2	31,1	19,0	15,05	760,70	49	0,45
23/2	34,4	22,1	18,25	778,95	50	0,46
24/2	31,3	21,0	16,15	795,10	51	0,47
25/2	32,2	20,2	16,20	811,30	52	0,47
26/2	33,0	19,8	16,40	827,70	53	0,48
27/2	33,0	18,8	15,90	843,60	54	0,49
28/2	30,6	18,4	14,50	858,10	55	0,50
1/3	30,1	17,8	13,95	872,05	56	0,51
2/3	30,2	16,3	13,25	885,30	57	0,52
3/3	28,4	16,9	12,65	897,95	58	0,53
4/3	29,4	17,1	13,25	911,20	59	0,53
5/3	29,4	17,4	13,40	924,60	60	0,54
6/3	31,5	19,1	15,30	939,90	61	0,55
7/3	31,5	19,9	15,70	955,60	62	0,56
8/3	32,30	18,2	15,25	970,85	63	0,57

1 Segunda amostragem (12 folhas)

Tabela 11. Temperaturas máxima ($T_{max,i}$, °C) e mínima ($T_{min,i}$, °C) do ar, número de graus-dia no i-ésimo dia (G_i , °C.dia) e até o i-ésimo dia após a emergência (GDi , °C.dia), número de dias após a emergência (i) e número de graus-dia relativo da cultura (GDr_i) de milho no período de 9 de março a 9 de abril de 1997. Departamento de Produção Vegetal, ESALQ/USP. Data de semeadura: 27 de dezembro de 1996. Data de colheita: 6 de maio de 1997.

Data	$T_{max,i}$	$T_{min,i}$	G_i	GDi	i	GDr_i
9/3	32,6	19,2	15,90	986,75	64	0,58
10/3	31,9	18,5	15,20	1001,95	65	0,59
11/3	33,0	18,6	15,80	1017,75	66	0,60
12/3	32,1	19,5	15,80	1033,55	67	0,60
13/3	33,0	18,2	15,60	1049,15	68	0,61
14/3	31,4	18,4	14,90	1064,05	69	0,62
15/3	25,7	20,7	13,20	1077,25	70	0,63
16/3	28,7	19,2	13,95	1091,20	71	0,64
17/3	28,8	17,7	13,25	1104,45	72	0,65
18/3	30,1	16,2	13,15	1117,60	73	0,65
19/3	30,1	16,4	13,25	1130,85	74	0,66
20/3	32,0	18,1	15,05	1145,90	75	0,67
21/3	30,8	17,5	14,15	1160,05	76	0,68
22/3	30,8	15,7	13,25	1173,30	77	0,69
23/3	31,3	16,0	13,65	1186,95	78	0,69
24/3	31,4	16,2	13,80	1200,75	79	0,70
25/3 ¹	30,2	17,1	13,65	1214,40	80	0,71
26/3	31,0	18,0	14,50	1228,90	81	0,72
27/3	28,9	16,6	12,75	1241,65	82	0,73
28/3	29,2	14,1	11,65	1253,30	83	0,73
29/3	28,4	16,0	12,20	1265,50	84	0,74
30/3	22,8	15,5	9,15	1274,65	85	0,75
31/3	21,0	16,3	8,65	1283,30	86	0,75
1/4	29,1	17,8	13,45	1296,75	87	0,76
2/4	29,2	17,4	13,30	1310,05	88	0,77
3/4	28,8	17,6	13,20	1323,25	89	0,77
4/4	30,9	17,0	13,95	1337,20	90	0,78
5/4	29,2	17,8	13,50	1350,70	91	0,79
6/4	27,5	13,6	10,55	1361,25	92	0,80
7/4	26,0	15,4	10,70	1371,95	93	0,80
8/4	27,6	14,0	10,80	1382,75	94	0,81
9/4	28,1	12,9	10,50	1393,25	95	0,82

1 Terceira amostragem (grão pastoso)

Tabela 12. Temperaturas máxima ($T_{max,i}$, °C) e mínima ($T_{min,i}$, °C) do ar, número de graus-dia no i-ésimo dia (G_i , °C.dia) e até o i-ésimo dia após a emergência (GDi , °C.dia), estágio fenológico, número de dias após a emergência (i) e número de graus-dia relativo da cultura (GDr_i) de milho no período de 10 de abril a 6 de maio de 1997. Departamento de Produção Vegetal, ESALQ/USP. Data de semeadura: 27 de dezembro de 1996. Data de colheita: 6 de maio de 1997.

DATA	$T_{max,i}$	$T_{min,i}$	G_i	GDi	i	GDr_i
10/4	28,5	13,1	10,80	1404,05	96	0,82
11/4	28,7	13,4	11,05	1415,10	97	0,83
12/4	29,5	13,3	11,40	1426,50	98	0,83
13/4	30,0	14,5	12,25	1438,75	99	0,84
14/4	30,4	13,3	11,85	1450,60	100	0,85
15/4	29,6	14,0	11,80	1462,40	101	0,86
16/4	30,8	15,3	13,05	1475,45	102	0,86
17/4	24,9	15,9	10,40	1485,85	103	0,87
18/4	28,4	18,5	13,45	1499,30	104	0,88
19/4	30,8	16,5	13,65	1512,95	105	0,89
20/4	23,1	16,6	9,85	1522,80	106	0,89
21/4	28,8	18,3	13,55	1536,35	107	0,90
22/4	28,7	15,6	12,15	1548,50	108	0,91
23/4	28,0	15,1	11,55	1560,05	109	0,91
24/4	29,9	13,8	11,85	1571,90	110	0,92
25/4	29,3	14,2	11,75	1583,65	111	0,93
26/4	29,0	17,2	13,10	1596,75	112	0,93
27/4	28,3	12,3	10,30	1607,05	113	0,94
28/4	29,1	13,1	11,10	1618,15	114	0,95
29/4	29,0	11,3	10,15	1628,30	115	0,95
30/4	29,2	11,7	10,45	1638,75	116	0,96
1/5	30,2	12,7	11,45	1650,20	117	0,97
2/5	30,9	12,8	11,85	1662,05	118	0,97
3/5	30,8	14,2	12,50	1674,55	119	0,98
4/5	28,6	14,9	11,75	1686,30	120	0,99
5/5	29,1	14,1	11,60	1697,90	121	0,99
6/5/97 ¹	27,8	13,9	10,85	1708,75	122	1,00

¹ maturidade fisiológica e colheita

4.3 Análise estatística

4.3.1 Análise de variância

As análises de variância (teste F) demonstram que a massa de matéria seca de folha, colmo, espiga, grão, massa total e índice de área foliar apresentaram diferenças significativas ($\alpha = 0,01$ ou $\alpha = 0,05$) devido ao efeito da quantidade de radiação disponível para cada amostra, sendo esta consequência da distância das seringueiras e das épocas avaliadas.

Quando comparamos no mesmo nível de radiação os tratamentos com e sem competição por água, não foram observadas diferenças significativas entre os mesmos em qualquer época de avaliação.

Observamos através dessa análise que produção de massa de matéria seca de todas as partes da planta é função da quantidade de radiação recebida pela planta.

No ANEXO são apresentados os valores de massa de matéria seca e do índice de área foliar para as 4 épocas de coleta nos sete níveis de radiação (Tabela 44 à Tabela 53).

Pelo resultado da análise de variância, justifica-se a estimativa da produção de massa de matéria seca e rendimento de grãos, bem como índice de área foliar em função da distância da seringueira, ou, em última instância, da quantidade de radiação disponível e do somatório calórico de cada época.

4.3.2 Análise de regressão

Com a finalidade de entendimento, explicação numérica e de utilização prática, foram propostos dois tipos de modelos: (a) modelo estatístico e (b) modelo extrapolável.

4.3.2.1 Modelos descritivos

O teste F justifica a análise de regressão e a utilização do modelo proposto, e o coeficiente de correlação (r) "representa a explicação numérica".

A verificação da possibilidade da realização da análise de regressão foi feita utilizando o teste F. Para os casos justificados por esse critério, foram encontrados modelos estatísticos empíricos que descrevem, em cada época de coleta, a relação entre

os valores medidos dos diferentes atributos estudados e a posição em relação às seringueiras.

4.3.2.1.1 Rendimento de grãos

O rendimento de grãos aumenta com a distância do renque de seringueiras, devido ao maior nível de radiação (Figura 6. Rendimento de grãos (G, g/5 plantas) em função da distância do renque de seringueiras (Dt, m).. Para tal, o parâmetro empírico a do modelo estatístico proposto necessariamente deve ser negativo, e os parâmetros b e c necessariamente positivos (Tabela 13).

Para que haja consistência dimensional do modelo proposto, os parâmetros empíricos devem apresentar as seguintes dimensões: a: g/5 plantas, b: m, e c (adimensional) (Tabela 13).

Tabela 13. Modelo referente ao rendimento de grão (G, g/5 plantas) em função da distância (Dt, m) da seringueira, com os respectivos coeficientes de correlação (r), número de observações (n), desvio padrão (s), e valor F.

$G = \frac{a}{1 + \left(\frac{Dt}{b}\right)^c}$			
Época 4 (ponto de maturidade fisiológica)			
Parâmetros do modelo		Parâmetros estatísticos	
a (g/5 plantas)	863,9367	r	0,9820
b (m)	4,3644	n	8
c	-5,5205	s	53,928
		F**	136,3169

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade

Figura 6. Rendimento de grãos (G, g/5 plantas) em função da distância do renque de seringueiras (Dt, m).

4.3.2.1.2 Massa de matéria seca de folha

A massa de matéria seca da folha aumenta com a distância do renque de seringueiras, devido ao maior nível de radiação (Figura 7 a Figura 10). Para tal, o parâmetro empírico a do modelo estatístico proposto necessariamente deve ser positivo, e o parâmetro c deve ser superior ao parâmetro empírico b quando ambos são positivos (Tabela 14).

Para que haja consistência dimensional do modelo proposto, os parâmetros empíricos devem apresentar as seguintes dimensões: a : (g/5 plantas), b : (1/m), e c : (1/m) (Tabela 14).

Tabela 14. Modelo referente à massa de matéria seca de folha (g/5 plantas) em função da distância da seringueira, com os respectivos coeficientes de correlação (r), número de observações (n), desvio padrão (s) e valor F.

$F = a \left(\frac{1 + b \cdot e^{-cDt} - c \cdot e^{-bDt}}{c - b} \right)$			
Parâmetros do modelo		Parâmetros estatísticos	
Época 1 (4 folhas - Estádio fenológico 1)			
a (g/5 plantas)	3,7389	r	0,8805
b (1/m)	0,4202	n	8
c (1/m)	0,4204	s	0,6013
		F**	18,4152
Época 2 (12 folhas - Estádio fenológico 3)			
a (g/5 plantas)	73,3019	r	0,9043
b (1/m)	0,4064	n	8
c (1/m)	0,8388	s	9,8179
		F**	23,6350
Época 3 (grão pastoso - Estádio fenológico 7)			
a (g/5 plantas)	158,8133	r	0,9081
b (1/m)	0,1309	n	8
c (1/m)	1,0360e ²⁰	s	19,3548
		F**	24,7066
Época 4 (ponto de maturidade fisiológica)			
a (g/5 plantas)	207,6812	r	0,9246
b (1/m)	0,8745	n	8
c (1/m)	0,8750	s	24,4568
		F**	30,6596

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade

Figura 7. Massa de matéria seca de folha (F, g/10 plantas), referente à primeira amostragem, em função da distância do renque de seringueiras (Dt, m).

Figura 8. Massa de matéria seca de folha (F, g/5 plantas), referente à segunda amostragem, em função da distância do renque de seringueiras (Dt, m).

Figura 9. Massa de matéria seca de folha (F, g/5 plantas), referente à terceira amostragem, em função da distância do renque de seringueiras (Dt, m).

Figura 10. Massa de matéria seca de folha (F, g/5 plantas), referente à quarta amostragem, em função da distância do renque de seringueiras (Dt, m).

4.3.2.1.3 Massa de matéria seca de colmo

A massa de matéria seca do colmo aumenta com a distância do renque de seringueiras, devido ao maior nível de radiação (Figura 11 a Figura 14). Para tal, sendo o parâmetro empírico a do modelo estatístico proposto negativo, o parâmetro b necessariamente deve ser positivo (Tabela 15).

Para que haja consistência dimensional do modelo proposto, os parâmetros empíricos devem apresentar as seguintes dimensões: a : (g/5 plantas), b : (g/5 plantas), c : (m) e d : (m) (Tabela 15).

Tabela 15. Modelo referente à massa de matéria seca de colmo (g/5 plantas) em função da distância da seringueira, com os respectivos coeficientes de correlação (r), número de observações (n), desvio padrão (s) e valor F.

$Co = a + \frac{b \cdot \left[\arctan\left(\frac{Dt - c}{d}\right) + \frac{\pi}{2} \right]}{\pi}$			
Parâmetros do modelo		Parâmetros estatísticos	
Época 1 (4 folhas - Estádio fenológico 1)			
a (g/5 plantas)	-0,3286	r	0,9383
b (g/5 plantas)	7,5576	n	8
c (m)	4,0695	s	0,9392
d (m)	0,5690	F**	20,2851
Época 2 (12 folhas - Estádio fenológico 3)			
a (g/5 plantas)	-82,2594	r	0,9680
b (g/5 plantas)	258,8768	n	8
c (m)	3,2017	s	13,5580
d (m)	4,8432	F**	40,3340
Época 3 (grão pastoso - Estádio fenológico 7)			
a (g/5 plantas)	-3695,7575	r	0,9622
b (g/5 plantas)	4040,4144	n	8
c (m)	-7,7347	s	22,9314
d (m)	2,1061	F**	33,9879
Época 4 (ponto de maturidade fisiológica)			
a (g/5 plantas)	-33,4556	r	0,9526
b (g/5 plantas)	445,8768	n	8
c (m)	3,4231	s	42,1340
d (m)	0,8164	F**	26,8016

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade

Figura 11. Massa de matéria seca de colmo (C_o , g/10 plantas), referente à primeira amostragem, em função da distância do renque de seringueiras (Dt , m).

Figura 12. Massa de matéria seca de colmo (C_o , g/5 plantas), referente à segunda amostragem, em função da distância do renque de seringueiras (Dt , m).

Figura 13. Massa de matéria seca de colmo (C_o , g/ 5 plantas), referente à terceira amostragem, em função da distância do renque de seringueiras (D_t , m).

Figura 14. Massa de matéria seca de colmo (C_o , g/5 plantas), referente à quarta amostragem, em função da distância do renque de seringueiras (D_t , m).

4.3.2.1.4 Massa de matéria seca de espiga

A massa de matéria seca da espiga aumenta com a distância do renque de seringueiras, devido ao maior nível de radiação (Figura 15 a Figura 17). Para tal, sendo o parâmetro empírico a do modelo estatístico proposto negativo, o parâmetro b necessariamente deve ser positivo (Tabela 16).

Para que haja consistência dimensional do modelo proposto, os parâmetros empíricos devem apresentar as seguintes dimensões: a : g/5 plantas, b : g/5 plantas, c : m e d : m (Tabela 16).

Tabela 16. Modelo referente à massa de matéria seca de espiga (g/5 plantas) em função da distância da seringueira, com os respectivos coeficientes de correlação (r), número de observações (n), desvio padrão (s) e valor F .

$E = a + \frac{b \cdot \left[\arctan\left(\frac{Dt - c}{d}\right) + \frac{\pi}{2} \right]}{\pi}$			
Parâmetros do modelo		Parâmetros estatísticos	
Época 2 (12 folhas - Estádio fenológico 3)			
a (g/5 plantas)	-76,3676	r	0,9769
b (g/5 plantas)	241,7816	n	8
c (m)	3,1977	s	10,7472
d (m)	4,7879	F**	56,3694
Época 3 (grão pastoso - Estádio fenológico 7)			
a (g/5 plantas)	-509,2477	r	0,9289
b (g/5 plantas)	1040,1030	n	8
c (m)	0,2625	s	57,5656
d (m)	5,6795	F**	17,4222
Época 4 (ponto de maturidade fisiológica)			
a (g/5 plantas)	-75,1431	r	0,9829
b (g/5 plantas)	1284,5361	n	8
c (m)	4,1088	s	79,8505
d (m)	0,7545	F**	76,5492

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade

Figura 15. Massa de matéria seca de espiga (E, g/5 plantas), referente à segunda amostragem, em função da distância do renque de seringueiras (Dt, m).

Figura 16. Massa de matéria seca de espiga (E, g/5 plantas), referente à terceira amostragem, em função da distância do renque de seringueiras (Dt, m).

Figura 17. Massa de matéria seca de espiga (E , g/5 plantas), referente à quarta amostragem, em função da distância do renque de seringueiras (Dt , m).

4.3.2.1.5 Massa de matéria seca de parte aérea total

A massa de matéria seca de parte aérea total aumenta com a distância do renque de seringueiras, devido ao maior nível de radiação (Figura 18 a Figura 21). Para tal, o parâmetro empírico a do modelo estatístico proposto deve ser positivo (Tabela 17).

Para que haja consistência dimensional do modelo proposto, os parâmetros empíricos devem apresentar as seguintes dimensões: a : (g/5 plantas), b : (1/m), e c : (1/m) (Tabela 17).

Tabela 17. Modelo referente à massa de matéria seca de parte aérea total (g/5 plantas) em função da distância (Dt, m) da seringueira, com os respectivos coeficientes de correlação (r), número de observações (n), desvio padrão (s) e valor F.

$T = a \left(\frac{1 + b \cdot e^{-cDt} - c \cdot e^{-bDt}}{c - b} \right)$			
Parâmetros do modelo		Parâmetros estatísticos	
Época 1 (4 folhas - Estádio fenológico 1)			
a (g/5 plantas)	11,0815	r	0,9006
b (1/m)	0,4374	n	8
c (1/m)	0,4371	s	1,6069
		F**	22,6413
Época 2 (12 folhas - Estádio fenológico 3)			
a (g/5 plantas)	379,9152	r	0,9779
b (1/m)	0,2120	n	8
c (1/m)	0,8075	s	23,8327
		F**	110,4144
Época 3 (grão pastoso - Estádio fenológico 7)			
a (g/5 plantas)	932,5300	r	0,9308
b (1/m)	0,1210	n	8
c (1/m)	6,5500e+24	s	95,5991
		F**	33,6280
Época 4 (ponto de maturidade fisiológica)			
a (g/5 plantas)	1831,8207	r	0,9558
b (1/m)	0,4872	n	8
c (1/m)	0,4884	s	166,6731
		F**	54,0721

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade

Figura 18. Massa de matéria seca de parte aérea total (T , g/10 plantas), referente à primeira amostragem, em função da distância do renque de seringueiras (Dt , m).

Figura 19. Massa de matéria seca de parte aérea total (T , g/5 plantas), referente à segunda amostragem, em função da distância do renque de seringueiras (Dt , m).

Figura 20. Massa de matéria seca de parte aérea total (T , g/5 plantas), referente à terceira amostragem, em função da distância do renque de seringueiras (Dt , m).

Figura 21. Massa de matéria seca de parte aérea total (T , g/5 plantas), referente à quarta amostragem, em função da distância do renque de seringueiras (Dt , m).

4.3.2.1.6 Índice de área foliar

O índice de área foliar aumenta com a distância do renque de seringueiras, devido ao maior nível de radiação (Figura 22 a Figura 25). Para tal, o parâmetro empírico a do modelo estatístico proposto quando negativo, deve ser compensado pelo valor positivo do parâmetro empírico b . Nesse caso, cabe salientar que a combinação dos parâmetros empíricos c e d também devem ser levados em consideração (Tabela 18).

Para que haja consistência dimensional do modelo proposto, os parâmetros empíricos devem apresentar as seguintes dimensões: a : (m^2/m^2), b : (m^2/m^2), c : ($1/m$) e d : ($1/m$) (Tabela 18).

Tabela 18. Modelo referente ao índice de área foliar (m^2/m^2) em função da distância da seringueira, com os respectivos coeficientes de correlação (r), número de observações (n), desvio padrão (s) e valor F.

$IAF = a + b \left(1 + \frac{c \cdot e^{-dDt} - d \cdot e^{-cDt}}{d - c} \right)$			
Parâmetros do modelo		Parâmetros estatísticos	
Época 1 (4 folhas - Estádio fenológico 1)			
a (m ² /m ²)	-0,0025	r	0,8670
b (m ² /m ²)	0,0710	n	8
c (1/m)	0,4946	s	0,0129
d (1/m)	0,4944	F**	8,6927
Época 2 (12 folhas - Estádio fenológico 3)			
a (m ² /m ²)	-0,0003	r	0,8792
b (m ² /m ²)	1,4671	n	8
c (1/m)	0,5608	s	0,2494
d (1/m)	1,1227	F**	9,7079
Época 3 (grão pastoso - Estádio fenológico 7)			
a (m ² /m ²)	0,0615	r	0,8828
b (m ² /m ²)	2,9736	n	8
c (1/m)	0,1730	s	0,4717
d (1/m)	6,147e+20	F**	10,0313
Época 4 (ponto de maturidade fisiológica)			
a (m ² /m ²)	0,0678	r	0,9195
b (m ² /m ²)	4,1980	n	8
c (1/m)	6,8016 e+34	s	0,5915
d (1/m)	7,8085 e+34	F**	15,2372

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade

Figura 22. Índice de área foliar (IAF, m^2/m^2), referente à primeira amostragem, em função da distância do renque de seringueiras (Dt, m).

Figura 23. Índice de área foliar (IAF, m^2/m^2), referente à segunda amostragem, em função da distância do renque de seringueiras (Dt, m).

Figura 24. Índice de área foliar (IAF, m²/m²), referente à terceira amostragem, em função da distância do renque de seringueiras (Dt, m).

Figura 25. Índice de área foliar (IAF, m²/m²), referente à quarta amostragem, em função da distância do renque de seringueiras (Dt, m).

4.3.2.2 Modelos extrapoláveis

As análises de regressão foram justificadas pelo teste F para a massa de matéria seca de folha (Tabela 27 e Tabela 28), colmo (Tabela 30 e Tabela 31), espiga (Tabela 33 e Tabela 34) e parte aérea total (Tabela 36 e Tabela 37), bem como para o índice de área foliar (Tabela 39 e Tabela 40).

Foram utilizados valores médios devido não haver diferença entre os tratamentos 1 e 2 para massa de matéria seca de folha (Tabela 29), colmo (Tabela 32), espiga (Tabela 35) e parte aérea total (Tabela 38), bem como para índice de área foliar (Tabela 41).

Os parâmetros empíricos dos modelos extrapoláveis para massa de matéria seca relativa de folha, colmo, espiga e parte aérea total, e índice de área foliar, em função do número relativo de graus-dia e da radiação relativa, bem como os parâmetros estatísticos se encontram na Tabela 19 (Figura 26), Tabela 20 (Figura 27), Tabela 21 (Figura 28), Tabela 22 (Figura 29), e Tabela 23 (Figura 30), respectivamente.

4.3.2.2.1 Massa de matéria seca relativa de folha

Tabela 19. Modelo referente à massa de matéria seca relativa de folha (Fr) em função do número relativo de graus-dia (GDr) e da radiação relativa (RR), com os respectivos coeficientes de correlação (r), número de observações (n), desvio padrão (s) e valor F.

$Fr = a.e^{-e^{\left[-\left(\frac{GDr-b}{c}\right)\right]}} . e^{-e^{\left[-\left(\frac{RR-d}{h}\right)\right]}}$			
Parâmetros do modelo		Parâmetros estatísticos	
a	386,6429	r	0,9283
b	0,1479	n	29
c	0,1713	s	22,6066
d	0,7141	F**	77,6791
h	0,5468		

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade

Figura 26. Massa de matéria seca relativa de folha (Fr) em função do número relativo de graus-dia (GDr) e da radiação solar relativa (RR).

4.3.2.2.2 Massa de matéria seca relativa de colmo

Tabela 20. Modelo referente à massa de matéria seca relativa de colmo (Cr) em função do número relativo de graus-dia (GDr) e da radiação relativa (RR), com os respectivos coeficientes de correlação (r), número de observações (n), desvio padrão (s) e valor F.

$Cr = a \left[\frac{a + b \cdot \ln(GDr) + c \cdot RR}{1 + d \cdot \ln(GDr) + h \cdot \ln^2(GDr) + f \cdot \ln^3(GDr) + g \cdot RR} \right]$			
Parâmetros do modelo		Parâmetros estatísticos	
a	5,0956	r	0,9487
b	0,0075	n	29
c	203,6896	s	37,1000
d	-0,4323	F**	67,8104
f	-0,8025		
g	-0,5510		
h	0,8893		

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade

Figura 27. Massa de matéria seca relativa de colmo (Cr) em função do número relativo de graus-dia (GDr) e da radiação solar relativa (RR).

4.3.2.2.3 Massa de matéria seca relativa de espiga

Tabela 21. Modelo referente à massa de matéria seca relativa de espiga (Er) em função do número relativo de graus-dia (GDr) e da radiação relativa (RR), com os respectivos coeficientes de correlação (r), número de observações (n), desvio padrão (s) e valor F.

$Er = a + b \left[0,5 + \frac{\arctan\left(\frac{GDr - c}{d}\right)}{\pi} \right] \left[0,5 + \frac{\arctan\left(\frac{RR - h}{f}\right)}{\pi} \right]$			
Parâmetros do modelo		Parâmetros estatísticos	
a	-5,9215	r	0,9894
b	1.633,1084	n	29
c	0,3860	s	52,2749
d	0,0846	F**	300,1352
f	0,1390		
h	0,8343		

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade

Figura 28. Massa de matéria seca relativa de espiga (Er) em função do número relativo de graus-dia (GDr) e da radiação solar relativa (RR).

4.3.2.2.4 Massa de matéria seca relativa de parte aérea total

Tabela 22. Modelo referente à massa de matéria seca relativa de parte aérea total (Tr) em função do número relativo de graus-dia (GDr) e da radiação relativa (RR), com os respectivos coeficientes de correlação (r), número de observações (n), desvio padrão (s) e valor F.

Parâmetros do modelo		Parâmetros estatísticos	
a	2.488,8736	r	0,9705
b	0,3701	n	29
c	0,1444	s	118,9320
d	0,7865	F**	274,4137

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade

Figura 29. Massa de matéria seca relativa de parte aérea total (Tr) em função do número relativo de graus-dia (GDr) e da radiação solar relativa (RR).

4.3.2.2.5 Índice de área foliar

Tabela 23. Modelo referente ao índice de área foliar (IAF, m^2/m^2) em função do número relativo de graus-dia (GDr) e da radiação relativa (RR), com os respectivos coeficientes de correlação (r), número de observações (n), desvio padrão (s) e valor F.

$$IAF = a \cdot e^{\left[-0,5 \left(\frac{GDr-b}{c} \right)^2 \right]} + d \cdot e^{\left[-0,5 \left(\frac{\ln \left\{ \frac{RR}{h} \right\}}{f} \right)^2 \right]} + g \cdot e^{\left[-0,5 \left(\frac{RR-b}{c} \right)^2 \right]} + e \cdot e^{\left[-0,5 \left(\frac{\ln \left\{ \frac{RR}{h} \right\}}{f} \right)^2 \right]}$$

Parâmetros do modelo		Parâmetros estatísticos	
a (m^2/m^2)	0,0636	r	0,9121
b	0,7178	n	29
c	1,4708	s	0,5465
d (m^2/m^2)	-129,7918	F**	38,0442
f	1,5549		
g (m^2/m^2)	146,2469		
h	12,5336		

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade

Figura 30. Índice de área foliar (IAF, m^2/m^2) em função do número relativo de graus-dia (GDr) e da radiação solar relativa (RR).

4.4 Considerações finais

Embora os resultados apresentem diferenças significativas, as mesmas só são observadas, com frequência, para a amostra retirada mais próxima às seringueiras o que nos permite afirmar que o efeito do sombreamento das seringueiras, bem como a competição por água e nutrientes, é limitada a uma distância de 5,6 m. A partir dessa distância são observadas diferenças significativas, mas nem sempre se repetem para todas as partes e posições da planta.

Ao analisarmos massa matéria seca de folha, observamos diferenças significativas até a segunda e terceira coletas. Para terceira e quarta posições (8,3 e 11,9 m, respectivamente) foram encontradas diferenças significativas, o mesmo ocorrendo para massa de matéria seca de colmo e parte aérea total. Observamos também que os valores de massa foliar específica (MFe, mg/cm^2) são crescentes à medida que se distanciam do seringal. A redução da MFe é uma maneira que a planta encontra para tentar compensar a área foliar em locais sombreados (em áreas mais sombreadas, as folhas apresentam uma

menor espessura), buscando aumentar a área de folha com uma menor quantidade de energia consumida. A redução da MFe não apresentou resultados para o milho, uma vez que as diferenças observadas em massa total de folhas se repetem nas análises de índice de área foliar.

Conforme Andrade *et al* (1996), o milho apresenta a copa com folhas de hábito ereto, e a separação vertical das mesmas confere a planta um menor coeficiente de extinção de luz, o que possibilita uma maior penetração e distribuição mais uniforme da luz por todo o perfil da copa, promovendo altos valores de área foliar. Nessa situação a redução da MFe apresenta pouca expressão, uma vez que a planta, naturalmente, já apresenta alto IAF.

A ausência de diferença estatística entre os tratamentos, com e sem competição abaixo do nível do solo, pode ser resultado de dois fatores experimentais: ausência de estresse hídrico e barreira no solo insuficiente para evitar competição. A irrigação de toda a área experimental de milho eliminou condições de estresse hídrico, e somente nessa situação conseguiríamos, efetivamente, avaliar se ocorreria redução na produção de milho em função da competição por água.

Observa-se também a possibilidade das raízes de seringueira terem ultrapassado a trincheira por baixo e suas raízes ocuparem e competirem por água e nutrientes, nas supostas áreas sem competição por água e nutrientes.

É recomendável que para novos experimentos dessa natureza sejam realizados os seguintes procedimentos: (a) semeadura em época que apresente um veranico, onde a competição por água é efetiva; e (b) averiguação nas parcelas onde não ocorre competição por água e nutrientes, da presença ou não de raízes da espécie arbórea.

Em função dos resultados observamos que o efeito de sombreamento se dá a distâncias inferiores a 10 m, sendo então sugerida a instalação de um número maior de radiômetros dentro dessa área e a utilização de espécies pertencentes ao grupo das plantas C3 e de menor porte, que, por conseguinte, utilizem menor espaçamento nas entrelinhas, para uma avaliação mais precisa das interferências causadas pelo sombreamento da seringueira nesta faixa.

Dado que plantas do grupo das C4 (Andrade *et al*, 1996) apresentam maior resposta à variação de radiação, é aconselhável um estudo mais detalhado com essas espécies na faixa de semeadura mencionada.

5 CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos, conclui-se que:

- i) nas condições do experimento, a competição por água e nutrientes não afetou os componentes de produção e o rendimento da cultura de milho;
- ii) o sombreamento da seringueira foi fator de redução nos componentes de produção e no rendimento da cultura de milho;
- iii) a produção de massa de matéria seca de folha, colmo, espiga e parte aérea total, bem como o rendimento de grãos e o índice de área foliar podem ser estimados em função da distância do renque de árvores, bem como da radiação disponível;
- iv) o modelo extrapolável é utilizável para se estimar a massa de matéria seca relativa de milho (folha, colmo, espiga e parte aérea total) e o índice de área foliar em função do número relativo de graus-dia e da radiação relativa.

6 ANEXO

6.1 Análise estatística

6.1.1 Rendimento de grãos

Tabela 24. Sumário do resultado do teste de comparação entre os valores médios de rendimento de grãos referentes ao tratamento 1 (sem competição por água) e aos sete diferentes níveis de radiação solar (R_1 , R_2 , R_3 , R_4 , R_5 , R_6 e R_7) na quarta época de amostragem.

Época 4 (ponto de maturidade fisiológica)						
	R_1	R_2	R_3	R_4	R_5	R_6
R_2	*					
R_3	*	ns				
R_4	*	ns	ns			
R_5	*	ns	ns	ns		
R_6	*	ns	ns	ns	ns	
R_7	**	ns	ns	ns	ns	ns

ns: não significativo

* significativo ao nível de 1% de probabilidade

** significativo ao nível de 5% de probabilidade

Tabela 25. Sumário do resultado do teste de comparação entre os valores médios de rendimento de grãos referentes ao tratamento 2 (com competição por água) e aos sete diferentes níveis de radiação solar (R_1 , R_2 , R_3 , R_4 , R_5 , R_6 e R_7) na quarta época de amostragem.

Época 4 (ponto de maturidade fisiológica)						
	R_1	R_2	R_3	R_4	R_5	R_6
R_2	**					
R_3	*	ns				
R_4	*	ns	ns			
R_5	*	**	ns	ns		
R_6	*	ns	ns	ns	ns	
R_7	*	ns	ns	ns	ns	ns

ns: não significativo

* significativo ao nível de 1% de probabilidade

** significativo ao nível de 5% de probabilidade

Tabela 26. Sumário do resultado do teste de comparação entre os valores médios de rendimento de grãos referentes aos dois tratamentos (com e sem competição por água) e aos sete diferentes níveis de radiação solar (R_1 , R_2 , R_3 , R_4 , R_5 , R_6 e R_7) na quarta época de amostragem.

		Época 4 (ponto de maturidade fisiológica) (Tratamento 1)						
		R_1	R_2	R_3	R_4	R_5	R_6	R_7
Tratamento 2	R_1	ns						
	R_2		ns					
	R_3			ns				
	R_4				ns			
	R_5					ns		
	R_6						ns	
	R_7							ns

ns: não significativo

* significativo ao nível de 1% de probabilidade

** significativo ao nível de 5% de probabilidade

6.1.2 Massa de matéria seca de folha

Tabela 27. Sumário do resultado do teste de comparação entre os valores médios de massa de matéria seca de folha referentes ao tratamento 1 (sem competição por água) e aos sete diferentes níveis de radiação solar (R₁, R₂, R₃, R₄, R₅, R₆ e R₇) nas quatro épocas de amostragem.

Época 1 (4 folhas - Estádio fenológico 1)						
	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆
R ₂	**					
R ₃	**	ns				
R ₄	*	ns	ns			
R ₅	**	ns	ns	ns		
R ₆	*	ns	ns	ns	ns	
R ₇	*	*	*	**	*	**
Época 2 (12 folhas - Estádio fenológico 3)						
	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆
R ₂	ns					
R ₃	**	ns				
R ₄	*	**	*			
R ₅	*	ns	ns	ns		
R ₆	*	**	**	ns	ns	
R ₇	**	ns	ns	**	ns	**
Época 3 (grão pastoso - Estádio fenológico 7)						
	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆
R ₂	**					
R ₃	**	ns				
R ₄	*	ns	ns			
R ₅	*	ns	ns	ns		
R ₆	*	*	*	*	ns	
R ₇	*	*	*	*	*	ns
Época 4 (ponto de maturidade fisiológica)						
	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆
R ₂	*					
R ₃	*	ns				
R ₄	*	ns	ns			
R ₅	*	ns	ns	ns		
R ₆	*	ns	ns	ns	ns	
R ₇	*	ns	ns	ns	ns	ns

ns: não significativo

* significativo ao nível de 1% de probabilidade

** significativo ao nível de 5% de probabilidade

Tabela 28 Sumário do resultado do teste de comparação entre os valores médios de massa de matéria seca de folha referentes ao tratamento 2 (com competição por água) e aos sete diferentes níveis de radiação solar (R₁, R₂, R₃, R₄, R₅, R₆ e R₇) nas quatro épocas de amostragem.

Época 1 (4 folhas - Estádio fenológico 1)						
	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆
R ₂	ns					
R ₃	**	ns				
R ₄	ns	ns	ns			
R ₅	ns	ns	ns	ns		
R ₆	ns	ns	ns	ns	ns	
R ₇	ns	ns	**	ns	ns	ns
Época 2 (12 folhas - Estádio fenológico 3)						
	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆
R ₂	ns					
R ₃	ns	ns				
R ₄	*	ns	ns			
R ₅	*	ns	ns	ns		
R ₆	*	ns	ns	ns	ns	
R ₇	ns	ns	ns	ns	*	*
Época 3 (grão pastoso - Estádio fenológico 7)						
	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆
R ₂	ns					
R ₃	ns	ns				
R ₄	ns	ns	ns			
R ₅	ns	ns	ns	ns		
R ₆	*	ns	ns	ns	ns	
R ₇	*	**	ns	**	**	ns
Época 4 (ponto de maturidade fisiológica)						
	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆
R ₂	ns					
R ₃	*	*				
R ₄	*	ns	ns			
R ₅	*	*	ns	ns		
R ₆	*	*	ns	ns	ns	
R ₇	*	**	ns	ns	ns	ns

ns: não significativo

* significativo ao nível de 1% de probabilidade

** significativo ao nível de 5% de probabilidade

Tabela 29. Sumário do resultado do teste de comparação entre os valores médios de massa de matéria seca de folha referentes aos dois tratamentos (com e sem competição por água) e aos sete diferentes níveis de radiação solar (R₁, R₂, R₃, R₄, R₅, R₆ e R₇) nas quatro épocas de amostragem.

		Época 1 (4 folhas - Estádio fenológico 1) (Tratamento 1)						
		R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆	R ₇
Tratamento 2	R ₁	ns						
	R ₂		ns					
	R ₃			ns				
	R ₄				ns			
	R ₅					ns		
	R ₆						ns	
	R ₇							*
		Época 2 (12 folhas - Estádio fenológico 3) (Tratamento 1)						
		R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆	R ₇
Tratamento 2	R ₁	ns						
	R ₂		ns					
	R ₃			ns				
	R ₄				ns			
	R ₅					ns		
	R ₆						ns	
	R ₇							ns
		Época 3 (grão pastoso - Estádio fenológico 7) (Tratamento 1)						
		R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆	R ₇
Tratamento 2	R ₁	ns						
	R ₂		ns					
	R ₃			ns				
	R ₄				ns			
	R ₅					ns		
	R ₆						ns	
	R ₇							ns
		Época 4 (ponto de maturidade fisiológica) (Tratamento 1)						
		R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆	R ₇
Tratamento 2	R ₁	ns						
	R ₂		*					
	R ₃			ns				
	R ₄				ns			
	R ₅					ns		
	R ₆						ns	
	R ₇							ns

ns: não significativo

* significativo ao nível de 1% de probabilidade

** significativo ao nível de 5% de probabilidade

6.1.3 Massa de matéria seca de colmo

Tabela 30. Sumário do resultado do teste de comparação entre os valores médios de massa de matéria seca de colmo referentes ao tratamento 1 (sem competição por água) e aos sete diferentes níveis de radiação solar (R₁, R₂, R₃, R₄, R₅, R₆ e R₇) nas quatro épocas de amostragem.

Época 1 (4 folhas - Estádio fenológico 1)						
	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆
R ₂	**					
R ₃	**	ns				
R ₄	*	ns	ns			
R ₅	**	ns	ns	ns		
R ₆	*	ns	ns	ns	ns	
R ₇	*	**	*	ns	**	ns
Época 2 (12 folhas - Estádio fenológico 3)						
	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆
R ₂	**					
R ₃	**	ns				
R ₄	*	*	*			
R ₅	*	**	**	ns		
R ₆	*	*	**	ns	ns	
R ₇	*	*	*	ns	ns	ns
Época 3 (grão pastoso - Estádio fenológico 7)						
	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆
R ₂	ns					
R ₃	*	ns				
R ₄	*	ns	ns			
R ₅	*	ns	ns	ns		
R ₆	*	**	ns	ns	ns	
R ₇	*	**	ns	ns	ns	ns
Época 4 (ponto de maturidade fisiológica)						
	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆
R ₂	**					
R ₃	ns	ns				
R ₄	ns	ns	ns			
R ₅	**	ns	ns	ns		
R ₆	ns	ns	ns	ns	ns	
R ₇	ns	ns	ns	ns	ns	ns

ns: não significativo

* significativo ao nível de 1% de probabilidade

** significativo ao nível de 5% de probabilidade

Tabela 31. Sumário do resultado do teste de comparação entre os valores médios de massa de matéria seca de colmo referentes ao tratamento 2 (com competição por água) e aos sete diferentes níveis de radiação solar (R₁, R₂, R₃, R₄, R₅, R₆ e R₇) nas quatro épocas de amostragem.

Época 1 (4 folhas - Estádio fenológico 1)						
	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆
R ₂	ns					
R ₃	**	ns				
R ₄	*	ns	ns			
R ₅	ns	ns	ns	ns		
R ₆	ns	ns	ns	ns	ns	
R ₇	ns	ns	**	*	ns	ns
Época 2 (12 folhas - Estádio fenológico 3)						
	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆
R ₂	*					
R ₃	*	ns				
R ₄	*	ns	ns			
R ₅	*	ns	ns	ns		
R ₆	*	ns	ns	ns	ns	
R ₇	*	**	**	ns	ns	ns
Época 3 (grão pastoso - Estádio fenológico 7)						
	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆
R ₂	ns					
R ₃	ns	ns				
R ₄	ns	ns	ns			
R ₅	ns	ns	ns	ns		
R ₆	*	**	**	*	ns	
R ₇	*	*	*	*	*	ns
Época 4 (ponto de maturidade fisiológica)						
	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆
R ₂	**					
R ₃	*	ns				
R ₄	**	ns	ns			
R ₅	**	ns	ns	ns		
R ₆	**	ns	ns	ns	ns	
R ₇	*	ns	ns	ns	ns	ns

ns: não significativo

* significativo ao nível de 1% de probabilidade

** significativo ao nível de 5% de probabilidade

Tabela 32. Sumário do resultado do teste de comparação entre os valores médios de massa de matéria seca de colmo referentes aos dois tratamentos (com e sem competição por água) e aos sete diferentes níveis de radiação solar (R₁, R₂, R₃, R₄, R₅, R₆ e R₇) nas quatro épocas de amostragem.

		Época 1 (4 folhas - Estádio fenológico 1) (Tratamento 1)						
		R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆	R ₇
Tratamento 2	R ₁	ns						
	R ₂		ns					
	R ₃			ns				
	R ₄				ns			
	R ₅					ns		
	R ₆						ns	
	R ₇							ns
		Época 2 (12 folhas - Estádio fenológico 3) (Tratamento 1)						
		R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆	R ₇
Tratamento 2	R ₁	ns						
	R ₂		ns					
	R ₃			ns				
	R ₄				ns			
	R ₅					ns		
	R ₆						ns	
	R ₇							ns
		Época 3 (grão pastoso - Estádio fenológico 7) (Tratamento 1)						
		R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆	R ₇
Tratamento 2	R ₁	ns						
	R ₂		ns					
	R ₃			ns				
	R ₄				ns			
	R ₅					ns		
	R ₆						ns	
	R ₇							ns
		Época 4 (ponto de maturidade fisiológica) (Tratamento 1)						
		R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆	R ₇
Tratamento 2	R ₁	ns						
	R ₂		ns					
	R ₃			ns				
	R ₄				ns			
	R ₅					ns		
	R ₆						ns	
	R ₇							ns

ns: não significativo

* significativo ao nível de 1% de probabilidade

** significativo ao nível de 5% de probabilidade

6.1.4 Massa de matéria seca de espiga

Tabela 33. Sumário do resultado do teste de comparação entre os valores médios de massa de matéria seca de espiga referentes ao tratamento 1 (sem competição por água) e aos sete diferentes níveis de radiação solar (R₁, R₂, R₃, R₄, R₅, R₆ e R₇) nas três épocas de amostragem.

Época 2 (12 folhas - Estádio fenológico 3)						
	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆
R ₂	ns					
R ₃	ns	ns				
R ₄	*	**	*			
R ₅	*	ns	**	ns		
R ₆	*	**	**	ns	ns	
R ₇	*	*	*	ns	ns	ns
Época 3 (grão pastoso - Estádio fenológico 7)						
	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆
R ₂	*					
R ₃	*	ns				
R ₄	*	ns	ns			
R ₅	*	ns	ns	ns		
R ₆	*	ns	ns	ns	ns	
R ₇	*	*	ns	ns	ns	ns
Época 4 (ponto de maturidade fisiológica)						
	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆
R ₂	*					
R ₃	*	ns				
R ₄	*	ns	ns			
R ₅	*	ns	ns	ns		
R ₆	*	ns	ns	ns	ns	
R ₇	*	ns	ns	ns	ns	ns

ns: não significativo

* significativo ao nível de 1% de probabilidade

** significativo ao nível de 5% de probabilidade

Tabela 34. Sumário do resultado do teste de comparação entre os valores médios de massa de matéria seca de espiga referentes ao tratamento 2 (com competição por água) e aos sete diferentes níveis de radiação solar (R₁, R₂, R₃, R₄, R₅, R₆ e R₇) nas três épocas de amostragem.

Época 2 (12 folhas - Estádio fenológico 3)						
	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆
R ₂	**					
R ₃	*	ns				
R ₄	*	ns	ns			
R ₅	*	ns	ns	ns		
R ₆	*	**	ns	ns	ns	
R ₇	*	**	ns	ns	ns	ns
Época 3 (grão pastoso - Estádio fenológico 7)						
	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆
R ₂	ns					
R ₃	ns	ns				
R ₄	ns	ns	ns			
R ₅	ns	ns	ns	ns		
R ₆	*	**	**	ns	ns	
R ₇	*	*	*	*	**	ns
Época 4 (ponto de maturidade fisiológica)						
	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆
R ₂	*					
R ₃	*	ns				
R ₄	*	ns	ns			
R ₅	*	ns	ns	ns		
R ₆	*	ns	ns	ns	ns	
R ₇	*	ns	ns	ns	ns	ns

ns: não significativo

* significativo ao nível de 1% de probabilidade

** significativo ao nível de 5% de probabilidade

Tabela 35. Sumário do resultado do teste de comparação entre os valores médios de massa de matéria seca de espiga referentes aos dois tratamentos (com e sem competição por água) e aos sete diferentes níveis de radiação solar (R₁, R₂, R₃, R₄, R₅, R₆ e R₇) nas três épocas de amostragem.

		Época 2 (12 folhas - Estádio fenológico 3) (Tratamento 1)						
		R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆	R ₇
Tratamento 2	R ₁	ns						
	R ₂		ns					
	R ₃			ns				
	R ₄				ns			
	R ₅					ns		
	R ₆						ns	
	R ₇							ns
		Época 3 (grão pastoso - Estádio fenológico 7) (Tratamento 1)						
		R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆	R ₇
Tratamento 2	R ₁	ns						
	R ₂		ns					
	R ₃			ns				
	R ₄				ns			
	R ₅					ns		
	R ₆						ns	
	R ₇							ns
		Época 4 (ponto de maturidade fisiológica) (Tratamento 1)						
		R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆	R ₇
Tratamento 2	R ₁	ns						
	R ₂		ns					
	R ₃			ns				
	R ₄				ns			
	R ₅					ns		
	R ₆						ns	
	R ₇							ns

ns: não significativo

* significativo ao nível de 1% de probabilidade

** significativo ao nível de 5% de probabilidade

6.1.5 Massa de matéria seca de parte aérea total

Tabela 36. Sumário do resultado do teste de comparação entre os valores médios de massa de matéria seca de total referentes ao tratamento 1 (sem competição por água) e aos sete diferentes níveis de radiação solar (R₁, R₂, R₃, R₄, R₅, R₆ e R₇) nas quatro épocas de amostragem.

Época 1 (4 folhas - Estádio fenológico 1)						
	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆
R ₂	*					
R ₃	*	ns				
R ₄	*	ns	ns			
R ₅	*	ns	ns	ns		
R ₆	*	ns	ns	ns	ns	
R ₇	*	*	*	ns	*	**
Época 2 (12 folhas - Estádio fenológico 3)						
	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆
R ₂	**					
R ₃	**	ns				
R ₄	*	*	*			
R ₅	*	**	**	ns		
R ₆	*	*	*	ns	ns	
R ₇	*	*	*	ns	ns	ns
Época 3 (grão pastoso - Estádio fenológico 7)						
	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆
R ₂	*					
R ₃	*	ns				
R ₄	*	ns	ns			
R ₅	*	ns	ns	ns		
R ₆	*	ns	ns	ns	ns	
R ₇	**	ns	ns	ns	ns	ns
Época 4 (ponto de maturidade fisiológica)						
	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆
R ₂	*					
R ₃	ns	ns				
R ₄	**	ns	ns			
R ₅	*	ns	ns	ns		
R ₆	**	ns	ns	ns	ns	
R ₇	ns	ns	ns	ns	ns	ns

ns: não significativo

* significativo ao nível de 1% de probabilidade

** significativo ao nível de 5% de probabilidade

Tabela 37. Sumário do resultado do teste de comparação entre os valores médios de massa de matéria seca de total referentes ao tratamento 2 (com competição por água) e aos sete diferentes níveis de radiação solar (R_1 , R_2 , R_3 , R_4 , R_5 , R_6 e R_7) nas quatro épocas de amostragem.

Época 1 (4 folhas - Estádio fenológico 1)						
	R_1	R_2	R_3	R_4	R_5	R_6
R_2	ns					
R_3	*	ns				
R_4	*	ns	ns			
R_5	ns	ns	ns	ns		
R_6	ns	ns	ns	ns	ns	
R_7	ns	ns	**	**	ns	ns
Época 2 (12 folhas - Estádio fenológico 3)						
	R_1	R_2	R_3	R_4	R_5	R_6
R_2	**					
R_3	*	ns				
R_4	*	ns	ns			
R_5	*	ns	ns	ns		
R_6	*	**	ns	ns	ns	
R_7	*	ns	ns	ns	ns	ns
Época 3 (grão pastoso - Estádio fenológico 7)						
	R_1	R_2	R_3	R_4	R_5	R_6
R_2	ns					
R_3	*	*				
R_4	*	ns	ns			
R_5	*	*	ns	ns		
R_6	*	*	ns	ns	ns	
R_7	*	**	ns	ns	ns	ns
Época 4 (ponto de maturidade fisiológica)						
	R_1	R_2	R_3	R_4	R_5	R_6
R_2	*					
R_3	*	ns				
R_4	*	ns	ns			
R_5	*	ns	ns	ns		
R_6	*	ns	ns	ns	ns	
R_7	*	ns	ns	ns	ns	ns

ns: não significativo

* significativo ao nível de 1% de probabilidade

** significativo ao nível de 5% de probabilidade

Tabela 38. Sumário do resultado do teste de comparação entre os valores médios de massa de matéria seca de total referentes aos dois tratamentos (com e sem competição por água) e aos sete diferentes níveis de radiação solar (R₁, R₂, R₃, R₄, R₅, R₆ e R₇) nas quatro épocas de amostragem.

		Época 1 (4 folhas - Estádio fenológico 1) (Tratamento 1)						
		R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆	R ₇
Tratamento 2	R ₁	ns						
	R ₂		ns					
	R ₃			ns				
	R ₄				ns			
	R ₅					ns		
	R ₆						ns	
	R ₇							*
		Época 2 (12 folhas - Estádio fenológico 3) (Tratamento 1)						
		R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆	R ₇
Tratamento 2	R ₁	ns						
	R ₂		ns					
	R ₃			ns				
	R ₄				ns			
	R ₅					ns		
	R ₆						ns	
	R ₇							ns
		Época 3 (grão pastoso - Estádio fenológico 7) (Tratamento 1)						
		R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆	R ₇
Tratamento 2	R ₁	ns						
	R ₂		*					
	R ₃			ns				
	R ₄				ns			
	R ₅					ns		
	R ₆						ns	
	R ₇							ns
		Época 4 (ponto de maturidade fisiológica) (Tratamento 1)						
		R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆	R ₇
Tratamento 2	R ₁	ns						
	R ₂		ns					
	R ₃			ns				
	R ₄				ns			
	R ₅					ns		
	R ₆						ns	
	R ₇							ns

ns: não significativo

* significativo ao nível de 1% de probabilidade

** significativo ao nível de 5% de probabilidade

6.1.6 Índice de área foliar

Tabela 39. Sumário do resultado do teste de comparação entre os valores médios de índice de área foliar referentes ao tratamento 1 (sem competição por água) e aos sete diferentes níveis de radiação solar (R₁, R₂, R₃, R₄, R₅, R₆ e R₇) nas quatro épocas de amostragem.

Época 1 (4 folhas - Estádio fenológico 1)						
	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆
R ₂	*					
R ₃	ns	ns				
R ₄	*	ns	ns			
R ₅	**	ns	ns	ns		
R ₆	*	ns	ns	ns	ns	
R ₇	*	**	**	**	**	*
Época 2 (12 folhas - Estádio fenológico 3)						
	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆
R ₂	ns					
R ₃	ns	ns				
R ₄	*	**	*			
R ₅	**	ns	ns	ns		
R ₆	*	ns	**	ns	ns	
R ₇	ns	ns	ns	*	ns	**
Época 3 (grão pastoso - Estádio fenológico 7)						
	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆
R ₂	**					
R ₃	ns	ns				
R ₄	**	ns	ns			
R ₅	*	ns	ns	ns		
R ₆	*	**	*	**	ns	
R ₇	*	*	*	*	*	ns
Época 4 (ponto de maturidade fisiológica)						
	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆
R ₂	ns					
R ₃	ns	ns				
R ₄	ns	ns	ns			
R ₅	ns	ns	ns	ns		
R ₆	ns	ns	ns	ns	ns	
R ₇	ns	ns	ns	ns	ns	ns

ns: não significativo

* significativo ao nível de 1% de probabilidade

** significativo ao nível de 5% de probabilidade

Tabela 40. Sumário do resultado do teste de comparação entre os valores médios de índice de área foliar referentes ao tratamento 2 (com competição por água) e aos sete diferentes níveis de radiação solar (R_1 , R_2 , R_3 , R_4 , R_5 , R_6 e R_7) nas quatro épocas de amostragem.

Época 1 (4 folhas - Estádio fenológico 1)						
	R_1	R_2	R_3	R_4	R_5	R_6
R_2	ns					
R_3	ns	ns				
R_4	ns	ns	ns			
R_5	ns	ns	ns	ns		
R_6	ns	ns	ns	ns	ns	
R_7	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Época 2 (12 folhas - Estádio fenológico 3)						
	R_1	R_2	R_3	R_4	R_5	R_6
R_2	ns					
R_3	ns	ns				
R_4	**	ns	ns			
R_5	ns	ns	ns	ns		
R_6	ns	ns	ns	ns	ns	
R_7	ns	**	ns	*	*	*
Época 3 (grão pastoso - Estádio fenológico 7)						
	R_1	R_2	R_3	R_4	R_5	R_6
R_2	ns					
R_3	ns	ns				
R_4	ns	ns	ns			
R_5	ns	ns	ns	ns		
R_6	**	ns	ns	ns	ns	
R_7	*	ns	**	ns	**	ns
Época 4 (ponto de maturidade fisiológica)						
	R_1	R_2	R_3	R_4	R_5	R_6
R_2	ns					
R_3	ns	ns				
R_4	ns	ns	ns			
R_5	ns	ns	ns	ns		
R_6	ns	ns	ns	ns	ns	
R_7	ns	ns	ns	ns	ns	ns

ns: não significativo

* significativo ao nível de 1% de probabilidade

** significativo ao nível de 5% de probabilidade

Tabela 41. Sumário do resultado do teste de comparação entre os valores médios de índice de área foliar referentes aos dois tratamentos (com e sem competição por água) e aos sete diferentes níveis de radiação solar (R₁, R₂, R₃, R₄, R₅, R₆ e R₇) nas quatro épocas de amostragem.

		Época 1 (4 folhas - Estádio fenológico 1) (Tratamento 1)						
		R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆	R ₇
Tratamento 2	R ₁	ns						
	R ₂		ns					
	R ₃			ns				
	R ₄				ns			
	R ₅					ns		
	R ₆						ns	
	R ₇							*
		Época 2 (12 folhas - Estádio fenológico 3) (Tratamento 1)						
		R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆	R ₇
Tratamento 2	R ₁	ns						
	R ₂		ns					
	R ₃			ns				
	R ₄				ns			
	R ₅					ns		
	R ₆						ns	
	R ₇							ns
		Época 3 (grão pastoso - Estádio fenológico 7) (Tratamento 1)						
		R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆	R ₇
Tratamento 2	R ₁	ns						
	R ₂		ns					
	R ₃			ns				
	R ₄				ns			
	R ₅					ns		
	R ₆						ns	
	R ₇							ns
		Época 4 (ponto de maturidade fisiológica) (Tratamento 1)						
		R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆	R ₇
Tratamento 2	R ₁	ns						
	R ₂		ns					
	R ₃			ns				
	R ₄				ns			
	R ₅					ns		
	R ₆						ns	
	R ₇							ns

ns: não significativo

*significativo ao nível de 1% de probabilidade

** significativo ao nível de 5% de probabilidade

6.2 Dados coletados

6.2.1 Rendimento de grãos

Tabela 42. Sumário dos dados coletados de rendimento de grãos (g/5 plantas) referentes ao tratamento 1 (sem competição por água) nos sete diferentes níveis de radiação solar (R₁, R₂, R₃, R₄, R₅, R₆ e R₇) na quarta época de amostragem nas quatro repetições (r₁, r₂, r₃ e r₄).

Nível de Radiação Solar	Repetição			
	r ₁	r ₂	r ₃	r ₄
R ₁	407,08	181,34	430,25	269,66
R ₂	973,90	797,97	864,35	1029,85
R ₃	938,47	711,20	790,26	631,40
R ₄	974,55	1062,23	615,32	819,49
R ₅	1612,17	881,47	597,17	527,00
R ₆	765,10	996,61	770,77	693,65
R ₇ (Controle)	1083,15	759,00	.	.

Tabela 43. Sumário dos dados coletados de rendimento de grãos (g/5 plantas) referentes ao tratamento 2 (com competição por água) nos sete diferentes níveis de radiação solar (R₁, R₂, R₃, R₄, R₅, R₆ e R₇) na quarta época de amostragem.

Nível de Radiação Solar	Repetição			
	r ₁	r ₂	r ₃	r ₄
R ₁	385,03	138,10	290,93	67,92
R ₂	256,85	681,09	574,55	897,07
R ₃	1375,85	839,58	594,30	580,47
R ₄	864,93	727,25	669,47	860,00
R ₅	876,49	887,52	1234,19	879,99
R ₆	952,88	964,10	739,95	552,01
R ₇ (Controle)	1.085,45	729,82		

6.2.2 Massa de matéria seca de folha

Tabela 44. Sumário dos dados de massa de matéria seca de folha (g/5 plantas) referentes ao tratamento 1 (sem competição por água) nos sete diferentes níveis de radiação solar (R₁, R₂, R₃, R₄, R₅, R₆ e R₇) nas quatro épocas de amostragem nas quatro repetições (r₁, r₂, r₃ e r₄).

Nível de Radiação	Época 1 (4 folhas - Estádio fenológico 1) ¹			
	r ₁	r ₂	r ₃	r ₄
R ₁	0,080	0,665	0,400	0,342
R ₂	3,045	3,180	2,710	3,708
R ₃	4,986	2,235	1,920	1,306
R ₄	4,198	3,046	4,525	3,065
R ₅	4,203	3,026	1,341	3,399
R ₆	5,009	3,540	2,980	2,510
R ₇	5,971	5,502	3,990	9,888
Nível de Radiação	Época 2 (12 folhas - Estádio fenológico 3)			
	r ₁	r ₂	r ₃	r ₄
R ₁	39,18	25,77	36,21	62,80
R ₂	53,92	60,52	59,7	64,10
R ₃	85,78	46,14	52,16	57,13
R ₄	93,30	77,78	70,06	95,91
R ₅	91,81	53,70	83,80	67,76
R ₆	87,97	65,33	80,75	96,96
R ₇	65,07	67,54	52,67	60,35
Nível de Radiação	Época 3 (grão pastoso - Estádio fenológico 7)			
	r ₁	r ₂	r ₃	r ₄
R ₁	64,40	44,71	54,08	81,00
R ₂	107,15	112,12	88,92	123,76
R ₃	124,30	67,31	78,38	134,30
R ₄	94,50	134,31	121,39	121,27
R ₅	.	130,98	110,19	120,65
R ₆	258,10	142,77	149,35	140,09
R ₇	269,80	181,80	152,50	175,00
Nível de Radiação	Época 4 (ponto de maturidade fisiológica)			
	r ₁	r ₂	r ₃	r ₄
R ₁	151,30		144,90	351,65
R ₂	184,25	251,10	215,85	215,90
R ₃	196,95	169,70	179,00	318,40
R ₄	240,00	210,35	162,30	161,90
R ₅	278,90	237,35	175,40	157,30
R ₆	162,00	230,80	167,30	173,20
R ₇	146,50	251,00		

¹ g/10 plantas

Tabela 45. Sumário dos dados de massa de matéria seca de folha (g/5 plantas) referentes ao tratamento 2 (com competição por água) nos sete diferentes níveis de radiação solar (R₁, R₂, R₃, R₄, R₅, R₆ e R₇) nas quatro épocas de amostragem nas quatro repetições (r₁, r₂, r₃ e r₄).

Nível de Radiação	Época 1 (4 folhas - Estádio fenológico 1) ¹			
	r ₁	r ₂	r ₃	r ₄
R ₁	3,806	0,752	2,058	0,855
R ₂	2,625	2,815	6,255	2,147
R ₃	3,781	3,470	4,990	5,165
R ₄	7,057	3,390	2,120	1,955
R ₅	3,130	5,572	0,452	1,776
R ₆	5,535	3,300	5,618	1,370
R ₇	1,830	3,715	1,760	1,356
Nível de Radiação	Época 2 (12 folhas - Estádio fenológico 3)			
	r ₁	r ₂	r ₃	r ₄
R ₁	53,07	48,60	49,53	49,53
R ₂	72,22	70,99	69,00	61,11
R ₃	71,78	67,42	44,49	76,03
R ₄	80,23	60,59	77,61	90,98
R ₅	71,50	55,85	114,55	75,57
R ₆	64,60	61,60	117,14	84,22
R ₇	61,23	47,34	48,98	52,77
Nível de Radiação	Época 3 (grão pastoso - Estádio fenológico 7)			
	r ₁	r ₂	r ₃	r ₄
R ₁	70,00	92,57	80,58	79,41
R ₂	113,60	123,53	78,89	111,06
R ₃	96,10	131,86	87,40	116,94
R ₄	119,10	147,95	104,59	71,61
R ₅	84,25	143,83	103,05	130,16
R ₆	117,60	141,45	152,51	154,48
R ₇	119,55	158,69	146,00	215,90
Nível de Radiação	Época 4 (ponto de maturidade fisiológica)			
	r ₁	r ₂	r ₃	r ₄
R ₁	159,40	121,10	160,80	113,35
R ₂	194,20	211,55	151,30	236,10
R ₃	269,40		139,95	334,45
R ₄	204,80	184,10	155,65	173,60
R ₅	180,80	457,10	254,70	174,10
R ₆	183,60	205,96	160,00	134,60
R ₇	228,95	180,40		

¹ g/10 plantas

6.2.3 Massa de matéria seca de colmo

Tabela 46. Sumário dos dados de massa de matéria seca de colmo (g/5 plantas) referentes ao tratamento 1 (sem competição por água) nos sete diferentes níveis de radiação solar (R₁, R₂, R₃, R₄, R₅, R₆ e R₇) nas quatro épocas de amostragem nas quatro repetições (r₁, r₂, r₃ e r₄).

Nível de Radiação	Época 1 (4 folhas - Estádio fenológico 1) ¹			
	r ₁	r ₂	r ₃	r ₄
R ₁	2,712	0,850	1,320	2,060
R ₂	8,346	5,780	2,600	8,700
R ₃	10,380	6,653	2,300	3,400
R ₄	11,771	5,015	12,295	3,964
R ₅	5,930	5,340	5,940	7,985
R ₆	6,615	8,860	5,450	10,930
R ₇	12,861	8,483	8,365	12,730
Nível de Radiação	Época 2 (12 folhas - Estádio fenológico 3)			
	r ₁	r ₂	r ₃	r ₄
R ₁	0,80	39,72	43,76	78,65
R ₂	76,75	91,74	91,78	102,60
R ₃	119,30	99,93	64,85	89,95
R ₄	149,66	143,72	166,53	149,93
R ₅	160,34	125,48	174,13	112,90
R ₆	177,93	119,95	117,68	166,66
R ₇	170,20	221,30	155,48	157,94
Nível de Radiação	Época 3 (grão pastoso - Estádio fenológico 7)			
	r ₁	r ₂	r ₃	r ₄
R ₁	126,40	57,45	70,71	103,69
R ₂	178,30	184,59	156,00	122,65
R ₃	277,90	120,15	134,38	215,50
R ₄	192,65	264,79	235,70	190,29
R ₅	270,20	220,77	193,80	224,42
R ₆	244,70	264,95	237,75	268,61
R ₇	239,60	.	239,75	302,90
Nível de Radiação	Época 4 (ponto de maturidade fisiológica)			
	r ₁	r ₂	r ₃	r ₄
R ₁	290,45	272,60	282,40	283,50
R ₂	387,50	438,40	389,80	452,40
R ₃	410,00	346,70	324,00	219,85
R ₄	506,40	249,75	346,70	325,95
R ₅	694,30	465,20	342,15	305,15
R ₆	385,75	472,20	365,35	385,10
R ₇	505,90	395,50		

¹ g/10 plantas

Tabela 47. Sumário dos dados de massa de matéria seca de colmo (g/5 plantas) referentes ao tratamento 2 (com competição por água) nos sete diferentes níveis de radiação solar (R₁, R₂, R₃, R₄, R₅, R₆ e R₇) nas quatro épocas de amostragem nas quatro repetições (r₁, r₂, r₃ e r₄).

Nível de Radiação	Época 1 (4 folhas - Estádio fenológico 1) ¹			
	r ₁	r ₂	r ₃	r ₄
R ₁	3,366	3,070	2,264	3,510
R ₂	5,994	6,335	7,968	5,830
R ₃	8,920	6,213	6,190	10,280
R ₄	14,724	11,089	5,223	4,880
R ₅	4,750	10,986	2,290	5,630
R ₆	6,886	7,720	4,585	4,793
R ₇	3,834	6,190	1,250	2,895
Nível de Radiação	Época 2 (12 folhas - Estádio fenológico 3)			
	r ₁	r ₂	r ₃	r ₄
R ₁	38,12	59,94	75,83	48,35
R ₂	158,54	123,67	88,62	88,09
R ₃	145,87	141,90	91,32	104,68
R ₄		148,66	124,35	149,24
R ₅	161,05	117,64	127,12	112,34
R ₆	137,45	122,01	228,88	130,70
R ₇	187,80	120,53	186,84	174,03
Nível de Radiação	Época 3 (grão pastoso - Estádio fenológico 7)			
	r ₁	r ₂	r ₃	r ₄
R ₁	125,35	129,54	131,45	119,29
R ₂	208,80	201,30	126,02	197,67
R ₃	211,50	210,70	149,15	179,90
R ₄	96,50	226,10	188,74	112,89
R ₅	180,60	206,42	163,90	232,29
R ₆	235,00	243,06	307,49	257,13
R ₇	197,79	244,70	293,20	478,90
Nível de Radiação	Época 4 (ponto de maturidade fisiológica)			
	r ₁	r ₂	r ₃	r ₄
R ₁	266,70	181,95	254,55	164,00
R ₂	349,70	391,10	266,20	479,20
R ₃	567,20	245,60	296,60	464,30
R ₄	398,60	383,30	295,55	395,75
R ₅	389,45	263,25	541,50	332,25
R ₆	369,85	458,80	338,15	276,55
R ₇	514,60	444,50		

¹ g/10 plantas

6.2.4 Massa de matéria seca de espiga

Tabela 48. Sumário dos dados de massa de matéria seca de espiga (g/5 plantas) referentes ao tratamento 1 (sem competição por água) nos sete diferentes níveis de radiação solar (R₁, R₂, R₃, R₄, R₅, R₆ e R₇) em três épocas de amostragem nas quatro repetições (r₁, r₂, r₃ e r₄).

Nível de Radiação	Época 2 (12 folhas - Estádio fenológico 3)			
	r1	r2	r3	r4
R ₁	30,80	29,89	43,76	78,65
R ₂	62,12	91,74	91,78	102,60
R ₃	104,54	85,43	64,85	80,49
R ₄	139,73	143,70	152,03	149,93
R ₅	150,53	115,78	159,63	98,40
R ₆	177,93	119,95	103,18	152,16
R ₇	155,81	206,80	140,56	143,44
Nível de Radiação	Época 3 (grão pastoso - Estádio fenológico 7)			
	r1	r2	r3	r4
R ₁	107,80	22,10	71,50	126,50
R ₂	332,30	652,60	283,50	379,20
R ₃	430,10	394,50	244,50	304,70
R ₄	344,90	501,90	426,20	359,90
R ₅	391,70	376,80	330,00	471,70
R ₆	396,00	490,20	489,20	568,30
R ₇	582,15	197,20	480,50	373,20
Nível de Radiação	Época 4 (ponto de maturidade fisiológica)			
	r1	r2	r3	r4
R ₁	579,24	300,00	607,20	445,07
R ₂	1270,00	1100,36	1135,74	1348,04
R ₃	1261,20	974,28	1080,00	866,56
R ₄	1325,00	1450,00	882,59	1080,00
R ₅	2115,00	1204,94	845,00	836,22
R ₆	1088,28	1320,00	1060,00	980,84
R ₇	1445,00	1085,00		

Tabela 49. Sumário dos dados de massa de matéria seca de espiga (g/5 plantas) referentes ao tratamento 2 (com competição por água) nos sete diferentes níveis de radiação solar (R₁, R₂, R₃, R₄, R₅, R₆ e R₇) em três épocas de amostragem nas quatro repetições (r₁, r₂, r₃ e r₄).

Nível de Radiação	Época 2 (12 folhas - Estádio fenológico 3)			
	r1	r2	r3	r4
R1	38,75	50,94	75,83	48,35
R2	158,54	123,67	48,62	88,09
R3	141,87	141,90	91,32	104,68
R4	88,09	148,66	124,35	149,24
R5	161,05	103,14	127,12	112,34
R6	122,95	122,01	228,88	132,70
R7	173,30	105,78	171,95	159,33
Nível de Radiação	Época 3 (grão pastoso - Estádio fenológico 7)			
	r1	r2	r3	r4
R1	177,10	177,00	101,20	410,25
R2		285,70	228,20	345,90
R3	271,70	364,50	286,70	265,80
R4	391,70	359,15	330,40	188,90
R5	289,40	298,90	377,50	456,00
R6	394,50	423,20	606,50	477,80
R7	456,50	514,00	520,30	651,10
Nível de Radiação	Época 4 (ponto de maturidade fisiológica)			
	r1	r2	r3	r4
R1	550,00	225,00		141,43
R2	923,04	902,90	768,65	1.205,00
R3	1.785,00	1.094,40	830,00	815,00
R4	1.175,00	1.005,00	1.010,31	1.181,77
R5	1.196,11	1.205,00	1.695,00	1.252,92
R6	1.270,00	1.285,00	1.055,00	815,50
R7	1.425,00	1.003,59		

6.2.5 Massa de matéria seca total de parte aérea

Tabela 50. Sumário dos dados de massa de matéria seca total de parte aérea (g/5 plantas) referentes ao tratamento 1 (sem competição por água) nos sete diferentes níveis de radiação solar (R₁, R₂, R₃, R₄, R₅, R₆ e R₇) nas quatro épocas de amostragem nas quatro repetições (r₁, r₂, r₃ e r₄).

Nível de Radiação	Época 1 (4 folhas - Estádio fenológico 1) ¹			
	r ₁	r ₂	r ₃	r ₄
R ₁	2,82	1,54	1,73	2,42
R ₂	11,42	8,97	5,35	12,47
R ₃	15,45	8,91	4,32	4,71
R ₄	16,11	8,13	16,83	7,05
R ₅	10,24	8,45	7,36	11,39
R ₆	11,72	12,41	8,46	13,46
R ₇	18,84	13,99	12,36	22,64
Nível de Radiação	Época 2 (12 folhas - Estádio fenológico 3)			
	r ₁	r ₂	r ₃	r ₄
R ₁	100,78	95,38	123,73	220,10
R ₂	192,79	244,00	243,26	269,30
R ₃	309,62	231,50	181,86	227,57
R ₄	382,69	365,20	388,62	395,77
R ₅	402,68	294,96	417,56	279,06
R ₆	443,83	305,23	301,61	415,78
R ₇	391,08	495,64	348,71	361,73
Nível de Radiação	Época 3 (grão pastoso - Estádio fenológico 7)			
	r ₁	r ₂	r ₃	r ₄
R ₁	298,60	124,26	196,29	311,19
R ₂	617,75	949,31	528,42	625,61
R ₃	832,30	581,96	457,26	654,50
R ₄	632,05	901,00	783,29	671,46
R ₅		728,55	633,99	816,77
R ₆	898,80	897,92	876,30	977,00
R ₇	1.091,55		872,75	851,10
Nível de Radiação	Época 4 (ponto de maturidade fisiológica)			
	r ₁	r ₂	r ₃	r ₄
R ₁	1.020,99		1.034,50	1.080,22
R ₂	1.841,75	1.789,86	1.741,39	2.016,34
R ₃	1.868,15	1.490,68	1.583,00	1.404,81
R ₄	2.071,40	1.710,10	1.391,59	1.567,85
R ₅	3.088,20	1.907,49	1.362,55	1.298,67
R ₆	1.636,03	2.023,00	1.592,65	1.539,14
R ₇	2.097,40	1.731,50		

¹ g/10 plantas

Tabela 51. Sumário dos dados de massa de matéria seca total de parte aérea (g/5 plantas) referentes ao tratamento 2 (com competição por água) nos sete diferentes níveis de radiação solar (R₁, R₂, R₃, R₄, R₅, R₆ e R₇) nas quatro épocas de amostragem nas quatro repetições (r₁, r₂, r₃ e r₄).

Nível de Radiação	Época 1 (4 folhas - Estádio fenológico 1) ¹			
	r ₁	r ₂	r ₃	r ₄
R ₁	7,25	3,87	4,35	4,38
R ₂	8,70	9,22	14,26	8,00
R ₃	12,78	9,73	11,22	15,50
R ₄	21,82	14,49	7,37	6,85
R ₅	7,90	16,60	2,80	7,44
R ₆	12,46	11,03	10,23	6,17
R ₇	5,77	9,92	3,03	4,28
Nível de Radiação	Época 2 (12 folhas - Estádio fenológico 3)			
	r ₁	r ₂	r ₃	r ₄
R ₁	129,94	159,48	201,19	146,23
R ₂	389,30	318,33	206,24	237,29
R ₃	359,52	351,22	227,13	285,39
R ₄		357,91	326,31	389,46
R ₅	393,60	276,63	368,79	300,25
R ₆	325,00	305,62	574,90	347,62
R ₇	422,33	273,65	407,77	386,13
Nível de Radiação	Época 3 (grão pastoso - Estádio fenológico 7)			
	r ₁	r ₂	r ₃	r ₄
R ₁	372,45	399,11	313,23	608,95
R ₂		610,53	433,11	654,63
R ₃	579,30	707,06	523,25	562,64
R ₄	607,30	733,20	623,73	373,40
R ₅	554,25	649,15	644,45	818,45
R ₆	747,10	807,71	1.066,50	889,41
R ₇	773,84	917,39	959,50	1.345,90
Nível de Radiação	Época 4 (ponto de maturidade fisiológica)			
	r ₁	r ₂	r ₃	r ₄
R ₁	976,10	528,05		418,78
R ₂	1.961,18	1.505,55	1.186,15	1.920,30
R ₃	2.621,60		1.266,55	1.613,75
R ₄	1.778,40	1.572,40	1.461,51	1.751,12
R ₅	1.766,36	1.925,35	2.491,20	1.759,27
R ₆	1.823,45	1.949,76	1.553,15	1.226,65
R ₇	2.168,55	1.628,49		

¹ g/10 plantas

6.2.6 Índice de área foliar

Tabela 52. Sumário dos dados coletados de índice de área foliar (m^2/m^2) referentes ao tratamento 1 (sem competição por água) nos sete diferentes níveis de radiação solar ($R_1, R_2, R_3, R_4, R_5, R_6$ e R_7) nas quatro épocas de amostragem nas quatro repetições (r_1, r_2, r_3 e r_4).

Nível de Radiação	Época 1 (4 folhas - Estádio fenológico 1)			
	r_1	r_2	r_3	r_4
R ₁	0,002	0,015	0,009	0,008
R ₂	0,063	0,065	0,056	0,076
R ₃	0,093	0,042	0,036	0,024
R ₄	0,082	0,059	0,088	0,060
R ₅	0,076	0,055	0,024	0,062
R ₆	0,091	0,064	0,054	0,046
R ₇	0,107	0,099	0,071	0,177
Nível de Radiação	Época 2 (12 folhas - Estádio fenológico 3)			
	r_1	r_2	r_3	r_4
R ₁	0,97	0,64	0,90	1,56
R ₂	1,21	1,36	1,34	1,44
R ₃	1,75	0,94	1,07	1,17
R ₄	1,98	1,65	1,49	2,03
R ₅	1,82	1,07	1,66	1,34
R ₆	1,74	1,29	1,60	1,92
R ₇	1,27	1,32	1,03	1,18
Nível de Radiação	Época 3 (grão pastoso - Estádio fenológico 7)			
	r_1	r_2	r_3	r_4
R ₁	1,60	1,11	1,34	2,01
R ₂	2,40	2,51	1,99	2,77
R ₃	2,54	1,38	1,60	2,74
R ₄	2,00	2,85	2,57	2,57
R ₅		2,60	2,19	2,39
R ₆	5,11	2,83	2,96	2,77
R ₇	5,27	3,55	2,98	3,42
Nível de Radiação	Época 4 (ponto de maturidade fisiológica)			
	r_1	r_2	r_3	r_4
R ₁	3,75		3,59	8,71
R ₂	4,13	5,62	4,83	4,83
R ₃	4,02	3,47	3,66	6,51
R ₄	5,09	4,46	3,44	3,43
R ₅	5,53	4,71	3,48	3,12
R ₆	3,21	4,57	3,31	3,43
R ₇	2,86	4,90		

Tabela 53. Sumário dos dados coletados de índice de área foliar (m^2/m^2) referentes ao tratamento 2 (com competição por água) nos sete diferentes níveis de radiação solar (R1, R2, R3, R4, R5, R6 e R7) nas quatro épocas de amostragem nas quatro repetições (r1, r2, r3 e r4).

Nível de Radiação	Época 1 (4 folhas - Estádio fenológico 1)			
	r1	r2	r3	r4
R1	0,086	0,017	0,047	0,019
R2	0,054	0,058	0,129	0,044
R3	0,071	0,065	0,094	0,097
R4	0,137	0,066	0,041	0,038
R5	0,057	0,101	0,008	0,032
R6	0,101	0,060	0,102	0,025
R7	0,033	0,067	0,032	0,024
Nível de Radiação	Época 2 (12 folhas - Estádio fenológico 3)			
	r1	r2	r3	r4
R1	1,31	1,20	1,23	1,23
R2	1,62	1,59	1,55	1,37
R3	1,47	1,38	0,91	1,55
R4	1,70	1,28	1,65	1,93
R5	1,42	1,11	2,27	1,50
R6	1,28	1,22	2,32	1,67
R7	1,20	0,92	0,96	1,03
Nível de Radiação	Época 3 (grão pastoso - Estádio fenológico 7)			
	r1	r2	r3	r4
R1	1,73	2,29	2,00	1,97
R2	2,54	2,77	1,77	2,49
R3	1,96	2,69	1,79	2,39
R4	2,53	3,14	2,22	1,52
R5	1,67	2,85	2,04	2,58
R6	2,33	2,80	3,02	3,06
R7	2,33	3,10	2,85	4,22
Nível de Radiação	Época 4 (ponto de maturidade fisiológica)			
	r1	r2	r3	r4
R1	3,95	3,00	3,98	2,81
R2	4,35	4,74	3,39	5,29
R3	5,50	,	2,86	6,83
R4	4,34	3,90	3,30	3,68
R5	3,59	9,07	5,05	3,45
R6	3,64	4,08	3,17	2,67
R7	4,47	3,52		

6.2.7 Radiação solar

Tabela 54. Dados coletados e selecionados de radiação solar da estação meteorológica automática referentes aos seis radiômetros (R_s , Watts/m²) e ao piranômetro (P_i , Watts/m²), durante período do ciclo do milho (27 de dezembro de 1996 a 5 de maio de 1997).

Data	R_{s1}	R_{s2}	R_{s3}	R_{s4}	R_{s5}	R_{s6}	P_i
14 de janeiro	4.142	7.061	8.965	10.119	9.861	10.009	11.347
15 de janeiro	6.105	9.415	10.226	11.118	10.459	10.947	12.761
16 de janeiro	3.491	6.017	7.904	8.963	9.014	8.941	10.697
17 de janeiro	1.949	2.971	3.614	4.208	4.262	4.280	4.977
18 de janeiro	6.362	8.176	9.489	10.812	10.796	10.882	12.543
19 de janeiro	4.567	6.324	7.134	8.089	7.987	8.117	9.482
20 de janeiro	4.189	7.093	7.612	8.357	8.259	8.246	9.835
21 de janeiro	2.468	3.720	4.301	5.014	5.095	5.084	6.015
22 de janeiro	3.433	6.481	7.110	8.051	8.103	8.044	9.618
23 de janeiro	4.439	7.437	8.398	9.539	9.651	9.581	11.345
24 de janeiro	2.047	3.569	4.845	5.438	5.507	5.422	6.463
25 de janeiro	2.815	4.282	5.183	5.965	6.158	6.094	7.305
26 de janeiro	1.651	2.568	3.020	3.512	3.642	3.682	4.398
27 de janeiro	2.839	4.734	5.409	6.256	6.385	6.323	7.571
28 de janeiro	3.323	5.842	7.002	7.895	8.014	7.896	9.313
29 de janeiro	4.966	8.968	10.588	12.688	13.057	12.997	15.309
30 de janeiro	5.564	9.395	10.775	12.832	13.063	12.934	14.872
31 de janeiro	3.836	8.090	9.150	10.462	10.632	10.368	12.307
15 de fevereiro	2.530	2.884	3.049	3.477	4.513	4.333	8.957
16 de fevereiro	2.403	2.506	3.017	3.155	4.050	4.175	9.292
17 de fevereiro	2.873	4.123	4.503	4.576	5.205	4.986	10.780
22 de fevereiro	3.092	3.557	4.122	4.872	5.206	4.268	12.479
28 de fevereiro	2.279	2.768	3.715	3.748	3.989	3.285	11.989
2 de março	2.703	2.937	3.768	4.073	4.009	3.506	12.785
5 de março	4.139	4.683	5.477	6.294	6.282	5.434	20.923
14 de abril	1.957	4.197	7.591	8.769	9.437	9.260	11.669
15 de abril	2.324	4.611	5.687	6.570	7.018	7.077	8.808
16 de abril	1.720	4.147	5.844	6.751	7.158	6.860	8.646
19 de abril	1.909	4.384	6.223	7.188	7.716	7.420	9.385
20 de abril	1.555	2.366	2.778	3.209	3.351	3.337	4.171
21 de abril	1.890	3.485	5.554	6.416	6.982	6.946	8.330
22 de abril	1.912	4.072	7.015	8.104	8.582	8.493	10.510
23 de abril	1.847	3.774	6.740	7.786	8.337	8.379	10.367
24 de abril	1.494	3.186	6.530	7.543	8.266	8.245	9.940
25 de abril	1.736	3.734	6.198	7.160	7.697	7.595	9.612

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, R.M.; VIÉGAS, I. de J.M.; CUNHA, R.L.M. da. **Seringueira**. Belém: EMBRAPA, 1992. 6p. (EMBRAPA. Recomendações Básicas, 18).

ANDRADE, F.; CIRILO, A.; UHART, S.; OTEGUI, M. **Ecofisiologia del cultivo de maíz**. Argentina: Dekalpress, 1996. 292 p.

BASANTA, M. del V. Modelo para a estimativa do volume máximo de calda visando a aplicação foliar de produtos químicos na cultura do milho (*Zea mays* L.) Piracicaba, 1999. 65p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

BAUMER, M. **Agroforestry and desertification (the potential role of agroforestry in combating desertification and environmental degradation with special reference to Africa)**. Wageningen: Technical Centre for Agricultural and Rural Cooperation, 1990. 250p.

BERNARDES, M.S. A cultura de seringueira no estado de São Paulo e perspectivas para a produção de mudas. In: MEDRADO, M.J.S.; BERNARDES, M.S.; COSTA, J.D.; MARTINS, A.N. (Ed.) **Formação de mudas e plantio de seringueira**. Piracicaba: ESALQ, 1992. p.1-8.

- BERNARDES, M.S. Fotossíntese no dossel das plantas cultivadas. In: CASTRO, P.R.C. *et al* (Ed.). **Ecofisiologia da produção vegetal**, Piracicaba: Potafos, 1987. p.13-48.
- BERNARDES, M.S.; FURIA, L.R.R.; TERAMOTO, E.R.; BERNARDO, K.T. Interações abaixo da superfície do solo em sistema agroflorestal de seringueira (*Hevea brasiliensis*) e milho (*Zea mays*). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 2., Belém, 1998. **No contexto da qualidade ambiental e competitividade**; resumos. Belém: EMBRAPA, 1998. p.14-16.
- BOVI, M.L.A.; GODOY JÚNIOR, G.; NAGAI, V.; CARDOSO, M. Densidade de plantio de palmitero em consórcio com seringueiras. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.25, n.7, p.1023-1029. jul. 1990.
- BRIENZA JR., S.; SÁ, T.D.A. Sistemas agroflorestais na amazônia brasileira (espécies arbóreas e atributos desejáveis). In: CONGRESSO BRASILEIRO SOBRE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 1., Porto Velho, 1994. **Resumos**. Porto Velho: EMBRAPA, 1994. p.357-373.
- CARDOSO, M. **Instruções para a cultura da seringueira**. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônômico, 1980. 42p. (IAC. Boletim, 196).
- COSTA, J.D.; MARTINS, A.N.; BERNARDES, M.S.; FURTADO, E.L.; CASTRO, P.R.C.; SILVEIRA, R.I. **Curso sobre a cultura da seringueira**. Campo Grande: EMPAER, 1997. 39p.

- COSTA, N.L.; TOWNSEND, C.R.; MAGALHÃES, J.A.; PEREIRA, R.G.A. Avaliação agronômica de gramíneas forrageiras sob sombreamento de seringal adulto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 2, Belém, 1998. **No contexto da qualidade ambiental e competitividade**; resumos. Belém: EMBRAPA, 1998. p.201-303.
- DANTAS, M. Aspectos Ambientais dos Sistemas Agrofloretais. CONGRESSO BRASILEIRO SOBRE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 1., Porto Velho, 1994. **Resumos**. Porto Velho: EMBRAPA, 1994. p.433-453.
- DUBOIS, J.C.L.; VIANA, V.M.; ANDERSON, A.B. **Manual agroflorestral para a Amazônia**. Rio de Janeiro, REBRAF, v.1, 1996. 228p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Programa nacional de pesquisa de milho**. Brasília: EMBRAPA, DID, 1981. 50p.
- FANCELLI, A.L. **Plantas alimentícias**: guia para aula, estudos e discussão. Piracicaba: ESALQ, Departamento de Agricultura, 1986a. 131p.
- FANCELLI, A.L. **Plantas alimentícias**: guia para aula, estudos e discussão. Piracicaba: Centro Acadêmico "Luiz de Queiroz", 1986b. 131p.
- FANCELLI, A.L. Seringueira consorciada a culturas anuais e perenes. SIMPÓSIO DA CULTURA DA SERINGUEIRA, 2, Piracicaba, 1987. **Anais**. Piracicaba: ESALQ, 1987. p.205-222.
- FANCELLI, A.L. **Tecnologia da produção do milho para alta produtividade**. Piracicaba: ESALQ, Departamento de Agricultura, 1994. 223p.

FANCELLI, A.L.; LIMA, U.A. **Milho**: produção, pré-processamento e transformação agroindustrial. Piracicaba: FEALQ, s.d., 112p. (Série Extensão Agroindustrial, 5).

GOODMANN, M.M.; SMITH, J.S.C. Botânica do milho. In: Paterniani, E. **Melhoramento e produção do milho no Brasil**. Piracicaba: Fundação Cargill, 1978. p.32-70.

HARA, F.A. dos; TUCCI, C.A.F.; FIGUEIREDO, A.F. de; PEREIRA, J.O. Avaliação de genótipos de milho (*Zea mays* L.) na implantação de um sistema agroflorestal de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* (Wild. Ex Spreng) Schum) e pupunha (*Bactris gasipae* Hbk) no estado do Amazonas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 2, Belém, 1998. **No contexto da qualidade ambiental e competitividade**: resumos. Belém: EMBRAPA, 1998. p.36-37.

HEINEMAN, A.M.; OTIENO, H.J.O.; MENGICH, E.K.; AMADALO, B.A. Growth and yield of *Leucaena* and *Gliricidia* in western Kenya and their effect on maize yield. In: ECOPHYSIOLOGY OF TROPICAL INTERCROPPING, Gadalupe, 1994. **Proceedings**. Paris: INRA, 1995. p.455-464.

HOWARD, S.B.; ONG, C.K.; RAO, M.R.; MATHUVA, M.; BLACK, C.R. The partitioning of light and water in *Leucaena*-maize agroforestry systems. In: ECOPHYSIOLOGY OF TROPICAL INTERCROPPING, Gadalupe, 1994. **Proceedings**. Paris: INRA, 1995. p.123-135.

JONSSON, K.; FIDJELAND, L.; MAGHEMBE J. A., HOGBERG, P. The vertical distribution of fine roots of five tree species and maize in Morogo, Tanzania. **Agroforestry System**, v.6, p.63-70, 1988.

- KHAN, G.S.; EHRENREICH, J.H. Effect of increasing distance from *Acacia nilotica* on wheat yield. **Agroforestry Systems**, v.25, p.23-29, 1994.
- LAMPRECHT, H. **Silvicultura no trópicos: ecossistemas florestais e respectivas espécies arbóreas - possibilidades de aproveitamento sustentado** Eschborn: GTZ, 1990. 343p.
- LEMAIRE, G. Ecophysiological approaches to intercropping. In: **ECOPHYSIOLOGY OF TROPICAL INTERCROPPING**, Gadaloupe, 1994. **Proceedings**. Paris: INRA, 1995. p.9-25.
- MAGALHÃES, A.C.N. Fotossíntese. In: FERRI, M.G. (Ed). **Fisiologia Vegetal**, 1. São Paulo: EPU, 1985. p.117-166.
- MARQUES, L.C.T.; FERREIRA, C.A.P. Avaliação técnica e econômica de um sistema agroflorestal na região do Tapajós, Pará. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS**, 2., Belém, 1998. **No contexto da qualidade ambiental e competitividade**; resumos. Belém: EMBRAPA, 1998. p.147-146.
- MIAH, M.G.; GARRITY; ARAGON, M.L. Light availability to the crops in an agroforestry system. In: **ECOPHYSIOLOGY OF TROPICAL INTERCROPPING**, Gadaloupe, 1994. **Proceedings**. Paris: INRA, 1995. p.99-107.
- NAIR, P.K.R. **Agroforestry systems in the tropics**. London: Kluwer Academic, 1989. 664p.
- NOGUEIRA, O.L.; CONTO, A.J. de; CALZAVARA, B.B.G.; TEIXEIRA, L.B.; KATO, O.R.; OLIVEIRA, R.F. **Recomendações para o cultivo de espécies**

perenes em sistemas consorciados. Belém: EMBRAPA, CPATU, 1991. 61p.
(EMBRAPA. CPATU. Documentos, 56).

NYGREN, P.; JIMÉNEZ, J. M. Radiation regime and nitrogen supply in modeled alley cropping systems of *Erythina poeppigiana* with sequential maize-bean cultivation. **Agroforestry Systems**, v. 21, 1993. p.271-285.

OMETTO, J.C. **Bioclimatologia vegetal.** Piracicaba: Ed. Ceres, 1981. 440p.

ONG, C.K.; BLACK, C.R. Complementarity of resource use in intercropping and agroforestry systems. In: MONTHEITH, J.L.; SCOTT, R.K.; UNSWORTH, M.H. (Ed.) **Resource capture by crops.** Nottingham: Nottingham University Press, 1994. cap.14, p.255-278.

ONG, C.K. A framework for quantifying the various effects of tree-crop interactions. In: ONG, C.K.; HUXLEY, P. **Tree crop interactions: a physiological approach.** Wallingford: CAB International, 1996. p.1-23.

ONG, C.K.; CORLLET, J.E.; SINGH, R.P.; BLACH, C.R. Above and below ground interactions in agroforestry systems **Forest Ecology Management**, v.45, 1991. p.45-57.

ONG, C.K., BLACK, C.R., MARSHALL, F.M.; CORLLET, J.E. Principles of Resource Capture and Utilization of Light and Water. In: ONG, C.K.; HUXLEY, P. **Tree crop interactions: a physiological approach.** Wallingford: CAB International, 1996. p.73-158.

PURI, S.; BANGARWA, K.S. Effects of trees on yields of irrigated wheat crop in semi-arid regions. **Agroforestry Systems**, v.20, 1992. p.229-241.

- PURSEGLOVE, J.W. **Tropical crops: monocotyledons**, I. New York: John Wiley, 1972. 334p.
- SINGH, R.P.; ONG, C.K.; SAHARAN, N. Above and below ground interactions in alley-cropping in semi-arid India. **Agroforestry Systems**, v.9, 1989. p.259-274.
- YOUNG, A. **Agroforestry for soil conservation**. Wallingford: CAB International, 1989.
- VILAS BOAS, O. Uma breve descrição dos sistemas agroflorestais na América Latina. **Revista do Instituto Florestal**, n.8, 1991.
- WESSEL, M. **The crop systems in humid tropics**. Wageningen: Agricultural University, Department of Theoretical Production Ecology, 1990. 20p.
- WILLEY, R.W.; REDDY, M.S. A field technic for separating above and below interactions in intercropping and an experiment with pearl millet/groundnut. **Experimental Agriculture**, v.17, 1981. p.257-64.