**ESTIMATIVA DE RENDIMENTO DE GRÃOS E
CARACTERIZAÇÃO FITOTÉCNICA DA CULTURA DE
MILHO (*Zea mays* L.)**

JOÃO LUIZ GADIOLI

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

Novembro - 1999

ERRATA

Onde se lê	Leia-se	Página
...semeadura à	"...semeadura à colheita dos híbridos utilizados nas diferentes épocas de semeadura. "	x
...senescência das folhas velhas...	...senescência das folhas.	3
...Acre, constatou..."	"...Acre, constataram... "	9
...(j=1 a 4)...	...(j=1 a 3)...	15
"Erro! A origem de referência não foi encontrada.."	Tabela 4	15
equações 4,5,6 e 7	Todas as equações são aplicáveis tanto para o florescimento, quanto para o ponto de maturidade fisiológica	22
...conforme equação 7:	...conforme equação 8 :	22
...três híbrido...	...três híbridos...	23, 24, 25 e 26
$Ar = \frac{A}{A_{MAX}}$	$Hr = \frac{H}{H_{MAX}}$	26
...momento da emergência.	...momento da emergência (Tabela 13).	28
74 19 120 19 (Tabela 8)	74 19 20 19 (Tabela 8)	29
P54	p 54	29
D39	d 39	29
20 ^a	20a	30
...híbridos I e II.	...híbridos I e II,	33
...para todas os híbridos...	...para todos os híbridos...	41
...O híbrido III apresentou...	...o híbrido III não apresentou...	42
. O híbrido II na época 2 foi...	. O híbrido II na época 1 foi...	47
...apresentando o híbrido I altura significativamente menor...	...apresentando, o híbrido I, altura significativamente menor...	56
...e na Figura 9F.	...e na Figura 9E.	66
...massa de matéria seca relativa	... índice de área foliar relativa...	69
...In: REUNICO BRASILEIRA...	...In: REUNIÃO BRASILEIRA...	79

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

Gadioli, João Luiz

Estimativa de rendimento de grãos e caracterização fitotécnica da cultura de milho (*Zea mays* L.)
/ João Luiz Gadioli. - - Piracicaba, 1999.
86 p. : il.

Dissertação (mestrado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1999.
Bibliografia

1. Época de semeadura 2. Fenologia 3. Grão 4. Milho híbrido 5. Rendimento vegetal 6. Teor de umidade I. Título

CDD 633.15

“Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte - O Autor”

À minha amada esposa, Flávia

Dedico.

Aos meus pais, Agenor e Helena

Ofereço.

AGRADECIMENTOS

À minha amada esposa Flávia por saber compreender e aceitar o significado deste trabalho e por todo carinho e amor que tenho para com ela.

À Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” –ESALQ, através do Departamento Produção Vegetal pela oportunidade da realização do Curso de Mestrado em Agronomia (área de concentração: Fitotecnia).

À Universidade de Taubaté, através do Departamento de Ciências Agrárias, pelo apoio oferecido pelo Professor Vicente de Jesus Carvalho, pelo administrador Geraldo e funcionários na realização dos experimentos referentes a esta Dissertação.

Ao acadêmico Rodolfo pela ajuda nos momentos decisivos.

Ao Professor Dr. Durval Dourado Neto pela amizade, apoio, participação e orientação fundamentais no desenvolvimento do trabalho.

Aos amigos do curso: Oscar, João K, Dioger, Mônica, Cristina, Luiz, Fernanda, Leila, Silvana, Jordana, Maria e Axel pela amizade e companheirismo durante a convivência do curso e de modo especial ao Cícero, Omar e Dário.

Aos amigos de trabalho: Fortes, Conceição, Nanci, Maurício e Peretta pelo apoio e colaboração.

À CAPES, pela concessão da bolsa de estudos (fundamental ajuda para minha permanência no curso).

A todos os professores do Departamento de Produção Vegetal pela acolhida.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para realização deste trabalho.

SUMÁRIO

RESUMO	xvi
SUMMARY	xvii
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1 Modelagem em agricultura	4
2.2 Crescimento e desenvolvimento da cultura do milho	5
2.3 Área foliar da cultura do milho	7
2.4 Época de semeadura e rendimento da cultura do milho	8
2.5 Temperatura na cultura do milho	10
2.6 Graus-dia na cultura do milho	11
3 MATERIAL E MÉTODOS	13
3.1 Local de realização do experimento	13
3.2 Preparo do solo	14
3.3 Análise estatística	15
3.4 Área experimental	16
3.5 Manejo agrônômico da cultura	16
3.6 Critérios usados para caracterizar a cultura	18
3.7 Massa de 100 sementes	20
3.8 Uniformidade dos grãos	20
3.9 Estimativa do rendimento de grãos	20
3.10 Dados meteorológicos e estimativa dos graus-dia	21
3.11 Os modelos utilizados	23
3.11.1 Matéria seca relativa do colmo	23

3.11.2	Matéria seca relativa da folha	24
3.11.3	Matéria seca relativa do pendão	24
3.11.4	Matéria seca relativa da espiga	25
3.11.5	Índice relativo de área foliar	25
3.11.6	Diâmetro relativo do colmo	26
3.11.7	Altura relativa da planta	26
3.12	Calibração do modelo	26
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
4.1	Fenologia	28
4.2	Unidades térmicas necessárias para se atingir o florescimento e o ponto de maturidade fisiológica	35
4.3	Relação entre fenologia e graus-dia	35
4.4	Rendimento de grãos da cultura de milho	38
4.4.1	Número médio de fileiras de grãos por espiga	38
4.4.2	Número médio de grãos por espiga	39
4.4.3	Massa média do grão	39
4.4.4	Estimativa do rendimento médio obtido	40
4.5	Massa de matéria seca do colmo	41
4.6	Massa de matéria seca de folhas	44
4.7	Massa de matéria seca do pendão	46
4.8	Massa de matéria seca da espiga	48
4.9	Índice de área foliar	51
4.10	Diâmetro do colmo	53
4.11	Altura da planta	56
4.12	Teor de água dos grãos de milho	60
4.13	Uniformidade dos grãos	60
4.14	Umidade do solo	61

4.15	Os modelos utilizados	62
4.15.1	Massa de matéria seca do colmo	62
4.15.2	Massa de matéria seca da folha	64
4.15.3	Massa de matéria seca do pendão	66
4.15.4	Massa de matéria seca da espiga	68
4.15.5	Índice de área foliar	70
4.15.6	Diâmetro do colmo	72
4.15.7	Altura da planta	74
5	CONCLUSÕES	77
	ANEXO	78
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	80

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Representação esquemática referente à área experimental nas diferentes épocas de semeadura. 16
- Figura 2. Aspecto geral da área experimental. (A) Preparo do solo e aplicação de calcário; (B) solo após a semeadura (época 1); (C) semeadura (época 2); (D) híbridos na época 1 e semeadura na época 2; (E) híbridos nas épocas 1 e 2; (F) híbridos na época 1 (florescimento –superprecoces I e III) e na época 2; (G) híbridos nas épocas 1 e 2, e semeadura na época 3; (H) híbridos na época 1, época 2 (florescimento –superprecoces I e III), e emergência na época 3; (I) híbridos nas três épocas; (J) híbridos nas três épocas (florescimento na época 3); (K) híbridos nas três épocas (após a colheita da época 1 e ao ponto de maturidade fisiológica da época 2); (L) híbridos na época 3. 18
- Figura 3. Relação entre graus-dia e fenologia da cultura em termos relativos. a, b, c: híbrido I nas épocas 1, 2 e 3 respectivamente; d, e, f: híbrido II nas épocas 1, 2 e 3 respectivamente; g, h, i: híbrido III nas épocas 1, 2 e 3 respectivamente. (Significativo ao nível de 1% de probabilidade: $r^2_{9;0,01}=0,54$). 36
- Figura 4. Relação entre o índice de fenologia e número relativo de graus-dia nas três épocas de semeadura referente ao híbrido I (a), híbrido II (b), híbrido III (c) e cultura de milho (d) (média relativa dos três híbridos). (Significativo ao nível de 1% de probabilidade: $r^2_{9;0,01}=0,54$). 37
- Figura 5. Variação do rendimento em função da temperatura média na fase vegetativa da cultura do milho nas três épocas de semeadura. 41
- Figura 6. Aspecto geral referente às espigas dos três híbridos de milho nas três épocas. 50
- Figura 7. Matéria seca relativa do colmo em função do número relativo de graus-dias para: (A) híbrido I na época 1, (B) híbrido II na época 1, (C) híbrido III na época 1, (D) híbrido I na época 2, (E) híbrido II na época 2, (F) híbrido III na época 2, (G) híbrido I na época 3, (H) híbrido II na época 3, e (I) híbrido III na época 3. 62
- Figura 8. Matéria seca relativa da folha em função do número relativo de graus-dias para: (A) híbrido I na época 1, (B) híbrido II na época 1, (C) híbrido III na época 1, (D) híbrido I na época 2, (E) híbrido II na época 2, (F) híbrido III na época 2, (G) híbrido I na época 3, (H) híbrido II na época 3, e (I) híbrido III na época 3. 64
- Figura 9. Matéria seca relativa do pendão em função do número relativo de graus-dias para: (A) híbrido I na época 1, (B) híbrido II na época 1, (C) híbrido III na época 1, (D) híbrido I na época 2, (E) híbrido II na época 2, (F) híbrido III na época 2, (G) híbrido I na época 3, (H) híbrido II na época 3, e (I) híbrido III na época 3. 66

Figura 10. Matéria seca relativa da espiga em função do número relativo de graus-dias para: (A) híbrido I na época 1, (B) híbrido II na época 1, (C) híbrido III na época 1, (D) híbrido I na época 2, (E) híbrido II na época 2, (F) híbrido III na época 2, (G) híbrido I na época 3, (H) híbrido II na época 3, e (I) híbrido III na época 3.....68

Figura 11. Índice relativo de área foliar em função do número relativo de graus-dias para: (A) híbrido I na época 1, (B) híbrido II na época 1, (C) híbrido III na época 1, (D) híbrido I na época 2, (E) híbrido II na época 2, (F) híbrido III na época 2, (G) híbrido I na época 3, (H) híbrido II na época 3, e (I) híbrido III na época 3.....70

Figura 12. Diâmetro relativo do colmo em função do número relativo de graus-dias para: (A) híbrido I na época 1, (B) híbrido II na época 1, (C) híbrido III na época 1, (D) híbrido I na época 2, (E) híbrido II na época 2, (F) híbrido III na época 2, (G) híbrido I na época 3, (H) híbrido II na época 3, e (I) híbrido III na época 3,.....72

Figura 13. Altura relativa da planta em função do número relativo de graus-dias para: (A) híbrido I na época 1, (B) híbrido II na época 1, (C) híbrido III na época 1, (D) híbrido I na época 2, (E) híbrido II na época 2, (F) híbrido III na época 2, (G) híbrido I na época 3, (H) híbrido II na época 3, e (I) híbrido III na época 3,.....74

LISTA DE TABELAS

<i>Tabela 1. Características químicas (0 a 20 cm) e físicas do solo (Gley Pouco Húmico) da área experimental. Fazenda Piloto do Departamento de Ciências Agrárias, Universidade de Taubaté.....</i>	<i>13</i>
<i>Tabela 2. Análise do solo nas três épocas de semeadura.</i>	<i>14</i>
<i>Tabela 3. Descrição dos tratamentos.....</i>	<i>15</i>
<i>Tabela 4. Esquema da análise da variância.</i>	<i>16</i>
<i>Tabela 5. Número de espigas utilizado nos diferentes híbridos e épocas de semeadura para a determinação do número médio de fileiras de cada espiga, e do número médio de grãos de cada fileira.....</i>	<i>21</i>
<i>Tabela 6. Precipitação (mm) durante os ciclos compreendidos entre a semeadura à.....</i>	<i>21</i>
<i>Tabela 7. Variáveis utilizadas nos modelos.</i>	<i>27</i>
<i>Tabela 8. Eventos e manejo agrônômico caracterizados na época 1, nos três híbridos utilizados.....</i>	<i>29</i>
<i>Tabela 9. Eventos e manejo agrônômico caracterizados na época 2, nos três híbridos utilizados.....</i>	<i>30</i>
<i>Tabela 10. Eventos e manejo agrônômico caracterizados na época 3, nos três híbridos utilizados.....</i>	<i>31</i>
<i>Tabela 11. Número médio de folhas por planta, em função das três diferentes época, referente aos três híbridos utilizados.....</i>	<i>32</i>
<i>Tabela 12. Duração da fase vegetativa¹ (DFV, dias), duração da fase reprodutiva (DFR) e ciclo total² (CT, dias) referente aos híbridos utilizados nas diferentes épocas de semeadura.</i>	<i>33</i>
<i>Tabela 13. Dias após a semeadura (<u>valores sublinhados</u>) e graus-dia (valores em negrito) correspondentes aos estádios fenológicos dos três híbridos utilizados nas três épocas.....</i>	<i>34</i>
<i>Tabela 14. Número de graus-dia para o florescimento e o ponto de maturidade fisiológica referente aos híbridos utilizados nas diferentes épocas de semeadura.....</i>	<i>35</i>
<i>Tabela 15. Número médio de fileiras x número médio de grãos por fileira na espiga (Tabela 5) referente aos híbridos utilizados nas diferentes épocas de semeadura.</i>	<i>38</i>
<i>Tabela 16. Número médio de grãos por espiga (Tabela 5) referente aos híbridos utilizados nas diferentes épocas de semeadura.</i>	<i>39</i>
<i>Tabela 17. Massa (g) de 100 grãos referente aos híbridos (15 espigas) utilizados nas diferentes épocas de semeadura.</i>	<i>40</i>
<i>Tabela 18. Rendimento de grãos (R, kg.ha⁻¹) referente aos híbridos utilizados nas diferentes épocas de semeadura.....</i>	<i>40</i>
<i>Tabela 19. Variação temporal da massa de matéria seca do colmo por unidade de planta (MMSC, g.pt⁻¹).</i>	<i>42</i>
<i>Tabela 20. Análise de variância relativa à massa da matéria seca do colmo (MMSC, g.pt⁻¹).</i>	<i>43</i>

<i>Tabela 21. Resumo do resultado da análise de variância pelo teste de F aplicado à massa da matéria seca do colmo (MMSC) referente aos três híbridos nas três diferentes épocas (HbIE1: híbrido I na época 1; HbIE2: híbrido I na época 2; HbIE3: híbrido I na época 3; HbIIE1: híbrido II na época 1; HbIIE2: híbrido II na época 2; HbIIE3: híbrido II na época 3; HbIIIE1: híbrido III na época 1; HbIIIE2: híbrido III na época 2; e HbIIIE3: híbrido III na época 3) (média de 6 épocas de amostragem: 30, 45, 60, 75, 90 e 105 DAE).</i>	<i>43</i>
<i>Tabela 22. Variação temporal da massa de matéria seca de folha por unidade de planta (MMSF, g.pl⁻¹) referente aos híbridos (15 plantas) utilizados nas diferentes épocas de semeadura.</i>	<i>44</i>
<i>Tabela 23. Análise de variância relativa à massa seca de folha (MMSF, g.pl⁻¹).</i>	<i>45</i>
<i>Tabela 24. Resumo do resultado da análise de variância pelo teste de F aplicado à massa da matéria seca de folha (MMSF) referente aos três híbridos nas três diferentes épocas (HbIE1: híbrido I na época 1; HbIE2: híbrido I na época 2; HbIE3: híbrido I na época 3; HbIIE1: híbrido II na época 1; HbIIE2: híbrido II na época 2; HbIIE3: híbrido II na época 3; HbIIIE1: híbrido III na época 1; HbIIIE2: híbrido III na época 2; e HbIIIE3: híbrido III na época 3) (média de 7 épocas de amostragem: 15, 30, 45, 60, 75, 90 e 105 DAE).....</i>	<i>45</i>
<i>Tabela 25. Variação temporal da massa de matéria seca de pendão(MMSP) por unidade de planta (g.pl⁻¹).....</i>	<i>46</i>
<i>Tabela 26. Análise de variância relativa à massa seca do pendão (MMSP, g.pl⁻¹).</i>	<i>46</i>
<i>Tabela 27. Resumo do resultado da análise de variância pelo teste de F aplicado à massa da matéria seca do pendão (MMSP) referente aos três híbridos nas três diferentes épocas (HbIE1: híbrido I na época 1; HbIE2: híbrido I na época 2; HbIE3: híbrido I na época 3; HbIIE1: híbrido II na época 1; HbIIE2: híbrido II na época 2; HbIIE3: híbrido II na época 3; HbIIIE1: híbrido III na época 1; HbIIIE2: híbrido III na época 2; e HbIIIE3: híbrido III na época 3) (média de 4 épocas de amostragem: 60, 75, 90 e 105 DAE).....</i>	<i>47</i>
<i>Tabela 28. Variação temporal da massa de matéria seca de espigas por unidade de planta (MMSE, g.pl⁻¹).....</i>	<i>48</i>
<i>Tabela 29. Análise de variância relativa à massa seca da espiga (MMSE, g.pl⁻¹).</i>	<i>49</i>
<i>Tabela 30. Resumo do resultado da análise de variância pelo teste de F aplicado à massa da matéria seca da espiga (MMSE) referente aos três híbridos nas três diferentes épocas (HbIE1: híbrido I na época 1; HbIE2: híbrido I na época 2; HbIE3: híbrido I na época 3; HbIIE1: híbrido II na época 1; HbIIE2: híbrido II na época 2; HbIIE3: híbrido II na época 3; HbIIIE1: híbrido III na época 1; HbIIIE2: híbrido III na época 2; e HbIIIE3: híbrido III na época 3) (média de 4 épocas de amostragem: 60, 75, 90 e 105 DAE).</i>	<i>51</i>

<i>Tabela 31. Índice de área foliar (IAF, $m^2.m^{-2}$) referente aos híbridos nas diferentes épocas de semeadura.</i>	52
<i>Tabela 32. Análise de variância relativa ao índice de área foliar (IAF, $m^2.m^{-2}$).</i>	52
<i>Tabela 33. Resumo do resultado da análise de variância pelo teste de F aplicado ao índice de área foliar (IAF) referente aos três híbridos nas três diferentes épocas (HbIE1: híbrido I na época 1; HbIE2: híbrido I na época 2; HbIE3: híbrido I na época 3; HbIIE1: híbrido II na época 1; HbIIE2: híbrido II na época 2; HbIIE3: híbrido II na época 3; HbIIIE1: híbrido III na época 1; HbIIIE2: híbrido III na época 2; e HbIIIE3: híbrido III na época 3) (média de 7 épocas de amostragem: 15, 30, 45, 60, 75, 90 e 105 DAE).</i>	53
<i>Tabela 34. Variação temporal do diâmetro do colmo (D, mm) referente aos híbridos utilizados.</i>	54
<i>Tabela 35. Análise de variância relativa ao diâmetro do colmo (D, mm).</i>	55
<i>Tabela 36. Resumo do resultado da análise de variância pelo teste de F aplicado ao diâmetro do colmo (D) referente aos três híbridos nas três diferentes épocas (HbIE1: híbrido I na época 1; HbIE2: híbrido I na época 2; HbIE3: híbrido I na época 3; HbIIE1: híbrido II na época 1; HbIIE2: híbrido II na época 2; HbIIE3: híbrido II na época 3; HbIIIE1: híbrido III na época 1; HbIIIE2: híbrido III na época 2; e HbIIIE3: híbrido III na época 3) (média de 6 épocas de amostragem: 30, 45, 60, 75, 90 e 105 DAE).</i>	55
<i>Tabela 37. Variação temporal da altura média de planta (H, cm) referente aos híbridos utilizados.</i>	56
<i>Tabela 38. Análise de variância relativa à altura de planta (H, cm).</i>	57
<i>Tabela 39. Resumo do resultado da análise de variância pelo teste de F aplicado à altura da planta (H) referente aos três híbridos nas três diferentes épocas (HbIE1: híbrido I na época 1; HbIE2: híbrido I na época 2; HbIE3: híbrido I na época 3; HbIIE1: híbrido II na época 1; HbIIE2: híbrido II na época 2; HbIIE3: híbrido II na época 3; HbIIIE1: híbrido III na época 1; HbIIIE2: híbrido III na época 2; e HbIIIE3: híbrido III na época 3) (média de 7 épocas de amostragem: 15, 30, 45, 60, 75, 90 e 105 DAE).</i>	57
<i>Tabela 40. Teor de água (%) nos grãos no ponto de maturidade fisiológica.</i>	58
<i>Tabela 41. Teor de água (%) dos grãos de milho (3 espigas/híbrido) durante a fase reprodutiva.</i>	58
<i>Tabela 42. Resultados da passagem (%) dos grãos nas peneiras 26 a 19 (terços inferior, médio e superior) referente aos híbridos (10 espigas/híbrido) utilizados nas diferentes épocas de semeadura.</i>	59
<i>Tabela 43. Resultados da passagem (%), pelas peneiras 26 a 19, do lote das sementes utilizadas (Cargill) na semeadura referente aos híbridos nas diferentes épocas de semeadura.</i>	60
<i>Tabela 44. Variação temporal do conteúdo de água no solo (%) e da profundidade do lençol freático.</i>	61

<i>Tabela 45. Coeficiente de determinação (r^2), valor F e parâmetros empíricos (a, b, c, d) referentes ao modelo relativo à variação da massa de matéria seca relativa do colmo (MMSCr) para as três épocas (E) de semeadura e para os três híbridos (Hb) utilizados.</i>	<i>63</i>
<i>Tabela 46. Coeficiente de determinação (r^2), valor F e parâmetros empíricos (a, b, c, d) referentes ao modelo relativo à variação da massa de matéria seca relativa da folha (MMSFr) para as três épocas (E) de semeadura e para os três híbridos (Hb) utilizados.</i>	<i>65</i>
<i>Tabela 47. Coeficiente de determinação (r^2), valor F e parâmetros empíricos (a, b, c, d) referentes ao modelo relativo à variação da massa de matéria seca relativa do pendão (MMSPr) para as três épocas (E) de semeadura e para os três híbridos (Hb) utilizados.</i>	<i>67</i>
<i>Tabela 48. Coeficiente de determinação (r^2), valor F e parâmetros empíricos (a, b, c, d) referentes ao modelo relativo à variação da massa de matéria seca relativa e da espiga (MMSEr) para as três épocas (E) de semeadura e para os três híbridos (Hb) utilizados.</i>	<i>69</i>
<i>Tabela 49. Coeficiente de determinação (r^2), valor F e parâmetros empíricos (a, b, c, d, f) referentes ao modelo relativo à variação do índice relativo de área foliar (IAFr) para as três épocas (E) de semeadura e para os três híbridos (Hb) utilizados.</i>	<i>71</i>
<i>Tabela 50. Coeficiente de determinação (r^2), valor F e parâmetros empíricos (a, b, c, d) referentes ao modelo relativo à variação do diâmetro do colmo relativo (Dr) para as três épocas (E) de semeadura e para os três híbridos (Hb) utilizados.</i>	<i>73</i>
<i>Tabela 51. Coeficiente de determinação (r^2), valor F e parâmetros empíricos (a, b, c, d, f) referentes ao modelo relativo à altura relativa (Hr) da planta para as três épocas (E) de semeadura e para os três híbridos (Hb) utilizados.</i>	<i>75</i>

LISTA DE SÍMBOLOS

CT	Ciclo total (dia)
D	Diâmetro do colmo (mm)
DAE	Dias após a emergência (dia)
DAS	Dias após a semeadura (dia)
DFR	Duração da fase reprodutiva (dia)
DFV	Duração da fase vegetativa (dia)
D _{MAX}	Diâmetro máximo do colmo (mm)
Dr	Diâmetro do colmo relativo ($\text{mm} \cdot \text{mm}^{-1}$)
Época 1	18 de setembro de 1997
Época 2	20 de outubro de 1997
Época 3	9 de dezembro de 1997
GD	Graus-dia ($^{\circ}\text{C} \cdot \text{dia}$) (ou soma calórica ou índice térmico)
GDr	Graus-dia relativo
H	Altura da planta (cm)
Hb	Híbrido
Híbrido I	C901 (Cargill). Híbrido superprecoce
Híbrido II	C333B (Cargill). Híbrido normal
Híbrido III	C806 (Cargill). Híbrido superprecoce
H _{MAX}	Altura máxima da planta (cm)
Hr	Altura relativa da planta ($\text{cm} \cdot \text{cm}^{-1}$)
IAF	Índice de Área Foliar ($\text{m}^2 \cdot \text{m}^{-2}$)
IAFr	Índice relativo de área foliar
IAF _{MAX}	Índice de área foliar máximo ($\text{m}^2 \cdot \text{m}^{-2}$)
M.O.	Teor de matéria orgânica ($\text{g} \cdot \text{dm}^{-3}$)
MMSCr	Massa de matéria seca relativa do colmo ($\text{kg} \cdot \text{kg}^{-1}$)
MMSEr	Massa de matéria seca relativa da espiga ($\text{kg} \cdot \text{kg}^{-1}$)
MMSFr	Massa de matéria seca relativa da folha ($\text{kg} \cdot \text{kg}^{-1}$)
MMSPr	Massa de matéria seca relativa do pendão ($\text{kg} \cdot \text{kg}^{-1}$)

MMSC	Massa de matéria seca do colmo (g. pl ⁻¹)
MMSE	Massa de matéria seca da espiga (g. pl ⁻¹)
MMSF	Massa de matéria seca da folha (g. pl ⁻¹)
MMSP	Massa de matéria seca do pendão (g. pl ⁻¹)
PMF ou mf	Ponto de maturidade fisiológica
ppm	Parte por milhão
PRNT	Poder relativo de neutralização total
R	Rendimento de grãos (kg.ha ⁻¹)
UNITAU	Universidade de Taubaté
U.T.D.	Unidades térmicas de desenvolvimento

**ESTIMATIVA DE RENDIMENTO DE GRÃOS E CARACTERIZAÇÃO
FITOTÉCNICA DA CULTURA DE MILHO (*Zea mays* L.)**

Autor: JOÃO LUIZ GADIOLI

Orientador: Prof. Dr. DURVAL DOURADO NETO

RESUMO

Com o objetivo de estimar o rendimento de grãos e apresentar modelos estatísticos extrapoláveis referentes à caracterização fitotécnica da cultura de milho, foi conduzido, na área experimental da Fazenda Piloto do Departamento de Ciências Agrárias da Universidade de Taubaté, Taubaté, Estado de São Paulo, durante o ano agrícola de 1997/1998, um experimento de campo utilizando três híbridos de milho, com diferentes exigências calóricas, em três diferentes épocas de semeadura. Para estimativa do rendimento de grãos foram feitas as determinações de diferentes componentes (população de plantas na colheita, prolificidade, número médio de fileiras de grãos por espiga, número médio de grãos por fileira e massa média do grão). Para caracterização fitotécnica da cultura de milho, foram sugeridos modelos estatísticos extrapoláveis utilizando variáveis relativas adimensionais (variando de 0 – emergência - a 1 – ponto de maturidade fisiológica) referentes à massa de matéria seca da folha, colmo, pendão e espiga, índice de área foliar, diâmetro do colmo e altura de planta, as quais foram estimadas em função do número relativo de graus-dia para servir de referências de planejamento. Ainda, foi feito o acompanhamento da fenologia (caracterizando as fases vegetativa – emergência ao florescimento - e reprodutiva – florescimento ao ponto de maturidade fisiológica), a qual foi associada ao número relativo de graus-dia para servir de referência para nortear ações de manejo. Em função dos resultados obtidos, pode-se concluir que a equação referente à estimativa do rendimento de grãos, bem como os modelos estatísticos extrapoláveis, são utilizáveis para o que foram propostos.

**GRAIN YIELD ESTIMATE AND AGRONOMIC CHARACTERIZATION OF
THE MAIZE CROP (*Zea mays* L.)**

Author: JOÃO LUIZ GADIOLI

Adviser: Prof. Dr. DURVAL DOURADO NETO

SUMMARY

With the purpose of estimating grain yield, and presenting extrapolatable statistical models for characterizing the maize crop, a field experiment was conducted in the experimental farm of the Agrarian Sciences Department, University of Taubaté, São Paulo, Brazil, during the agricultural year 1997/1998. Three maize cultivars, with different thermic indexes, were used in the experiment, at three sowing seasons. To estimate grain yield, parameters related to different yield components were determined, as follows: plant population at harvest time, prolificacy (number of ears per plant), mean number of grain rows per ear, mean number of grains per row, and mean mass of grains. To characterize the maize crop, we suggested extrapolatable statistical models that use non-dimensional, comparative variables (ranging from 0 at plant emergence to 1 at the physiological maturity point), related to the dry matter mass of leaves, stem, tassel, and ears, and also Leaf Area Index, stem diameter, and plant height, which were estimated as a function of the relative number of degree-days to serve as a basis for planning. The plant phenological development was also monitored (with characterization of the vegetative stage - from plant emergence to flowering, and reproductive stage - from flowering to the physiological maturity point), in association with the relative number of degree-days as a reference to guide crop management. From the results obtained in this study, we concluded that the grain yield estimation equation, as well as the extrapolatable statistical models are possible to be utilized in the context for which they were proposed.

1 INTRODUÇÃO

O milho é cultivado nos mais diversos locais do território nacional, constituindo um dos cereais mais cultivados no mundo e de grande importância social e econômica.

A cultura de milho no Brasil apresenta rendimentos inferiores a 3.000 kg.ha^{-1} , valores abaixo do rendimento possível de ser atingido com a tecnologia atualmente disponível. A adequação do material genético em função das condições do meio otimizam o desempenho fisiológico, minimizando custos e maximizando rendimento de grãos.

O preparo do solo, a semeadura, a escolha da semente, a adubação, a irrigação, o uso de inseticidas, fungicidas e herbicidas, os tratos culturais devem merecer atenção pois são aspectos determinantes para a condução adequada de lavouras, de forma a fornecer ao milho condições para o estabelecimento e adquirir crescimento, massa foliar, maior absorção de nutrientes em detrimento de condições tecnológicas.

Através de evidências experimentais, a época recomendável indicada para o estabelecimento da cultura de milho é dependente da ocorrência de chuva e das condições de temperatura (milho não irrigado: cerca de 90% dos quase 14 milhões de hectares semeados no Brasil). Esse fato associado a uma grande disponibilidade de híbridos no mercado, resultam em épocas de semeadura que variam de região para região.

Além do uso tecnológico todas as informações sobre clima, planta, solo e a interação entre eles podem auxiliar os pesquisadores e os produtores no conhecimento e manejo da cultura.

O conhecimento das exigências calóricas, desde a emergência ao ponto de maturidade fisiológica, é de fundamental importância para a previsão da duração do ciclo da cultura em função do ambiente. Essas informações, associadas ao conhecimento da fenologia da cultura podem ser utilizadas no planejamento e manejo das atividades

agrícolas para definição da época de semeadura, da utilização de insumos (fertilizantes, inseticidas, fungicidas e herbicidas, principalmente), da época de colheita (colheita de grãos ou momento de corte de milho para silagem).

A introdução da cultura em certa região pode ser prevista utilizando a determinação do número de graus-dia, fazendo-se uso das variações meteorológicas (temperatura), associado a observações fenológicas das plantas.

Os modelos matemáticos propostos no presente trabalho são um instrumento que permite o estudo de alguns desses fatores, os quais possibilitam a previsão da variação temporal da massa de matéria seca relativa, além de possibilitar a estimativa da época de florescimento e do ponto de maturidade fisiológica da cultura de milho.

Além disso, os modelos podem auxiliar na interpretação de dados experimentais, sendo mais uma ferramenta para o desenvolvimento de novas técnicas de pesquisa e manejo num ambiente que hoje exige maximização do uso de recursos.

O presente trabalho tem por objetivos estimar o rendimento da cultura de milho e apresentar modelos estatísticos extrapoláveis referentes à caracterização fitotécnica (previsão da época de ocorrência dos estádios fenológicos da cultura de milho em função da soma calórica, e descrição, através de modelos numéricos, da variação temporal da massa de matéria seca de folha, colmo, pendão e espiga, bem como índice de área foliar, diâmetro do colmo e altura de planta) de três híbridos em três diferentes épocas de semeadura.

2 REVISÃO DE LITERATURA

A cultura de milho demonstra grande sensibilidade ao estresse hídrico podendo ter baixos rendimentos em situações de seca, além disso a capacidade da planta de produzir massa de matéria seca está diretamente relacionada com a quantidade de energia luminosa disponível e com a capacidade de aproveitamento dessa energia. Por esse motivo torna-se importante a análise do desenvolvimento da cultura em diferentes situações (Costa, 1994).

O desenvolvimento de culturas anuais, com crescimento determinado, pode ser dividido em três partes: (i) inicial: crescimento lento (momento do estabelecimento); (ii) intermediária: crescimento rápido (consolidação da cultura); (iii) final: maturação (crescimento pequeno ou nulo). A taxa de crescimento da cultura é definida pela variação da massa de matéria seca com o tempo e representa a capacidade de produção de fitomassa. Essa taxa é composta por todas as partes da planta e pode ocasionalmente ser dividida para efeito de estimativa através de modelos matemáticos (Pereira & Machado, 1987).

Para estimar alguns índices fisiológicos, faz-se necessário conhecer a variação temporal da massa seca e da área foliar. Na avaliação da massa seca deve haver uma padronização dos métodos de secagem do material, pois a quantidade de água no tecido vegetal varia com a hora do dia, com as condições ambientais e com o estágio de desenvolvimento da planta. A variação temporal da área foliar em geral aumenta até um máximo, onde permanece por algum tempo, decrescendo em seguida, devido a senescência das folhas velhas. Como a fotossíntese depende da área foliar, o rendimento da cultura será maior quanto mais rápido a planta atingir o índice de área foliar máximo e quanto mais tempo a área foliar permanecer ativa. Além desses índices relacionados à

cultura, existem importantes fatores climáticos a serem considerados; a radiação solar é um deles (Pereira & Machado, 1987).

A incidência de radiação na superfície terrestre é dependente da quantidade de energia que atinge o topo da atmosfera e da transmissividade da atmosfera à radiação (Goudriaan & Laar, 1992).

O comprimento de onda da radiação global está entre 0,3 e 3,0 μm . Já a radiação fotossinteticamente ativa está entre 0,4 e 0,7 μm e corresponde praticamente a parte visível do espectro luminoso. A distribuição difusa representa a parte da radiação que interage com gases e nuvens presentes na atmosfera. A interceptação da radiação pela folha é afetado pelo ângulo da mesma. No caso da folha horizontal a projeção sobre a superfície do solo é igual a sua própria superfície. Em folhas não horizontais essa projeção varia. Isso quer dizer que a fração de radiação interceptada pela folha dependerá da orientação da folha e da direção da radiação incidente. Esses fatos são de muita importância para a verificação da distribuição de luz na cobertura vegetal (Goudriaan & Laar, 1994).

O rendimento fotossintético da planta representa a interação entre a resposta fotossintética de folhas individuais com a disponibilidade de luz que incide sobre elas (Costa, 1992).

A temperatura do ar tem uma característica de ciclo que vai do mínimo ao nascer do sol até um máximo às 13h e 30min, podendo ocorrer variações como a passagem de uma frente fria por exemplo. Conhecendo-se essas temperaturas é possível descrever todo o ciclo com boa precisão dependendo do propósito. Se houver pouca interação entre radiação solar e temperatura, uma regressão linear entre os valores extremos de temperatura pode ser uma boa aproximação. No caso em que é necessário um detalhamento, deve-se utilizar uma função senoidal durante o período diurno e uma função exponencial decrescente no período noturno (Goudriaan & Laar, 1994).

2.1 Modelagem em agricultura

A modelagem matemática tem como função unir todos os fatores da planta e do

ambiente permitindo um estudo mais detalhado, ou ainda a previsão do resultado da interação entre eles (Pimenta, 1998). O ideal é formular um modelo suficientemente complexo para descrever dados originais sem no entanto, dificultar sua utilização prática. Por outro lado, todo modelo matemático é uma simplificação do sistema a ser estudado, e não pode contemplar todas as variáveis existentes, o que resulta numa previsão não muito exata da realidade (Pereira & Machado, 1987).

Para utilização dos modelos matemáticos, torna-se necessário a determinação de seus parâmetros empíricos através de experimentação (necessidade de várias amostragens). No caso de amostragens em que parte das plantas é destruída, há interferência na população restante. Na análise quantitativa de crescimento de comunidades vegetais os intervalos de amostragens mais utilizados variam entre 7 e 14 dias (Pereira & Machado, 1987).

Portanto, o tamanho dos experimentos deve ser em função do número de amostragens necessárias. Estatisticamente o mais correto é fazer o sorteio das plantas a serem amostradas em cada tratamento, devendo-se considerar inclusive as plantas vizinhas pois aquelas que foram retiradas têm vantagens sobre outras, o ideal então é evitar o sorteio dessas plantas na próxima amostragem. Para culturas de plantas individualizadas, a amostra deve conter de 10 a 20 plantas (Pereira & Machado, 1987).

2.2 Crescimento e desenvolvimento da cultura do milho

Em função dos eventos que ocorrem ao longo do ciclo da cultura, é possível estabelecer estádios de desenvolvimento caracterizados por alterações morfológicas provocadas principalmente pelo ambiente. A duração das fases fenológicas de uma cultura, avaliada pelo número de dias, varia entre regiões, anos e datas de semeadura, em razão das variações climáticas, como umidade relativa, temperatura do ar e do solo, chuva, radiação solar e fotoperíodo (Costa, 1994).

Em função dos eventos que ocorrem ao longo do ciclo da cultura, é possível estabelecer estádios de desenvolvimento caracterizados por alterações morfológicas provocadas principalmente pelo ambiente (Nussio, 1991).

Hanway (1963) descreve os diferentes estádios de crescimento da cultura do milho, mostrando através de ilustrações todo o seu ciclo em uma escala decimal, desde a emergência até o ponto de maturidade fisiológica do grão, sendo que o ciclo de um híbrido varia em função das condições climáticas. Os intervalos entre os estádios fenológicos da cultura devem ser ajustados para cada região e época de semeadura (Gomes & Karazawa, 1982).

O ciclo da cultura de milho começa entre a semeadura e o momento da emergência. A temperatura e condições hídricas satisfatórias são os elementos do ambiente exigidos para a adequada germinação da semente (Mundstock, 1970; Warrington & Kanemasu, 1983 e Berlato et al., 1984).

Após a emergência, a cultura inicia sua fase vegetativa. Dependendo da época de semeadura e do genótipo utilizado, esse período pode variar em número de dias para atingir o florescimento (Endres & Mundstock, 1989; Souza, 1989 e Lima, 1995).

A fase reprodutiva é um processo de enchimento de grãos até o ponto de maturidade fisiológica. Nessa fase a planta de milho passa por um processo contínuo de perda de água, intensificado pelo sol e ventos, com ligeira queda do seu peso (Oliveira, 1990).

Lopes & Maestri (1973), em experimento realizado em Viçosa, utilizando milho híbrido, no ano agrícola 71/72, verificaram que, em três densidades de semeadura (40, 60 e 80 mil plantas por hectare), a altura máxima de plantas foi atingida aos 84 dias após emergência, atingindo alturas de 3,63m, 3,61m e 3,41m, em ordem crescente de população e o número máximo de folhas, assim como o Índice de Área Foliar, foi atingido aos 70 dias após emergência, para as três densidades.

Souza (1989), em experimentos realizados em Sete Lagoas, MG, observou menor rendimento e menor crescimento das plantas de milho com o atraso da semeadura, e sugere que a indicação do parâmetro número de graus-dia pode ser utilizado para prever o florescimento de híbridos de milho no Estado de Minas Gerais.

O crescimento do cultivar de milho BR201 foi avaliado por Leal (1993) em Sete Lagoas, MG, utilizando técnicas de análise de crescimento, com base em dados de altura

de planta, massa de matéria seca, índice de área foliar, taxa de crescimento relativo, índice de área foliar, taxa de crescimento da cultura e taxa de assimilação líquida. Os resultados mostraram que a cultura atingiu o ponto de maturidade fisiológica aos 129 dias após emergência na parcela com população de 4 plantas.m⁻², 134 dias após emergência na parcela com população de 6 plantas.m⁻² e na parcela de população de 8 plantas.m⁻², a maturidade atingida foi aos 141 dias após emergência. As exigências quanto ao número de graus-dia para completar o ciclo, variou de 1.745°C.dia na parcela com 4 plantas.m⁻², 1.809°C.dia na parcela de 6 plantas.m⁻² e 1.895°C.dia na parcela com 8 plantas.m⁻².

2.3 Área foliar da cultura do milho

A área foliar de uma planta depende do número e do tamanho das folhas e conseqüentemente, do seu estágio de desenvolvimento. Segundo Pereira & Machado (1987), o IAF representa a capacidade que a comunidade tem para explorar o espaço disponível. O acompanhamento do crescimento da comunidade vegetal se faz através de amostras coletadas durante o crescimento da cultura, de modo que, após a obtenção dos dados desejados, como: diâmetro do colmo, altura de planta e número de folhas, as plantas coletadas são separadas em seus diversos órgãos e a massa da matéria fresca medida imediatamente. A massa da matéria seca total é função, principalmente, da área foliar, da taxa assimilatória líquida e da radiação solar incidente e geralmente, pode ser explicada para definir a produção (Lopes & Maestri, 1981).

Endres & Mundstock (1989), em Guaíba, RS, acompanharam a curva de duração da área foliar nos períodos vegetativo (emergência ao espigamento) e reprodutivo (espigamento ao ponto de maturidade fisiológica) de três híbridos em duas épocas de semeadura (8 de outubro de 1984 e 11 de janeiro de 1985). Os autores demonstram que na primeira época ocorreu uma senescência foliar lenta e contínua, que se tornou drástica por ocasião da maturidade fisiológica, enquanto que na segunda época observaram uma estabilização da área foliar até próximo da maturidade fisiológica, não ocorrendo senescência acelerada. Nesse mesmo experimento, verificaram uma diminuição de ciclo

no período vegetativo de 17 dias da primeira para segunda época de semeadura e uma redução de 3 dias, no período reprodutivo, entre elas.

A área foliar, segundo Endres & Mundstock (1989), é uma representação do número de folhas por planta e da dimensão das folhas. A área foliar do milho atinge seu máximo desenvolvimento no estágio de florescimento (Lopes, 1977), e a partir daí diminui gradativamente pelo processo de senescência (Thimann, 1983).

2.4 Época de semeadura e rendimento da cultura do milho

As melhores épocas para a semeadura de híbridos de ciclo precoce, superprecoce e normal, para atender as potencialidades de produção de uma região, são as que apresentam características de maior probabilidade no atendimento da demanda hídrica através da precipitação, nas fases fenológicas críticas, em termos de agricultura de sequeiro (Alfonsi, 1996).

Lima & Fancelli (1994), trabalhando com duas épocas de semeadura (15 de outubro de 1993 e 15 de janeiro de 1994) em solo de textura argilosa na região de Piracicaba e três híbridos de exigências calóricas baixa, média e alta, observaram melhores rendimentos para híbridos de soma calórica baixa na primeira época e pior desempenho na segunda época, na qual se destacou o híbrido de soma calórica média.

Oliveira (1990) e Oliveira et al. (1991), com o objetivo de verificar o ciclo mais adequado de três híbridos de milho (Cargill 606 - superprecoce, Hatã 1000 - precoce e Agrocere 106 - normal), para duas localidades no Estado do Mato Grosso do Sul, semeados em diversas épocas (outubro à janeiro), verificaram decréscimo acentuado no rendimento do número de espigas, prolificidade e rendimento de grãos para todos os híbridos, a medida em que as épocas de semeaduras se tornavam tardias, obtendo melhor desempenho quando mais cedo da realização da semeadura (outubro).

Noldin & Mundstock (1988), em Guaíba, RS, analisaram duas épocas de semeadura da cultura de milho e verificaram que o rendimento médio de grãos ($t.ha^{-1}$), de três cultivares na primeira época (8/10) foi superior em 9% em relação a segunda época (11/01/85), sendo a massa de grãos o principal componente desse rendimento.

Lima et al. (1980), em quatro ensaios para avaliar a melhor época de semeadura de milho no Estado do Acre, constatou que os maiores rendimentos corresponderam às primeiras épocas de semeadura (setembro e outubro), efetuadas em períodos de menor precipitação pluviométrica. À medida que avança-se o período da semeadura e com o estabelecimento da precipitação (novembro, dezembro e janeiro), o rendimento decresceu gradativamente entre as épocas de semeadura estudadas.

Em Dourados, MS, Pacheco (1982) observou, ao nível de lavoura, os melhores rendimentos quando o estabelecimento da cultura de milho aconteceu no período de 20 de setembro a 10 de outubro, período que oferece menor probabilidade de estiagem e, conseqüentemente, menores perdas. O mesmo autor também observou que os cultivares de milho de ciclo precoce, semeados na época indicada, têm as maiores chances de completar o seu ciclo sem sofrer os efeitos do veranico.

Teixeira (1996), trabalhando com três híbridos de milho BR recomendados para a semeadura no Estado do Mato Grosso do Sul utilizados em diferentes épocas (outubro, novembro, dezembro, janeiro e fevereiro) e com 6 populações (30, 40, 50, 60, 70 e 80 mil plantas/hectare) para cada época, verificou efeito significativo de rendimento de grãos em todas as épocas, a medida que aumentava a população de plantas.

Durães (1993), estudando rendimento de grãos e densidade de semeadura no período de fevereiro a julho de 1992 em Piracicaba, SP, observou rendimentos superiores nas maiores densidades para os cultivares avaliados e maior índice de área foliar (IAF) nos cultivares que apresentaram maiores rendimentos de grãos.

Endres & Mundstock (1989), em estudos realizados na cultura de milho no Estado do Rio Grande do Sul, observaram que os híbridos de ciclo precoce apresentavam plantas com menor número de folhas em relação aos híbridos normais numa mesma época de semeadura. A temperatura influencia a formação do número de folhas na cultura do milho (Chase & Nanda, 1967 e Warrington & Kanemasu, 1983).

Herrera (1991), em trabalhos realizados no México e fazendo uso de modelos agroclimáticos, estimou adequadamente o rendimento de milho. Outros modelos como o CERES-Maize permitem a simulação dos principais processos fisiológicos da cultura,

como: fotossíntese, respiração, acúmulo e partição de fitomasssa, fenologia, crescimento da planta, extração de água do solo e evapotranspiração, requerendo dados meteorológicos, principalmente temperatura, dados referentes ao solo, índices genéticos e práticas de manejo (Jones & Kiniri, 1986).

2.5 Temperatura na cultura do milho

No desenvolvimento do milho, a duração do ciclo em dias tem demonstrado inconsistência. Isso se deve ao fato de que a duração de subperíodos e ciclos da planta estão associados às variações das condições ambientais e não ao número de dias dos meses. De forma generalizada, a temperatura tem apresentado o elemento climático mais importante para predizer os eventos fenológicos da cultura.

A temperatura mostra, em valores numéricos, o nível de energia interna em função da temperatura do ar naquele momento, possibilitando trocas com o sistema (plantas, animais) e o meio (ar), provocando estímulos, ativando ou desativando funções vitais (Ometto, 1989).

Cada espécie vegetal tem uma área de localização geográfica onde suas exigências climáticas são atendidas. Os parâmetros climáticos para o crescimento e desenvolvimento vegetal da cultura do milho mais limitantes são a temperatura do ar e a precipitação (Brunini, 1995).

Mundstock (1970), estudando a cultura do milho no Estado do Rio Grande do Sul em várias épocas de semeadura, observou diminuição da fase vegetativa com o aumento da temperatura em materiais híbridos.

Berlato et al. (1984), em trabalho realizado na cultura de milho em Taquai, RS, mostraram que a temperatura apresenta resultados consistentes para a estimativa das fases fenológicas da cultura. A temperatura base da planta, é definida como sendo a temperatura abaixo da qual o crescimento vegetal cessa. Essa temperatura base, ou zero de vegetação pode variar de cultivar para cultivar, ou mesmo dentro de um cultivar em função do subperíodo considerado. Sendo assim, tem sido utilizado o valor de 10°C de temperatura base para a estimativa de soma calórica.(Leal, 1993 e Lima, 1995).

Para o estabelecimento da cultura, em condições de sequeiro, dois fatores devem ser considerados para fixar a época de semeadura: a umidade do solo e a temperatura (Pacheco, 1982).

Garcia (1993), usando a definição de número de graus-dia, estimou a época do florescimento do cultivar de milho AG 103 utilizando a temperatura base de 10° C, concluindo que obteve precisão satisfatória.

Comparando três métodos para cálculo do número de graus-dia do milho na predição das fases fenológicas, nas condições de clima do Rio Grande do Sul, utilizando temperatura, Berlato et al. (1984) concluíram que o método das temperaturas máximas e mínimas corrigidas, apresentou a menor variabilidade para determinação das fases fenológicas (temperaturas compreendidas entre 10° e 30°C).

2.6 Graus-dia na cultura do milho

O ciclo de um cultivar de milho pode ser caracterizado em função do número de dias desde a semeadura (ou emergência) até o ponto de maturidade fisiológica ou a colheita. Porém, o método mais satisfatório para determinar as etapas de desenvolvimento da cultura leva em consideração as exigências calóricas ou térmicas, denominadas unidades calóricas (°C.dia), unidades térmicas de desenvolvimento (U.T.D., °C.dia) ou graus-dia (GD, °C.dia) (Fancelli & Dourado Neto, 1997).

Número de graus-dia é a soma das unidades diárias de calor, a partir da emergência para o cultivar atingir o florescimento, sendo calculado pela diferença entre a temperatura média diária e a temperatura mínima ou temperatura base exigida pela espécie vegetal (Villa Nova et al., 1972).

O método dos graus-dia se baseia na premissa de que uma planta necessita de uma certa quantidade de energia, representada pela soma de graus térmicos acima de uma temperatura base, para completar determinada fase fenológica ou mesmo o seu ciclo total. Admite-se, além disso, uma relação linear entre acréscimo de temperatura e desenvolvimento vegetal. Cada espécie vegetal ou variedade possui uma temperatura base, a qual pode variar em função da idade ou da fase fenológica da planta. É comum

adotar uma única temperatura base para todo o ciclo da planta por ser mais fácil a sua aplicação (Camargo et. al, 1987 e Pretti, 1992).

A cultura de milho apresenta as seguintes exigências térmicas (GD), expressas em °C.dia, para o florescimento: (i) híbridos tardios: GD superior a 890°C.dia; (ii) híbridos precoces: superior a 831°C.dia e inferior 890°C.dia, e (iii) híbridos superprecoces: inferior a 830°C.dia (Fancelli & Dourado-Neto, 1997).

Berlato & Sutili (1978), trabalhando com temperaturas bases pré-estabelecidas, constataram que para o subperíodo da emergência ao pendoamento, os cultivares precoces apresentaram uma temperatura base de 4°C, enquanto que cultivares de ciclo médio e longo tiveram temperaturas basais inferior de 6°C e 8°C, respectivamente.

Cardoso & Mundstock (1979), estudando treze métodos de cálculo de unidades térmicas na cultura do milho semeados em quatro épocas e comparando com o calendário diário nos períodos: semeadura ao pendoamento, semeadura ao espigamento e semeadura à maturidade fisiológica, concluíram que (i) o número de dias diminui com o atraso da época de semeadura; (ii) o uso de fórmulas para o cálculo das Unidades Térmicas foi mais preciso do que o calendário diário; (iii) as melhores previsões para o florescimento do milho foram obtidos com os métodos que utilizam temperatura média baseadas na máxima e mínima diária e que adotam limite inferior e superior de temperatura; e (iv) a temperatura base que se mostrou mais apropriado para os híbridos estudados foi de 10°C.

Nunez (1986), utilizando quatro métodos de cálculo de graus-dia (métodos: 1. Residual, 2. Villa Nova, 3. Villa Nova Modificado e 4. Brown) para estimativa dos estádios de desenvolvimento de três cultivares de milho, em comparação com os dias do calendário, mostrou que o número de graus-dia é o melhor estimador dos estádios fenológicos.

Cardoso et al. (1996) utilizaram o método de cálculo de graus-dia para determinação do ciclo de 25 cultivares de milho no Estado do Piauí. Considerou para o cálculo o período da semeadura até 50% do florescimento masculino que é o padrão adotado pelas firmas produtoras de sementes.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local de realização do experimento

O experimento foi conduzido na área experimental da Fazenda Piloto do Departamento de Ciências Agrárias, Universidade de Taubaté (UNITAU), ano agrícola 97/98, no Município de Taubaté, Estado de São Paulo. O local apresenta as coordenadas geográficas 23°02'34" de latitude, 45°31'02" de longitude e 577 metros de altitude. O solo é do tipo Gley Pouco Húmico e suas características químicas e físicas são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Características químicas (0 a 20 cm) e físicas do solo (Gley Pouco Húmico) da área experimental. Fazenda Piloto do Departamento de Ciências Agrárias, Universidade de Taubaté.

Análise química								
pH	M.O.	P-resina	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	H+Al ³⁺	Cu ²⁺	Zn ²⁺
CaCl ₂	g.dm ⁻³	ppm	mmol _c .dm ⁻³			ppm		
4,4	18	6	2,9	18	9	49	2,5	1,9
Granulometria								
Areia total (%)		Silte (%)		Argila (%)		Classe textural		
20		41		39		Franco-argiloso		

Análise química de solo e granulometria de acordo com van Raij & Quaggio (1983) e Kiehl (1979), respectivamente. O clima do local, de acordo com a classificação de Köppen (1948) é do tipo Cwa, com uma precipitação média anual de 1298,93 mm.

3.2 Preparo do solo

Antes da implantação do experimento foi realizado o preparo convencional do solo [uma aração e duas gradagens, com aplicação de $2,5 \text{ t.ha}^{-1}$ de calcário dolomítico com as seguintes características: (i) CaO: 23%; (ii) MgO: 15%; e (iii) PRNT (poder relativo de neutralização total): 70%].

Foi aplicada metade da dose de calcário antes da primeira gradagem destorreadora e metade antes da segunda gradagem niveladora, as quais foram realizadas em 18 de agosto de 1997.

Antes de cada semeadura (nas três épocas), foi realizado nova amostragem (0 a 20 cm, Tabela 2) para análise de solo e nova gradagem niveladora.

Tabela 2. Análise do solo nas três épocas de semeadura.

Época 1						
pH	M.O.	P-resina	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	H+Al ³⁺
CaCl ₂	g.dm ⁻³	ppm	mmol _c .dm ⁻³			
4,6	18	12	2,5	25	12	50
Época 2						
pH	M.O.	P-resina	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	H+Al ³⁺
CaCl ₂	g.dm ⁻³	ppm	mmol _c .dm ⁻³			
4,6	18	11	3,7	25	12	48
Época 3						
pH	M.O.	P-resina	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	H+Al ³⁺
CaCl ₂	g.dm ⁻³	ppm	mmol _c .dm ⁻³			
4,6	19	10	3,5	23	13	49

3.3 Análise estatística

Para a análise estatística dos resultados, foi instalado um experimento em parcelas subdivididas no tempo com as parcelas dispostas no delineamento inteiramente casualizado. Para a análise da variância individual foi adotado o seguinte modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + t_i + e_{ij} + a_k + (ta)_{ik} + e_{ijk} \quad (1)$$

em que o índice i se refere ao número de ordem dos tratamentos ($i=1$ a 3), j ao número de ordem das repetições ($j=1$ a 4), k ao número de ordem das épocas das avaliações (1 a 3), Y_{ijk} à observação da variável de interesse referente à j -ésima repetição do i -ésimo tratamento na k -ésima época 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 época de avaliação; $(ta)_{ik}$ ao efeito da interação do i -ésimo tratamento com a k -ésima época de avaliação; e e_{ijk} ao erro devido às subparcelas.

O esquema da análise da variância para esse modelo está descrito na **Erro! A origem da referência não foi encontrada.**

Tabela 3. Descrição dos tratamentos.

Tratamento	Descrição
1	Híbrido I na época 1
2	Híbrido I na época 2
3	Híbrido I na época 3
4	Híbrido II na época 1
5	Híbrido II na época 2
6	Híbrido II na época 3
7	Híbrido III na época 1
8	Híbrido III na época 2
9	Híbrido III na época 3

Tabela 4. Esquema da análise da variância.

Causa da variação	Graus de Liberdade*	Quadrado Médio	F
Tratamentos (T)	$i-1 = 9-1 = 8$	V_1	V_1/V_2
Resíduo (a)	$i(j-1) = 9(3-1) = 18$	V_2	
(Parcelas)	$(ij-1) = (9.3-1) = 26$		
Épocas (E)	$k-1 = 7^1-1 = 6$	V_3	V_3/V_5
T x E	$(i-1)(k-1) = (9-1).(7-1) = 48$	V_4	V_4/V_5
Resíduo (b)	$i(j-1)(k-1) = 9(3-1)(7-1) = 108$	V_5	
Total	$ijk-1 = 9.3.7 - 1 = 188$		

* As letras i , j , e k representam o número máximo de ordem para cada caso.

¹ $k=7$ (folha, índice de área foliar e altura de planta), $k=6$ (massa de matéria seca do colmo e diâmetro do colmo), $k=4$ (massa de matéria seca do pendão e da espiga)

3.4 Área experimental

A Figura 1 ilustra esquematicamente a área experimental discriminando as diferentes épocas de semeadura.

Figura 1. Representação esquemática referente à área experimental nas diferentes épocas de semeadura.

3.5 Manejo agrônômico da cultura

A semeadura e aplicação do adubo foram feitas mecanicamente com espaçamento de 0,80m entre linhas de 90m de comprimento para os três híbridos, nas três épocas.

Foram utilizados três híbridos de milho da Cargill¹ (i) híbrido I: C901 - superprecoce (790 UC), (ii) híbrido II: C333B - normal (970 UC), e (iii) híbrido III: C806 - superprecoce (810 UC); e semeados em três diferentes épocas (i) época 1: 18 de setembro de 1997; (ii) época 2: 20 de outubro de 1997 e (iii) época 3: 9 de dezembro de 1997. O intervalo entre as diferentes épocas foram de 32 e 49 dias respectivamente. A população final de plantas.ha⁻¹ foi de 60 mil para o híbrido C901 e de 50 mil para os híbridos C333B e C806 (Fundação Cargill, 1997).

A adubação de plantio foi de 600 kg.ha⁻¹ de 04-14-08 misturado com 30kg de nitrocálcio, totalizando 30kg de N, 90kg de P₂O₅ e 50kg de K₂O por hectare, conforme às recomendações técnicas do Boletim 100 do Instituto Agrônômico, IAC (Raij et al., 1996).

Segundo Fancelli & Dourado Neto (1997), recomenda-se o emprego de N no período compreendido entre a 6^a. e 8^a folha. Sendo assim, a adubação de cobertura na época 1 foi realizada quando a cultura apresentou 7 folhas, que correspondeu a 33 DAE para todos os híbridos. Na época 2, aplicação de cobertura foi feita quando a cultura apresentou 8 folhas nos híbridos I e III e 9 folhas para o híbrido II, correspondendo a 29 DAE. Na época 3, a adubação de cobertura foi realizada quando a cultura apresentou 8 folhas nos híbridos I e III e 9 folhas no híbrido II, correspondendo a 27 DAE. A adubação de cobertura foi de 80 kg.ha⁻¹ de N na forma de uréia visando maximizar o rendimento, totalizando 110 kg.ha⁻¹ de N aplicado de acordo com a fenologia da cultura.

Efetuuou-se o controle da lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*) mediante pulverizações com inseticida nas três épocas de semeadura e realizou-se capinas manuais aos 40, 33 e 30 DAS para as épocas 1, 2 e 3, respectivamente.

¹ Características obtidas da Divisão de Sementes Híbridas da Cargill Brasil.

Figura 2. Aspecto geral da área experimental. (A) Preparo do solo e aplicação de calcário; (B) solo após a semeadura (época 1); (C) semeadura (época 2); (D) híbridos na época 1 e semeadura na época 2; (E) híbridos nas épocas 1 e 2; (F) híbridos na época 1 (florescimento –superprecoces I e III) e na época 2; (G) híbridos nas épocas 1 e 2, e semeadura na época 3; (H) híbridos na época 1, época 2 (florescimento –superprecoces I e III), e emergência na época 3; (I) híbridos nas três épocas; (J) híbridos nas três épocas (florescimento na época 3); (K) híbridos nas três épocas (após a colheita da época 1 e ao ponto de maturidade fisiológica da época 2); (L) híbridos na época 3.

3.6 Critérios usados para caracterizar a cultura

Utilizaram-se 4 linhas de semeadura para cada híbrido, totalizando uma área de

864 m² em cada época e 2.592 m² nas três épocas. Considerou-se as 2 linhas centrais para a coleta de dados (método destrutivo) e as 2 laterais como bordadura.

Após a semeadura, anotou-se o momento da emergência (fase plântula – 50% emergência) e fez-se a contagem do número de folhas até a abertura de todas (fase vegetativa – 50% de folhas totalmente expandidas). Selecionou-se, durante a fase de crescimento da cultura, 3 grupos de 5 plantas para cada híbrido, objetivando determinar os estádios fenológicos, conforme metodologia utilizada por Fancelli (1986), em observações visuais dos estádios numa escala de 0 a 10. Para não perder o número de folhas, foram marcadas com barbante plástico em virtude da senescência. Determinou-se o teor de água da espiga a partir do início da fase reprodutiva até a colheita.

A altura e o diâmetro dos colmos foram determinados em campo utilizando trena e paquímetro. A altura de planta foi considerada até o final do pendão e o valor do diâmetro do colmo foi medido no primeiro colmo da base da planta.

Foram determinados os momentos de florescimento e polinização. A formação de espigas (fase reprodutiva) foi determinada a partir do desenvolvimento dos grãos leitosos até o ponto da maturidade fisiológica do grão. A coleta de dados foi realizada a cada 3 ou 4 dias em número de uma espigas por repetição para cada híbrido.. Após debulha das espigas, amostras do grão foram colocadas em estufa a 105°C por 24 horas para determinação do teor de água.

Em cada época de amostragem foram coletadas 5 plantas por repetição de cada híbrido para determinação das variáveis de interesse (massa da matéria seca das partes, índice de área foliar (IAF), altura de planta e diâmetro do colmo). As coletas foram realizadas a cada 15 dias, a partir da emergência. A massa de matéria seca foi determinada em estufa a 70°C por 72 horas. O IAF foi estimado a partir da determinação da área foliar de cada folha individual coletada no mesmo dia, medindo-se o comprimento (C, cm) e a largura (L, cm). A área de uma folha isolada (Af, cm²) foi calculada conforme a proposta de Francis et al.(1969) utilizando a seguinte expressão:

$$Af = 0,7.C.L \quad (2)$$

Essas determinações foram realizadas para todos os híbridos e nas três épocas até

ao ponto de maturidade fisiológica de cada híbrido.

No mesmo dia da coleta das plantas de milho, a partir da segunda época, foram coletadas amostras de solo em duas profundidades (0 – 20cm e 20 – 40 cm) para determinação do conteúdo de água pelo método gravimétrico. As amostras do solo foram pesadas e secadas em estufa a 105°C, até peso constante. Paralelamente, foram feitos oito poços ao longo da área experimental, separados de 10m em 10m para o acompanhamento da variação temporal do nível do lençol freático.

3.7 Massa de 100 sementes

Foram coletadas, de forma aleatória, no dia estabelecido para a colheita, 15 espigas de cada híbrido, nas três épocas. Após debulha manual, foram secadas até atingir 13% de umidade. Separou-se em torno de 1 kg de sementes e destas foram contadas 8 vezes grupos de 100 sementes viáveis (uma a uma), determinou-se o peso de cada grupo e estimou-se o desvio padrão e o coeficiente de variação, conforme preconizado no manual de sementes (Brasil, 1992).

3.8 Uniformidade dos grãos

Para se fazer o teste de uniformidade (classificação por peneira), foram coletadas 10 espigas de cada híbrido nas 3 épocas. Cada espiga foi dividida em 3 partes iguais chamadas de terço inferior (base), terço médio (meio) e terço superior (ponta da espiga). Cada terço foi debulhado manualmente, secado a aproximadamente 13% de umidade e pesados 100 gramas de cada terço (três repetições). Logo, foram passadas em peneiras manuais de crivos circulares da maior para a menor (número 26 até número 19) com agitação manual por um minuto. Após agitação, foi feita a pesagem e determinada a porcentagem de grãos retidos nas peneiras. O mesmo procedimento foi feito com o lote de sementes utilizadas na semeadura.

3.9 Estimativa do rendimento de grãos

O rendimento de grãos foi estimado levando-se em consideração a população, a prolificidade, o número médio de fileiras de cada espiga, o número médio de grãos de

cada fileira e a massa média de um grão (massa média 100 grãos dividido por 100).

Para a estimativa do rendimento (R , $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) para a cultura do milho, utilizou-se a seguinte equação:

$$R = \frac{P \cdot Pr \cdot Fe \cdot G \cdot M}{1000} \quad (3)$$

em que P refere-se à população na colheita ($\text{plantas} \cdot \text{ha}^{-1}$); Pr à prolificidade ($\text{espigas} \cdot \text{pl}^{-1}$); Fe ao número médio de fileiras de grãos por espiga; G ao número médio de grãos por fileira; e M à massa média por unidade de grão ($\text{g} \cdot \text{grão}^{-1}$).

Tabela 5. Número de espigas utilizado nos diferentes híbridos e épocas de semeadura para a determinação do número médio de fileiras de cada espiga, e do número médio de grãos de cada fileira.

Época	Híbrido		
	I	II	III
1	33	30	30
2	33	27	30
3	33	33	27

A partir do ponto de maturidade fisiológica foram utilizadas espigas, de cada híbrido, até a colheita. Em cada espiga determinou-se o número total de grãos (fileira x número de grãos por fileira). A contagem do número médio de grãos por fileira foi feita tomando-se 3 fileiras aleatórias de cada espiga (Tabela 5) da base para a ponta, sendo a média das 3 fileiras.

3.10 Dados meteorológicos e estimativa dos graus-dia

Os dados meteorológicos foram obtidos na Estação Meteorológica do Departamento de Ciências Agrárias da UNITAU, distante cerca de 800 metros da área experimental. A precipitação no período que foi realizado o experimento é resumido na Tabela 6.

Tabela 6. Precipitação (mm) durante os ciclos compreendidos entre a semeadura à

colheita dos híbridos utilizados nas diferentes épocas de semeadura.

Época	Híbrido		
	I	II	III
1	658,3	741,3	658,3
2	812,0	825,9	824,4
3	661,6	669,8	662,6

O número de graus-dia para o florescimento (GD_f , Graus-dia) e ponto de maturidade fisiológica (GD_{pmf} , Graus-dia), foram calculados a partir da emergência das plantas usando as seguintes equações:

$$GD_f = \sum_{i=1}^{N_f} \left[\frac{(T_{\max_i} + T_{\min_i})}{2} - Tb \right] \text{ (se } T_m \geq T_{\max_i} \text{ e } T_{\min_i} \geq Tb) \quad (4)$$

$$GD_f = \sum_{i=1}^{N_f} \left[\frac{(T_m + T_{\min_i})}{2} - Tb \right] \text{ (se } T_{\max_i} \geq T_m \text{ e } T_{\min_i} \geq Tb) \quad (5)$$

$$GD_{pmf} = \sum_{i=1}^{N_{pmf}} \left[\frac{(T_{\max_i} + Tb)}{2} - Tm \right] \text{ (se } T_m \geq T_{\max_i} \text{ e } Tb \geq T_{\min_i}) \quad (6)$$

$$GD_{pmf} = \sum_{i=1}^{N_{pmf}} \left[\frac{(T_m + Tb)}{2} - Tm \right] \text{ (se } T_{\max_i} \geq T_m \text{ e } Tb \geq T_{\min_i}) \quad (7)$$

em que $T_{\max_i}$ e $T_{\min_i}$ se referem, respectivamente, às temperaturas ($^{\circ}\text{C}$) máxima e mínima diária do ar, e Tb e Tm às temperaturas basais inferior (10°C) e superior (30°C) da cultura, respectivamente.

Os graus-dia relativos (GDr) que foram associados a uma escala relativa de estádios fenológicos (índice fenológico, Fr) de 0 a 1 (0 = Emergência; 1 = ponto de maturidade fisiológica) foram estimados conforme a equação 7:

$$GDr = \frac{GD_i}{GD_{pmf}} \quad (8)$$

em que GDi refere-se ao número de graus-dia do i-ésimo dia após a emergência.

3.11 Os modelos utilizados

Foram utilizados modelos estatísticos² para estimativa da massa de matéria seca relativa do colmo (MMSCr), da folha (MMSFr), do pendão (MMSPr), da espiga (MMSEr), do índice relativo de área foliar (IAFr), do diâmetro do colmo relativo (Dr) e altura relativa (Hr) da planta.

As variáveis adimensionais MMSCr, MMSFr, MMSPr, MMSEr, IAFr, Dr e Hr foram concebidos no intuito de extrapolar os resultados para a cultura de milho.

3.11.1 Matéria seca relativa do colmo

$$MMSCr = \frac{a \cdot \left\{ 1 + e^{\frac{[GDr + d \cdot \ln(d) - b]}{c}} \right\}^{\frac{-(d+1)}{d}} \cdot e^{\frac{[GDr + d \cdot \ln(d) - b]}{c}} \cdot (d+1)^{\frac{d+1}{d}}}{d} \quad (9)$$

em que $\underline{a}$, $\underline{b}$, $\underline{c}$ e $\underline{d}$ referem-se aos parâmetros empíricos do modelo determinados através de análise de regressão e $\underline{e}$ ao número de Neper.

A massa de matéria seca relativa do colmo (MMSCr) é calculada através da seguinte expressão:

$$MMSCr = \frac{MMSC}{MMSC_{MAX}} \quad (10)$$

em que MMSC se refere à massa de matéria seca (kg.ha⁻¹) do colmo medida periodicamente (intervalo quinzenal) para cada um dos três híbrido e para cada uma das três épocas, e MMSC_{MAX} à massa de matéria seca (kg.ha⁻¹) do colmo máxima observada em um dos períodos de mensuração.

² TableCurve 2D software. Jandel Scientific. 1994.

3.11.2 Matéria seca relativa da folha

$$MMSFr = a + b.e^{-0,5.\left[\frac{\ln\left(\frac{GDr}{c}\right)}{d}\right]^2} \quad (11)$$

em que $\underline{a}$, $\underline{b}$, $\underline{c}$ e $\underline{d}$ referem-se aos parâmetros empíricos do modelo determinados através de análise de regressão e $\underline{e}$ ao número de Neper.

A massa de matéria seca relativa da folha (MMSFr) é calculada através da seguinte expressão:

$$MMSFr = \frac{MMSF}{MMSF_{MAX}} \quad (12)$$

em que MMSF se refere à massa de matéria seca (kg.ha^{-1}) da folha medida periodicamente (intervalo quinzenal) para cada um dos três híbrido e para cada uma das três épocas, e $MMSF_{MAX}$ à massa de matéria seca (kg.ha^{-1}) da folha máxima observada em um dos períodos de mensuração.

3.11.3 Matéria seca relativa do pendão

$$MMSPr = a.e^{\frac{-(GDr-b)}{c}} \left[\frac{\frac{GDr-b}{c} + d - 1}{d - 1} \right]^{d-1} \quad (13)$$

em que $\underline{a}$, $\underline{b}$, $\underline{c}$ e $\underline{d}$ referem-se aos parâmetros empíricos do modelo determinados através de análise de regressão e $\underline{e}$ ao número de Neper.

A massa de matéria seca relativa do pendão (MMSPr) é calculada através da seguinte expressão:

$$MMSPr = \frac{MMSP}{MMSP_{MAX}} \quad (14)$$

em que MMSP se refere à massa de matéria seca (kg.ha^{-1}) do pendão medida periodicamente (intervalo quinzenal) para cada um dos três híbrido e para cada uma das três épocas, e $MMSP_{MAX}$ à massa de matéria seca (kg.ha^{-1}) do pendão máxima observada em um dos períodos de mensuração.

3.11.4 Matéria seca relativa da espiga

$$MMSEr = a \left[1 - \left(1 + e^{\frac{GDr + c \cdot \ln\left(\frac{1}{2^d} - 1\right) - b}{c}} \right)^{-d} \right] \quad (15)$$

em que a, b, c e d referem-se aos parâmetros empíricos do modelo determinados através de análise de regressão e e ao número de Neper.

A massa de matéria seca relativa da espiga (**MMSEr**) é calculada através da seguinte expressão:

$$MMSEr = \frac{MMSE}{MMSE_{MAX}} \quad (16)$$

em que MMSE se refere à massa de matéria seca (kg.ha⁻¹) do colmo medida periodicamente (intervalo quinzenal) para cada um dos três híbrido e para cada uma das três épocas, e MMSE_{MAX} à massa de matéria seca (kg.ha⁻¹) do colmo máxima observada em um dos períodos de mensuração.

3.11.5 Índice relativo de área foliar

$$IAFr = a + b.GDr + c.GDr^3 + d.e^{GDr} + f.e^{-GDr} \quad (17)$$

em que a, b, c, d e f referem-se aos parâmetros empíricos do modelo determinados através de análise de regressão.

O índice de área foliar relativo (IAFr) é calculado através da seguinte expressão:

$$IAFr = \frac{IAF}{IAF_{MAX}} \quad (18)$$

em que IAF se refere ao índice de área foliar (m².m⁻²) medido periodicamente (intervalo quinzenal) para cada um dos três híbrido e para cada uma das três épocas, e IAF_{MAX} ao índice de área foliar (m².m⁻²) máximo observado em um dos períodos de mensuração.

3.11.6 Diâmetro relativo do colmo

$$Dr = \frac{a \cdot \left\{ 1 + e^{\frac{[GDr + d \cdot \ln(d) - b]}{c}} \right\}^{-\frac{(d+1)}{d}} \cdot e^{\frac{[GDr + d \cdot \ln(d) - b]}{c}} \cdot (d+1)^{\frac{d+1}{d}}}{d} \quad (19)$$

em que a, b, c e d correspondem aos parâmetros empíricos do modelo determinados através de análise de regressão e e ao número de Neper.

O diâmetro relativo (Dr) do colmo é calculado através da seguinte expressão:

$$Dr = \frac{D}{D_{MAX}} \quad (20)$$

em que D se refere ao diâmetro (cm) do colmo medido periodicamente (intervalo quinzenal) para cada um dos três híbrido e para cada uma das três épocas, e D_{MAX} ao diâmetro (cm) máximo do colmo observado em um dos períodos de mensuração.

3.11.7 Altura relativa da planta

$$Hr = a + \frac{b}{\left\{ 1 + \frac{e^{-[GDr - d \ln(2^{1/f} - 1) - c]}}{d} \right\}^f} \quad (21)$$

em que a, b, c, d e f referem-se aos parâmetros empíricos do modelo determinados através de análise de regressão e e ao número de Neper.

A altura relativa (Hr) da planta é calculado através da seguinte expressão:

$$Ar = \frac{A}{A_{MAX}} \quad (22)$$

em que H se refere à altura (cm) da planta medida periodicamente (intervalo quinzenal) para cada um dos três híbrido e para cada uma das três épocas, e A_{MAX} à altura (cm) máxima da planta observada em um dos períodos de mensuração.

3.12 Calibração do modelo

Para calibração do modelo, foram semeados três híbridos comerciais de milho. A fenologia foi observada diariamente, e a análise de crescimento foi realizada em

intervalos, aproximadamente, de quinze dias, tomando-se quinze plantas ao acaso.

Tabela 7. Variáveis utilizadas nos modelos.

Variável independente	Variável dependente
Número relativo de graus-dia	Diâmetro do colmo (mm)
Número relativo de graus-dia	Altura de planta (cm)
Número relativo de graus-dia	Índice de área foliar($m^2.m^{-2}$)
Número relativo de graus-dia	Massa de matéria seca de folha ($g.pl^{-1}$)
Número relativo de graus-dia	Massa de matéria seca de colmo ($g.pl^{-1}$)
Número relativo de graus-dia	Massa de matéria seca de espiga ($g.pl^{-1}$)
Número relativo de graus-dia	Massa de matéria seca de pendão ($g.pl^{-1}$)

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Fenologia

A Tabela 8, a Tabela 9 e a Tabela 10 resumem o acompanhamento do desenvolvimento dos três híbridos de milho nas três épocas de semeadura.

O período entre a semeadura e a emergência das plântulas nas épocas 1 e 3 foi igual em número de dias (8 DAS), enquanto que na época 2 a emergência se deu aos 6 dias após a semeadura (DAS). Pode-se observar nos Anexos 1 e 2 as condições climáticas presentes nesses períodos.

A umidade no solo, em função das chuvas ocorridas (Anexo 2), para o caso das épocas 1 e 3, além da temperatura para a época 1 (Anexo 1), foram os principais fatores que afetaram o momento da emergência.

O estágio 4, referente a emissão do pendão, aconteceu quando a planta apresentou em média, nas três épocas de semeadura, 16, 19 e 17 folhas para os híbridos I, II e III, respectivamente. De acordo com os resultados apresentados por Lima (1995), ocorreu o estágio 4 quando 50% das plantas amostradas atingiram 16 folhas. Porém, com base nos resultados obtidos no presente trabalho, observou-se que o número de folhas varia em função do material genético. Sendo assim, a sua generalização, para melhor caracterizar os estádios fenológicos da cultura de milho, deve levar em consideração esse fato.

O estágio 5, correspondente ao início da fase reprodutiva indo até o ponto de maturidade fisiológica (estádio 10), foi caracterizado quando ocorreu o florescimento em 50% das plantas amostradas, onde foi assumido que a amostragem foi representativa da cultura.

Tabela 8. Eventos e manejo agronômico caracterizados na época 1, nos três híbridos utilizados.

DAS	I	II	III	DAS	I	II	III	DAS	I	II	III
0 ¹ 8 ²	Nº. de folhas				Nº. de folhas				Nº. de folhas		
9	0	0	0	38 ⁴	7	7	7	67	16b	16	16
10	1	1	1	39	7	7	7	68 ⁹	17	17a	17b
11	1	1	1	40 ⁶	7	7	7	69	17	17	17
12	1	1	1	41 ⁷	7	7	7	70	18	18	18
13	2	2	2	42	8	8	8	71	18	19	18
14	2	2	2	43	8	8	8	72	19	20	19
15	2	2	2	44	8	8	8	73	19	20b	19
16	2	2	2	45	8	8	8	74	19	120	19
17	2	2	2	46	8	8	8	78	19	20	19
18	3	3	3	47	8	8	9	Grão			
19 ³	3	3	3	48	8	9	9	80	L80		
20	3	3	3	49	9	9	9	83 ¹⁰			L83
21	3	3	4	50	9	9	9	88	p60		
22	3	3	4	51	9	10	10	90		L83	
23 ⁴	4	4	4	52	10	10	10	94			p60
24	4	4	4	53 ⁸	10	10	10	97 ¹¹	f45		
25	4	4	4	54	11	10	11	101		P54	
26	4	4	5	55	11	11	11	103			f45,5
27	4	4	5	56	12	11	12	109	d35	f44,5	
28	5	5	5	57	12	12	12	112 ¹²			
29	5	5	5	58	13	12	13	113			d37
30	5	5	5	59	13	12	13	118	mf31,7		
31	5	5	5	60	14	13	13	119		D39	
32	5	5	6	61	14	13	14	124			mf30,5
33	6	6	6	62	15a	14	14	127 ¹³			
34	6	6	6	63	15	14	15	131	c23		
35	6	6	6	64	15	15	15a	133			c22,2
36	6	6	6	65	16	15	16	134		mf28,6	
37	6	6	7	66	16	16	16	142 ¹⁴			
								145		c24,4	

1 Semeadura; 2 Emergência; 3 Desbaste; 4 Primeira coleta; 5 Segunda coleta; 6 Capina; 7 Adubação de cobertura; 8 Terceira coleta; 9 Quarta coleta; 10 Quinta coleta; 11 Sexta coleta; 12 Sétima coleta; 13 Oitava coleta; 14 Nona coleta; a Emissão do pendão; b florescimento; em conteúdo de água (%); L grão leitoso; p grão pastoso; f grão farináceo; d grão farináceo-duro; mf ponto de maturidade fisiológica; c colheita.

Tabela 9. Eventos e manejo agrônomo caracterizados na época 2, nos três híbridos utilizados.

DAS	I	II	III	DAS	I	II	III	DAS	I	II	III
0 ¹	Nº de folhas				Nº de folhas				Nº de folhas		
6 ²											
7	0	0	0	36 ⁶	8	9	9	65	20	20 ^a	22
8	1	1	1	37	8	10	9	66	20	21	22
9	1	1	1	38	8	10	9	67 ⁸	20	21	22
10	2	2	2	39	9	10	9	68	20	22	22
11	2	2	2	40	9	10	9	69	20	23	22
12	2	2	2	41	10	11	10	70	20	24	22
13	2	3	3	42	10	11	10	71		24b	
14	3	3	3	43	10	11	10	Grãos			
15	3	3	3	44	11	11	10	75	L80		L80
16	3	3	4	45	11	12	11	78	20	24	22
17	3	4	4	46	12	12	11	82 ⁹			
18	4	4	4	47	12	13	12	83		L80	
19	4	4	5	48	12	13	12	85	p57		
20	4	5	5	49	13	13	13	87			p56
21 ³	4	5	5	50	13	14	13	93		p56	
22	5	5	5	51 ⁷	14	14	14	95	f45		
23	5	5	5	52	14	14	14	97			f44
24	5	5	6	53	15	15	15	98 ¹⁰			
25	5	6	6	54	15	15	15	104		f45	
26	5	6	6	55	15	15	16	106	d35		
27	6	6	6	56	16a	16	17	109			d35
28	6	7	7	57	17	16	17a	113 ¹¹	mf33		
29	6	7	7	58	17	17	18	116		d37,5	
30	7	8	7	59	18	17	19	119			mf30,5
31	7	8	7	60	18	18	20	128 ¹²			
32	7	8	8	61	19b	18	20	130		mf29	
33 ⁴	7	8	8	62	20	18	21b	133	c22,5		
34	7	9	8	63	20	19	21	134			c22
35 ⁵	8	9	8	64	20	20	21	142		c19,8	

1 Semeadura, 2 Emergência, 3 Primeira coleta; 4 Capina e desbaste; 5 Adubação de cobertura; 6 Segunda coleta; 7 Terceira coleta; 8 Quarta coleta; 9 Quinta coleta; 10 Sexta coleta; 11 Sétima coleta; 12 Oitava coleta; a Emissão do pendão; b florescimento; em conteúdo de água (%): L grão leitoso; p grão pastoso; f grão farináceo; d grão farináceo-duro; mf ponto de maturidade fisiológica; c colheita.

Tabela 10. Eventos e manejo agrônômico caracterizados na época 3, nos três híbridos utilizados.

DAS	I	II	III	DAS	I	II	III	DAS	I	II	III
0 ¹											
8 ²	Nº de folhas				Nº de folhas				Nº de folhas		
9	0	0	0	38	9	10	9	Grãos			
10	1	1	1	39	9	10	9	70	L83		
11	1	1	1	40	10	10	10	72			L83
12	2	2	2	41	10	11	10	79		L81	
13	2	2	2	42	10	11	10	81	p60		
14	2	2	2	43	10	11	11	82 ¹⁰			
15	3	3	3	44	11	12	11	84			p59
16	3	3	3	45	11	12	12	89		p58	
17	3	4	3	46	12	12	12	90	f47		
18	4	4	4	47	12	13	12	93			f46
19	4	4	4	48	13	13	13	97 ¹¹			
20	4	4	4	49	14	14	13	98		f45	
21 ³	4	5	5	50	14	14	14	101	d36		
22	4	5	5	51	15	15	15	104			d38,5
23	5	5	5	52 ⁸	15	15	15	110		d36	
24	5	5	5	53	16	16	16	111	mf32,6		
25	5	6	6	54	17a	16	17	112 ¹²			
26	6	6	6	55	17	17	18	117			mf30,5
27 ⁴	6	7	6	56	18	17	19a	121	c23,1		
28	6	7	7	57	18	18	19	126		mf28,5	
29	7	7	7	58	19	19	20	127 ¹³			c23
30 ⁵	7	8	7	59	20b	19	20	139		c18,8	
31	7	8	7	60	20	20a	21b	142			
32	7	8	7	61	20	21	22				
33	7	8	8	62	20	22	22				
34	8	9	8	63	20	22	22				
35 ⁶	8	9	8	64	20	22b	22				
36	8	9	8	67 ⁹							
37 ⁷	9	10	9	68							

1 Semeadura, 2 – Emergência, 3 Primeira coleta; 4 Desbaste, 5 Capina; 6 Adubação de cobertura; 7 Segunda coleta; 8 Terceira coleta; 9 Quarta coleta; 10 Quinta coleta, 11 Sexta coleta; 12 Sétima coleta; 13 Oitava coleta; a Emissão do pendão; b florescimento; em conteúdo de água (%): L grão leitoso; p grão pastoso; f grão farináceo; d grão farináceo-duro; mf ponto de maturidade fisiológica; c colheita.

No estágio fenológico 6, a condição de grãos leitosos se deu aos 80, 75 e 70 DAS para o híbrido I; 90, 83 e 79 DAS para o híbrido II; e 83, 75 e 72 DAS para o híbrido III, nas épocas 1, 2 e 3, respectivamente.

O último estágio (estádio 10), referente à definição do ponto de maturidade

fisiológica, de acordo com a seqüência das épocas de semeadura, ocorreu aos 118, 113 e 111 DAS para o híbrido I; 134, 130 e 126 DAS para o híbrido II; e 124, 119 e 117 DAS, para o híbrido III, respectivamente.

O híbrido I quando comparado com os híbridos II e III, nas três épocas de semeadura, foi o primeiro a atingir o ponto de maturidade fisiológica (mf), confirmando-se a sua precocidade, conforme pode ser constatado no Boletim Técnico da Cargill (Fundação Cargill, 1997).

Tabela 11. Número médio de folhas por planta, em função das três diferentes época, referente aos três híbridos utilizados.

Época	Híbrido I	Híbrido II	Híbrido III	Média
1	18 (5,5%)	20 (5,2%)	18 (4,1%)	18,7
2	19 (4,0%)	23 (5,5%)	21 (5,5%)	21,0
3	19 (5,5%)	21 (7,5%)	21 (4,5%)	20,3
Média	18,7	21,3	20	

Valores entre parênteses correspondem ao coeficiente de variação (CV, %) estimado a partir de uma amostra de 15 plantas.

Conforme a Tabela 11, observa-se que o número médio de folhas na época 1 foi menor em comparação a média das épocas 2 e 3. Os híbridos de ciclo superprecoce apresentaram menor número médio de folhas, fato também observado por Endres & Mundstock (1989).

Observa-se, na Tabela 12 e na Tabela 13 que a redução do ciclo da cultura, desde a semeadura até o ponto de maturidade fisiológica, da época 1 para a época 3 foi de uma semana para os híbridos I e III, e de 8 dias para o híbrido II.

Pode-se observar também que a maior duração da fase vegetativa (DFV) ocorreu com o híbrido II na época 1. Ao longo da duração da fase reprodutiva (DFR) não houve praticamente variações em número de dias para um mesmo híbrido, isto é, a variação foi de um dia para os híbridos I e III e de 3 dias para o híbrido II. Percebe-se, ainda, que dentro de um mesmo híbrido, no período vegetativo, à medida que a semeadura é tardia,

ocorre uma redução na duração do ciclo. Essa redução foi da ordem de 10 dias de intervalo entre os híbridos I e II, na época 2. O período compreendido entre a época de semeadura e o ponto de maturidade fisiológica foi atingido aos 111 dias pelo híbrido I na época 3, enquanto que o híbrido II, na época 1, apresentou uma duração mais longa (134 dias).

A Tabela 13 mostra uma relação entre os estádios fenológicos observados e o número de dias após a semeadura e graus-dia, para que os híbridos completem seu ciclo.

Tabela 12. Duração da fase vegetativa¹ (DFV, dias), duração da fase reprodutiva (DFR) e ciclo total² (CT, dias) referente aos híbridos utilizados nas diferentes épocas de semeadura.

Época	DFV	DFR	CT
Híbrido I			
1	67	51	118
2	61	52	113
3	59	52	111
Híbrido II			
1	73	61	134
2	71	59	130
3	64	62	126
Híbrido III			
1	68	56	124
2	62	57	119
3	60	57	117

¹ considerou-se na fase vegetativa o período da semeadura à emergência (para efeito prático de planejamento).

² considerou-se o ciclo total como sendo o número de dias para atingir o ponto de maturidade fisiológica do grão de milho desde a semeadura.

Tabela 13. Dias após a semeadura (valores sublinhados) e graus-dia (**valores em negrito**) correspondentes aos estádios fenológicos dos três híbridos utilizados nas três épocas.

Híbrido	Estádios fenológicos											Colheita
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
	Época 1											
I	<u>8</u>	<u>23</u>	<u>42</u>	<u>56</u>	<u>62</u>	<u>67</u>	<u>80</u>	<u>88</u>	<u>97</u>	<u>109</u>	<u>118</u>	<u>131</u>
	8	183	433	630	712	783	954	1070	1197	1379	1504	
II	<u>8</u>	<u>23</u>	<u>42</u>	<u>57</u>	<u>68</u>	<u>73</u>	<u>90</u>	<u>101</u>	<u>109</u>	<u>119</u>	<u>134</u>	<u>145</u>
	8	183	433	645	797	860	1095	1258	1379	1518	1740	
III	<u>8</u>	<u>21</u>	<u>42</u>	<u>56</u>	<u>64</u>	<u>68</u>	<u>83</u>	<u>94</u>	<u>103</u>	<u>113</u>	<u>124</u>	<u>133</u>
	8	157	433	630	738	797	998	1151	1289	1433	1589	
Época 2												
I	<u>6</u>	<u>18</u>	<u>35</u>	<u>46</u>	<u>56</u>	<u>61</u>	<u>75</u>	<u>85</u>	<u>95</u>	<u>106</u>	<u>113</u>	<u>133</u>
	13	190	433	577	720	787	999	1139	1281	1452	1561	
II	<u>6</u>	<u>17</u>	<u>30</u>	<u>45</u>	<u>65</u>	<u>71</u>	<u>83</u>	<u>93</u>	<u>104</u>	<u>116</u>	<u>130</u>	<u>142</u>
	13	174	362	563	847	939	1109	1253	1421	1599	1802	
III	<u>6</u>	<u>16</u>	<u>32</u>	<u>47</u>	<u>57</u>	<u>62</u>	<u>75</u>	<u>87</u>	<u>97</u>	<u>109</u>	<u>119</u>	<u>134</u>
	13	159	388	591	735	801	999	1168	1313	1499	1638	
Época 3												
I	<u>8</u>	<u>18</u>	<u>34</u>	<u>46</u>	<u>54</u>	<u>59</u>	<u>70</u>	<u>81</u>	<u>90</u>	<u>101</u>	<u>111</u>	<u>121</u>
	10	158	389	562	686	764	917	1083	1221	1373	1516	
II	<u>8</u>	<u>17</u>	<u>30</u>	<u>44</u>	<u>60</u>	<u>64</u>	<u>79</u>	<u>89</u>	<u>98</u>	<u>110</u>	<u>126</u>	<u>139</u>
	10	142	337	532	779	841	1051	1206	1332	1501	1707	
III	<u>8</u>	<u>18</u>	<u>33</u>	<u>45</u>	<u>56</u>	<u>60</u>	<u>72</u>	<u>84</u>	<u>93</u>	<u>104</u>	<u>117</u>	<u>127</u>
	10	158	374	546	717	779	946	1130	1266	1418	1585	

0: Emergência; 1: 4 folhas; 2: 8 folhas; 3: 12 folhas; 4: Emissão do pendão; 5: Florescimento; 6: Grão leitoso; 7: Grão pastoso; 8: Grão farináceo; 9: Grão farináceo-duro; 10: Ponto de maturidade fisiológica.

4.2 Unidades térmicas necessárias para se atingir o florescimento e o ponto de maturidade fisiológica

A Tabela 14 mostra o número de graus-dia para os híbridos atingirem o florescimento e completarem seus ciclos nas três diferentes épocas. Observa-se que os três híbridos, na época 3, precisaram de menor quantidade de unidades térmicas para atingir o florescimento. A precocidade dos híbridos I e III foi evidenciada com a necessidade de unidades térmicas até o ponto de maturidade fisiológica, mostrando-se mais precoce o híbrido I.

Tabela 14. Número de graus-dia para o florescimento e o ponto de maturidade fisiológica referente aos híbridos utilizados nas diferentes épocas de semeadura.

Época	Florescimento			Ponto de Maturidade Fisiológica		
	HÍBRIDOS					
	I	II	III	I	II	III
1	783	860	797	1504	1740	1589
2	787	939	801	1561	1802	1638
3	764	841	779	1516	1707	1585
Média	777	880	792	1527	1750	1604

4.3 Relação entre fenologia e graus-dia

O período entre a semeadura e o estágio fenológico caracterizado com a emissão de 8 folhas (estádio 2) e de 12 folhas (estádio 3) foram semelhantes nos três híbridos em termos de DAS na época 1.

Por outro lado, os três híbridos, tanto na época 2 quanto na época 3, começaram a diferir entre si em termos de desenvolvimento a partir do estágio caracterizado com a emissão de 4 folhas (estádio 1).

No entanto, os três híbridos nas três épocas de semeadura apresentaram maiores diferenças no estágio caracterizado com a emissão do pendão (estádio 4), sendo mais

semelhantes, em termos de unidades térmicas para uma mesma época, os híbridos I e III.

Figura 3. Relação entre graus-dia e fenologia da cultura em termos relativos. a, b, c: híbrido I nas épocas 1, 2 e 3 respectivamente; d, e, f: híbrido II nas épocas 1, 2 e 3 respectivamente; g, h, i: híbrido III nas épocas 1, 2 e 3 respectivamente. (Significativo ao nível de 1% de probabilidade: $r^2_{9;0,01}=0,54$).

Figura 4. Relação entre o índice de fenologia e número relativo de graus-dia nas três épocas de semeadura referente ao híbrido I (a), híbrido II (b), híbrido III (c) e cultura de milho (d) (média relativa dos três híbridos). (Significativo ao nível de 1% de probabilidade: $r^2_{9,0,01}=0,54$).

Cabe salientar que em nenhuma das três épocas ocorreu deficiência hídrica. Esse fato, não limita a obtenção da relação funcional entre soma calórica e fenologia. Sendo assim, a previsibilidade da ocorrência dos diferentes estádios será mais recomendável em áreas sem restrição hídrica (agricultura irrigada e agricultura de sequeiro com boa distribuição de chuva durante o ciclo da cultura).

A maior fase vegetativa apresentou-se no híbrido II na época 1. Percebe-se ainda que a medida que a semeadura é retardada, ocorre uma redução na duração do ciclo por

causa do encurtamento da fase vegetativa. Para um mesmo híbrido, a duração da fase reprodutiva foi similar nas três épocas de semeadura.

A caracterização fenológica dos híbridos permitiu evidenciar a relação funcional entre fenologia e graus-dia na cultura do milho. Na Figura 3 e na Figura 4 apresenta-se a relação entre a fenologia e o número de graus-dia em termos relativos. Na Figura 3, pode-se observar uma relação funcional linear das referidas variáveis para cada híbrido nas três épocas de semeadura. Sendo assim, generalizou-se essa relação por material genético (Figura 4a, b e c) e, posteriormente, para a cultura de milho (Figura 4d).

4.4 Rendimento de grãos da cultura de milho

4.4.1 Número médio de fileiras de grãos por espiga

Observa-se na Tabela 15 que o híbrido I, semeado nas três épocas, apresenta número de fileiras superior em relação aos híbridos II e III. Os híbridos precoces mostraram redução no número de grãos a medida que ocorreu a semeadura tardia. Resultados semelhantes foram encontrados por Noldin & Mundstock (1988).

Tabela 15. Número médio de fileiras x número médio de grãos por fileira na espiga (Tabela 5) referente aos híbridos utilizados nas diferentes épocas de semeadura.

Época	Híbrido					
	I		II		III	
	Fileira	Nº grãos	Fileira	Nº grãos	Fileira	Nº grãos
1	15,03 abc	34,18 cde	14,40 bcd	37,80 bc	14,40 cd	40,03 a
2	16,11 a	33,14 ed	14,44 bcd	36,81 bc	14,27 bcd	38,53 ab
3	15,45 ab	28,60 f	13,88 cd	36,12 bcd	13,78 d	32,85e
Média	15,53	31,97	14,24	36,91	14,15	37,14

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

4.4.2 Número médio de grãos por espiga

Na Tabela 16 são apresentados os resultados referentes ao número médio de grãos por espiga. O número de grãos, assim como a massa média do grão (Tabela 17), decresce a medida que a semeadura foi tardia. O híbrido I apresentou maior queda na massa do grão por ocasião da época 3.

O maior número de grãos por espiga foi observado no híbrido III na época 1, e o menor no híbrido I na época 3; entretanto, o híbrido II mostrou maior estabilidade entre épocas em relação a esse componente da equação do rendimento.

Tabela 16. Número médio de grãos por espiga (Tabela 5) referente aos híbridos utilizados nas diferentes épocas de semeadura.

Época	Híbrido		
	I	II	III
1	513,8 b	544,3 ab	576,5 a
2	534,1 ab	531,8 ab	549,7 ab
3	442,1 c	501,3b	452,6 c
Média	496,6	525,8	526,3

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

4.4.3 Massa média do grão

O componente massa média por unidade de grão decresce para todos os híbridos em todas as época de semeadura. Esse componente é fundamental para estimar o rendimento da cultura.

Tabela 17. Massa (g) de 100 grãos referente aos híbridos (15 espigas) utilizados nas diferentes épocas de semeadura.

Época	Híbrido		
	I	II	III
1	34,2 a	36,2 a	35,6 a
2	33,0 a	35,1 a	34,8 a
3	27,2 b	32,8 a	31,9 ab
Média	31,5	34,7	34,0

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

4.4.4 Estimativa do rendimento médio obtido

Conforme mostra a Tabela 18, o rendimento de grãos referente aos híbridos nas épocas 1 e 2 pode ser considerado semelhante, ocorrendo na época 3 uma diminuição acentuada no rendimento dos híbridos I e III. O híbrido que apresentou menor heterogeneidade, em termos de rendimento, foi o II nas três épocas de semeadura.

Tabela 18. Rendimento de grãos (R, kg.ha⁻¹) referente aos híbridos utilizados nas diferentes épocas de semeadura.

Época	Híbrido		
	I	II	III
1	10.553,4 a	9.859,5 a	10.258,5 a
2	10.570,2 a	9.321,0 ab	9.551,5 ab
3	7.218,0 c	8.215,0 bc	7.210,5 c
Média	9.447,2	9.131,8	9.006,8

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

O rendimento de grãos nas épocas 1 e 2 pode ser considerado semelhante, ocorrendo na época 3 diminuição acentuada para os híbridos I e III. O híbrido II foi o que apresentou menor redução no rendimento na terceira época de semeadura, devido o

mesmo possuir maior soma calórica.

O valor da soma calórica, apresentado na Tabela 14, para os híbridos I e III foi inferior ao especificado como requerimento ótimo para esses materiais, o que pode ter provocado uma redução no potencial produtivo da cultura.

O número de graus-dia necessários para atingir o estágio fenológico caracterizado com o início do florescimento (estádio 5) foi menor na época 3 e maior na época 2 para os três híbridos e isso é refletido no rendimento da cultura, conforme mostrado na Figura 5.

Observa-se que o rendimento de grãos diminui à medida que a temperatura média durante a fase vegetativa aumenta (Figura 5). Isso ocorreu devido a época de semeadura estar restrita ao início do período de chuva (agricultura de sequeiro). Por esse motivo, não se observou respostas crescentes de rendimento com o aumento da temperatura. Também, pode-se observar que o material com maior soma calórica (híbrido II) é mais recomendado para época de maior temperatura média.

Figura 5. Variação do rendimento em função da temperatura média na fase vegetativa da cultura do milho nas três épocas de semeadura.

4.5 Massa de matéria seca do colmo

Observa-se na Tabela 19 que a variação temporal da massa de matéria seca do colmo se apresenta diferente para todas os híbridos e épocas. Essas diferenças são

confirmadas pelo teste F aplicado à análise de variância (Tabela 20) observando-se que os resultados foram significativos não apenas entre híbridos e épocas de semeadura, mas também com as datas de amostragem.

Conforme mostrado na Tabela 21, houve diferenças estatísticas na maioria das comparações entre valores médios de massa de matéria seca do colmo entre os híbridos utilizados nas épocas de semeadura. Observou-se que o híbrido I só apresentou diferença quando semeado nas épocas 1 e 3, porém não apresentou diferença na época 3 de semeadura em relação aos híbridos II e III na época 1. Observou-se que o híbrido II não apresentou diferença entre si nas épocas 2 e 3. Por outro lado, O híbrido III apresentou diferenças entre si nas épocas 2 e 3.

Tabela 19. Variação temporal da massa de matéria seca do colmo por unidade de planta (MMSC, g.pl⁻¹).

DAE	Época 1			Época 2			Época 3		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III
15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
30	2,90	3,10	2,89	9,16	10,99	10,53	11,06	9,35	9,70
45	26,45	27,97	28,97	41,07	36,39	46,41	60,67	44,95	56,06
60	57,07	68,07	63,20	66,46	84,99	84,00	74,51	93,70	78,46
75	64,91	79,07	67,00	64,90	99,76	89,90	66,22	103,05	81,78
90	64,10	83,64	81,23	61,71	116,15	99,97	55,89	103,11	77,80
105	70,14	87,51	69,25	66,92	119,24	91,85	58,76	105,87	79,53
120	69,11	95,24	67,53		119,35			98,31	
135		86,43							

Tabela 20. Análise de variância relativa à massa da matéria seca do colmo (MMSC, g.pl⁻¹).

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos(T)	8	161791,67	2597,58	28,73 **
Resíduo (a)	18	5554,47	90,39	
(Parcela)	26	167346,14		
DAE	5	124452,63	24890,53	403,31 **
TRAT*DAE	40	14931,19	373,28	6,05 **
Resíduo (b)	90	5554,47	61,72	
TOTAL	161	167346,14		

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade ($\alpha = 0,01$)

$r^2 = 0,967$; CV = 12,88; s = 7,86; média = 61,00

Tabela 21. Resumo do resultado da análise de variância pelo teste de F aplicado à massa da matéria seca do colmo (MMSC) referente aos três híbridos nas três diferentes épocas (HbIE1: híbrido I na época 1; HbIE2: híbrido I na época 2; HbIE3: híbrido I na época 3; HbIIE1: híbrido II na época 1; HbIIE2: híbrido II na época 2; HbIIE3: híbrido II na época 3; HbIIIE1: híbrido III na época 1; HbIIIE2: híbrido III na época 2; e HbIIIE3: híbrido III na época 3) (média de 6 épocas de amostragem: 30, 45, 60, 75, 90 e 105 DAE).

TRAT	MMSC g.pl ⁻¹	TRATAMENTO								
		HbIE1	HbIE2	HbIE3	HbIIE1	HbIIE2	HbIIE3	HbIIIE1	HbIIIE2	HbIIIE3
HbIE1	44,0									
HbIE2	50,6	ns								
HbIE3	54,5	**	ns							
HbIIE1	58,2	**	*	ns						
HbIIE2	77,9	**	**	**	**					
HbIIE3	76,7	**	**	**	**	ns				
HbIIIE1	52,3	*	ns	ns	ns	**	**			
HbIIIE2	70,6	**	**	**	**	*	ns	**		
HbIIIE3	64,1	**	**	**	ns	**	**	**	ns	

ns: não significativo; *: significativo ao nível de probabilidade de 5% e **: significativo ao nível de probabilidade de 1%

4.6 Massa de matéria seca de folhas

É apresentada na Tabela 22 a variação temporal da massa de matéria seca de folhas. Na Tabela 23, através do teste de F aplicado à análise de variância, observa-se que a relação híbrido + época de semeadura é altamente significativa.

Observa-se na Tabela 24 que a massa da matéria seca da folha produzida pelo híbrido I não apresentou diferença estatística nas épocas 2 e 3, observando-se que nas referidas épocas o desempenho dos três híbridos foi semelhante. A massa da matéria seca da folha, produzida na época 1, apresentou diferenças apenas nos híbridos I e III e o híbrido II difere entre si, e com o híbrido III, nas épocas 2 e 3. Para os três híbridos, não houve diferença estatística significativa da massa da matéria seca da folha produzida entre as épocas 2 e 3.

Tabela 22. Variação temporal da massa de matéria seca de folha por unidade de planta (MMSF, g.pl⁻¹) referente aos híbridos (15 plantas) utilizados nas diferentes épocas de semeadura.

DAE	Época 1			Época 2			Época 3		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III
15	1,28	1,12	1,04	2,28	2,43	3,13	2,05	2,10	2,51
30	6,30	6,85	6,54	13,97	16,10	16,05	16,07	13,89	14,71
45	29,29	29,91	31,34	37,29	38,39	40,87	44,25	42,71	45,66
60	29,86	42,04	37,40	37,09	51,31	42,78	41,72	48,49	41,05
75	37,88	45,89	36,43	38,36	54,04	45,58	41,87	53,70	42,41
90	35,83	45,84	44,24	38,42	60,05	48,62	31,55	57,20	42,56
105	38,55	49,28	40,20	36,01	54,36	40,80	26,60	49,88	36,56
120	33,40	45,47	32,05		51,60			44,53	
135		39,12							

Tabela 23. Análise de variância relativa à massa seca de folha (MMSF, g.pl⁻¹).

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos(T)	8	3501,39	437,67	22,19 **
Resíduo (a)	18	355,09	19,72	
(Parcela)	26			
DAE	6	48916,01	8152,66	854,05 **
TRAT*DAE	48	3566,14	74,29	7,78 **
Resíduo (b)	108	1030,96	9,54	
TOTAL	188	57369,61		

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade ($\alpha = 0,01$)

$r^2 = 0,982$; CV = 9,65; s = 3,09; média = 32,00

Tabela 24. Resumo do resultado da análise de variância pelo teste de F aplicado à massa da matéria seca de folha (MMSF) referente aos três híbridos nas três diferentes épocas (HbIE1: híbrido I na época 1; HbIE2: híbrido I na época 2; HbIE3: híbrido I na época 3; HbIIE1: híbrido II na época 1; HbIIE2: híbrido II na época 2; HbIIE3: híbrido II na época 3; HbIIIE1: híbrido III na época 1; HbIIIE2: híbrido III na época 2; e HbIIIE3: híbrido III na época 3) (média de 7 épocas de amostragem: 15, 30, 45, 60, 75, 90 e 105 DAE).

TRAT	MMSF g.pl ⁻¹	TRATAMENTO								
		HbIE1	HbIE2	HbIE3	HbIIE1	HbIIE2	HbIIE3	HbIIIE1	HbIIIE2	HbIIIE3
HbIE1	25,9									
HbIE2	29,1	*								
HbIE3	29,2	*	ns							
HbIIE1	31,7	**	ns	ns						
HbIIE2	39,5	**	**	**	**					
HbIIE3	38,3	**	**	**	**	ns				
HbIIIE1	28,2	ns	ns	ns	*	**	**			
HbIIIE2	33,9	**	**	**	ns	**	**	**		
HbIIIE3	32,2	**	*	*	ns	**	**	**	ns	

ns: não significativo; *: significativo ao nível de probabilidade de 5% e **: significativo ao nível de probabilidade de 1%

4.7 Massa de matéria seca do pendão

Observa-se na Tabela 25 que a massa de matéria seca do pendão foi maior para o híbrido II nas três épocas de semeadura. Os híbridos superprecoces (híbridos I e III) apresentaram menor acúmulo de massa de matéria seca do pendão nas épocas 1 e 3. Os resultados do teste de F aplicado à análise de variância são apresentados na Tabela 26.

Tabela 25. Variação temporal da massa de matéria seca de pendão(MMSP) por unidade de planta (g.pl⁻¹).

DAE	Época 1			Época 2			Época 3		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III
15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
45	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
60	4,47	8,24	7,34	4,02	10,74	5,21	4,87	7,76	4,86
75	4,36	7,00	4,15	3,78	4,90	4,64	3,46	4,72	3,49
90	4,00	5,87	4,89	3,09	4,53	4,02	1,58	3,75	2,58
105	3,37	4,79	3,71	1,89	3,85	3,26	1,41	3,05	1,97
120	2,94	3,14	2,51		2,61			2,13	

Tabela 26. Análise de variância relativa à massa seca do pendão (MMSP, g.pl⁻¹).

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos(T)	8	213,59	26,70	42,17 **
Resíduo (a)	18	11,39	0,63	
(Parcela)	26			
DAE	3	242,38	80,79	210,89 **
TRAT*DAE	24	187,36	7,81	20,38 **
Resíduo (b)	54	20,69	0,38	
TOTAL	107	675,42		

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade ($\alpha = 0,01$)

$r^2 = 0,969$; CV = 12,64; s = 0,62; média = 4,90

O maior acúmulo de massa de matéria seca foi observada aos 60 DAE, que ocorre entre os estádios fenológicos 4 e 5. Para todos os híbridos, observou-se a maior massa de matéria seca de pendão na época 2, e a menor na época 3 (Tabela 25)

Conforme mostrado na Tabela 27, o híbrido I não apresentou diferença estatística significativa nas épocas 1 e 2. O híbrido I na época 2 foi semelhante ao híbrido II na época 3 e ao híbrido III na época 1. Na época 3, os resultados foram estatisticamente iguais apenas para os híbridos I e III. O híbrido II na época 2 foi estatisticamente igual apenas à massa da matéria seca do pendão produzida pelo híbrido III na época 2. O híbrido III apresentou diferenças entre ele mesmo porém, igual ao híbrido II na época 3 quando semeado na época 1.

Tabela 27. Resumo do resultado da análise de variância pelo teste de F aplicado à massa da matéria seca do pendão (MMSP) referente aos três híbridos nas três diferentes épocas (HbIE1: híbrido I na época 1; HbIE2: híbrido I na época 2; HbIE3: híbrido I na época 3; HbIIE1: híbrido II na época 1; HbIIE2: híbrido II na época 2; HbIIE3: híbrido II na época 3; HbIIIE1: híbrido III na época 1; HbIIIE2: híbrido III na época 2; e HbIIIE3: híbrido III na época 3) (média de 4 épocas de amostragem: 60, 75, 90 e 105 DAE).

TRAT	MMSP g.pl ⁻¹	TRATAMENTO								
		HbIE1	HbIE2	HbIE3	HbIIE1	HbIIE2	HbIIE3	HbIIIE1	HbIIIE2	HbIIIE3
HbIE1	4,0									
HbIE2	4,4	ns								
HbIE3	2,8	**	**							
HbIIE1	6,4	**	**	**						
HbIIE2	7,4	**	**	**	**					
HbIIE3	4,8	*	ns	**	**	**				
HbIIIE1	5,0	**	ns	**	**	**	ns			
HbIIIE2	5,8	**	**	**	ns	**	**	*		
HbIIIE3	3,2	*	**	ns	**	**	**	**	**	

ns: não significativo; *: significativo ao nível de probabilidade de 5% e **: significativo ao nível de probabilidade de 1%.

4.8 Massa de matéria seca da espiga

Com relação a massa de matéria seca da espiga, apresentada na Tabela 28, pode-se observar a sua variação temporal nas épocas de semeadura nos três híbridos. Os híbridos I e III apresentaram maior massa de matéria seca na época 1 enquanto que nas épocas 2 e 3 atingiram o seu máximo em menor tempo.

Na Tabela 29 apresenta-se o teste de F aplicado à análise de variância, observando-se diferença estatística na relação híbrido+época. Na Figura 6 pode se observar o fenótipo das espigas dos híbridos nas diferentes épocas de semeadura.

Tabela 28. Variação temporal da massa de matéria seca de espigas por unidade de planta (MMSE, g.pl⁻¹).

DAE	Época 1			Época 2			Época 3		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III
15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
45	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
60	14,45	4,24	14,08	29,57	11,82	36,95	51,79	23,36	40,12
75	81,93	43,13	64,73	116,75	66,75	117,91	68,64	78,11	99,00
90	152,09	99,01	148,03	161,26	149,15	200,96	133,91	154,04	130,59
105	216,65	194,40	224,32	216,28	196,39	230,43	151,14	179,54	173,30
120	231,44	230,98	241,05		226,13			183,01	

Tabela 29. Análise de variância relativa à massa seca da espiga (MMSE, g.pl⁻¹).

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos(T)	8	27505,18	3438,15	11,18 **
Resíduo (a)	18	5533,44	307,41	
(Parcela)	26			
DAE	3	455147,39	151715,80	776,50 **
TRAT*DAE	24	29064,45	1211,02	6,20 **
Resíduo (b)	54	10550,70	195,38	
TOTAL	107	527801,16		

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade ($\alpha = 0,01$)

$r^2 = 0,980$; CV = 12,23; s = 13,98; média = 114,30

Os resultados apresentados na Tabela 30 correspondem aos valores observados no período de 60 a 105 DAE para todos os híbridos em todas as épocas de semeadura. Na mesma tabela observa-se que a massa da matéria seca da espiga produzida pelo híbrido I, semeado na época 1, foi estatisticamente diferente apenas com o híbrido ■ na época 2. O híbrido I na época 2 apresentou diferenças na produção de massa de matéria seca com relação aos outros híbridos nas três épocas de semeadura, fato semelhante aconteceu com o híbrido II na época 1. O híbrido III na época 3 não diferiu do híbrido I nas épocas 1 e 3 bem como do híbrido II nas épocas 2 e 3 e entre si na época 1.

Figura 6. Aspecto geral referente às espigas dos três híbridos de milho nas três épocas.

Tabela 30. Resumo do resultado da análise de variância pelo teste de F aplicado à massa da matéria seca da espiga (MMSE) referente aos três híbridos nas três diferentes épocas (HbIE1: híbrido I na época 1; HbIE2: híbrido I na época 2; HbIE3: híbrido I na época 3; HbIIE1: híbrido II na época 1; HbIIE2: híbrido II na época 2; HbIIE3: híbrido II na época 3; HbIIIE1: híbrido III na época 1; HbIIIE2: híbrido III na época 2; e HbIIIE3: híbrido III na época 3) (média de 4 épocas de amostragem: 60, 75, 90 e 105 DAE).

TRAT	MMSE g.pl ⁻¹	TRATAMENTO								
		HbIE1	HbIE2	HbIE3	HbIIE1	HbIIE2	HbIIE3	HbIIIE1	HbIIIE2	HbIIIE3
HbIE1	116,3									
HbIE2	130,9	ns								
HbIE3	111,4	ns	*							
HbIIE1	85,2	**	**	**						
HbIIE2	106,0	ns	**	ns	**					
HbIIE3	108,8	ns	**	ns	**	ns				
HbIIIE1	112,8	ns	*	ns	**	ns	ns			
HbIIIE2	146,5	**	*	**	**	**	**	**		
HbIIIE3	110,8	ns	*	ns	**	ns	ns	ns	**	

ns: não significativo; *: significativo ao nível de probabilidade de 5% e **: significativo ao nível de probabilidade de 1%

4.9 Índice de área foliar

Conforme mostrado na Tabela 31, a ocorrência dos maiores valores de índice de área foliar foi verificada aos 75, 60 e 60 DAE na época 1, 75, 75 e 75 DAE na época 2, 60, 60 e 75 DAE na época 3 referentes aos híbridos I, II e III, respectivamente. Devido à senescência, ocorre um decréscimo do IAF após o máximo valor ser atingido.

Na Tabela 33 verifica-se que o híbrido I não difere estatisticamente, em termos de IAF, dos híbridos II e III na época 1 bem como do híbrido II na época 3. O mesmo ocorre com o híbrido II na época 3 e o híbrido III na época 1.

Tabela 31. Índice de área foliar (IAF, $\text{m}^2 \cdot \text{m}^{-2}$) referente aos híbridos nas diferentes épocas de semeadura.

DAE	Época 1			Época 2			Época 3		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III
15	0,08	0,06	0,05	0,09	0,08	0,10	0,10	0,08	0,08
30	0,35	0,30	0,33	0,95	0,85	0,78	0,82	0,59	0,56
45	1,51	1,15	1,24	3,95	2,84	3,3	3,07	2,32	2,62
60	3,07	3,50	3,15	4,79	5,25	4,58	3,54	4,16	3,02
75	3,30	3,37	2,86	4,90	5,61	4,69	3,31	3,38	3,05
90	3,00	3,06	2,91	3,70	5,40	4,37	0,96	3,05	1,81
105	2,21	2,97	2,57	1,06	2,27	0,60	0,02	1,35	0,30
120	0,10	1,17	0,16		0,77			0,23	

Tabela 32. Análise de variância relativa ao índice de área foliar (IAF, $\text{m}^2 \cdot \text{m}^{-2}$).

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos (T)	8	47,35	5,92	45,99 **
Resíduo (a)	18	2,32	0,13	
(Parcela)	26			
DAE	6	376,63	62,77	837,87 **
TRAT*DAE	48	87,65	1,82	24,37 **
Resíduo (b)	108	8,09	0,07	
TOTAL	188	522,04		

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade ($\alpha = 0,01$)

$r^2 = 0,984$; CV = 12,34; s = 0,27; média = 2,21

Tabela 33. Resumo do resultado da análise de variância pelo teste de F aplicado ao índice de área foliar (IAF) referente aos três híbridos nas três diferentes épocas (HbIE1: híbrido I na época 1; HbIE2: híbrido I na época 2; HbIE3: híbrido I na época 3; HbIIE1: híbrido II na época 1; HbIIE2: híbrido II na época 2; HbIIE3: híbrido II na época 3; HbIIIE1: híbrido III na época 1; HbIIIE2: híbrido III na época 2; e HbIIIE3: híbrido III na época 3) (média de 7 épocas de amostragem: 15, 30, 45, 60, 75, 90 e 105 DAE).

TRAT	IAF m ² .m ⁻²	TRATAMENTO								
		HbIE1	HbIE2	HbIE3	HbIIE1	HbIIE2	HbIIE3	HbIIIE1	HbIIIE2	HbIIIE3
HbIE1	1,9									
HbIE2	2,8	**								
HbIE3	1,9	*	**							
HbIIE1	2,0	ns	**	**						
HbIIE2	3,2	**	**	**	**					
HbIIE3	2,1	ns	**	**	ns	**				
HbIIIE1	1,9	ns	**	ns	ns	**	ns			
HbIIIE2	2,6	**	ns	**	**	**	**	**		
HbIIIE3	1,7	*	**	ns	**	**	**	ns	**	

ns: não significativo; *: significativo ao nível de probabilidade de 5% e **: significativo ao nível de probabilidade de 1%

4.10 Diâmetro do colmo

Em todas as épocas, a maior taxa de aumento de diâmetro observada foi entre 15 e 30 DAE. A taxa inicial de aumento do diâmetro do colmo na época 1 (Tabela 34) foi inferior às observadas nas épocas 2 e 3. Apenas na época 1, o diâmetro do colmo final foi atingido no mesmo DAE para os três híbridos utilizados.

Na Tabela 35, observou-se que o teste de F aplicado à análise de variância mostrou diferença altamente significativa devido à interação tratamento e época de amostragem. Os efeitos individuais dos tratamentos e das épocas de amostragem também foram altamente significativos.

O híbrido I não apresentou diferenças significativas em diâmetro do colmo entre

as distintas épocas de semeaduras. O diâmetro do colmo dos híbridos II e III foi significativamente menor na época 1 de semeadura em relação às outras duas épocas. Não foram observadas diferenças entre as épocas 2 e 3 (Tabela 34 e Tabela 36).

Comparando os híbridos dentro de uma mesma época de semeadura, observou-se que na época 1 o diâmetro do colmo foi similar para os três híbridos. Nas épocas de semeadura 2 e 3, os híbridos II e III apresentaram diâmetros do colmo similares entre si e significativamente maiores ao diâmetro observado no híbrido I (Tabela 34 e Tabela 36).

Tabela 34. Variação temporal do diâmetro do colmo (D, mm) referente aos híbridos utilizados.

DAE	Época 1			Época 2			Época 3		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III
15	6,57	6,23	6,23	6,97	7,73	8,23	8,00	7,70	7,93
30	15,50	17,33	16,23	20,53	22,43	22,93	21,30	21,50	22,50
45	22,00	24,63	25,37	22,50	24,11	23,90	22,67	24,26	25,43
60	21,10	23,87	22,30	21,57	24,07	23,73	22,13	25,50	25,95
75	21,93	22,73	22,23	20,57	23,47	23,13	21,70	25,30	23,33
90	20,77	21,60	23,27	20,90	24,90	24,03	19,90	24,10	23,76
105	21,10	21,63	21,33	21,76	24,43	23,80	19,16	23,83	23,60
120	20,53	21,17	20,50		24,13			23,30	

Tabela 35. Análise de variância relativa ao diâmetro do colmo (D, mm).

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos (T)	8	278,61	34,83	17,81 **
Resíduo (a)	18	35,19	1,95	
(Parcela)	26			
DAE	5	239,17	47,83	20,61 **
TRAT*DAE	40	214,90	5,37	2,31 **
Resíduo (b)	90	208,87	2,32	
TOTAL	161	976,73		

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade ($\alpha = 0,01$)

$r^2 = 0,786$; CV = 6,77; s = 1,52; média = 22,50

Tabela 36. Resumo do resultado da análise de variância pelo teste de F aplicado ao diâmetro do colmo (D) referente aos três híbridos nas três diferentes épocas (HbIE1: híbrido I na época 1; HbIE2: híbrido I na época 2; HbIE3: híbrido I na época 3; HbIIE1: híbrido II na época 1; HbIIE2: híbrido II na época 2; HbIIE3: híbrido II na época 3; HbIIIE1: híbrido III na época 1; HbIIIE2: híbrido III na época 2; e HbIIIE3: híbrido III na época 3) (média de 6 épocas de amostragem: 30, 45, 60, 75, 90 e 105 DAE).

TRAT	D mm	TRATAMENTO								
		HbIE1	HbIE2	HbIE3	HbIIE1	HbIIE2	HbIIE3	HbIIIE1	HbIIIE2	HbIIIE3
HbIE1	21									
HbIE2	21	ns								
HbIE3	21	ns	ns							
HbIIE1	22	*	ns	ns						
HbIIE2	24	**	**	**	**					
HbIIE3	24	**	**	**	**	ns				
HbIIIE1	22	ns	ns	ns	ns	**	**			
HbIIIE2	23	**	**	**	*	ns	*	**		
HbIIIE3	24	**	**	**	**	ns	ns	**	ns	

ns: não significativo; *: significativo ao nível de probabilidade de 5% e **: significativo ao nível de probabilidade de 1%

4.11 Altura da planta

O teste F, aplicado à análise de variância, para altura média de planta mostrou diferença altamente significativa devido à interação tratamento e época de amostragem. Foram também observadas diferenças altamente significativas devido aos efeitos individuais dos tratamentos e das épocas de amostragem (Tabela 38).

Observou-se que os três híbridos apresentaram a maior altura de planta na época 2 e a menor na época 1. Na época 1, o híbrido I apresentou uma altura de planta significativamente menor às observadas nos híbridos II e III, os quais não diferiram entre si. Na época 2, não foram observadas diferenças significativas entre os três híbridos em relação a altura de planta. Na época 3, a altura de planta foi similar nos híbridos I e III, apresentando o híbrido I altura significativamente menor que a do híbrido II. A diferença de altura entre os híbridos II e III nessa época de semeadura não foi significativa (Tabela 37 e Tabela 39).

Tabela 37. Variação temporal da altura média de planta (H , cm) referente aos híbridos utilizados.

DAE	Época 1			Época 2			Época 3		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III
15	20	21	22	33	33	37	32	30	32
30	57	50	51	97	98	98	100	92	93
45	143	138	152	199	189	199	210	202	209
60	233	228	255	271	275	277	263	278	266
75	238	267	266	271	294	277	255	269	262
90	244	265	268	270	288	274	248	272	264
105	238	259	259	269	282	285	240	266	264
120	243	259	255		277			267	

Tabela 38. Análise de variância relativa à altura de planta (H, cm).

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos (T)	8	34708,88	4338,61	34,72 **
Resíduo (a)	18	2249,20	124,95	
(Parcela)	26			
DAE	6	1607532,98	267922,16	4742,05 **
TRAT*DAE	48	24706,88	514,72	9,11 **
Resíduo (b)	108	6101,92	56,50	
TOTAL	188	1675299,87		

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade ($\alpha = 0,01$)

$r^2 = 0,996$; CV = 3,90; s = 7,52; média = 192,90

Tabela 39. Resumo do resultado da análise de variância pelo teste de F aplicado à altura da planta (H) referente aos três híbridos nas três diferentes épocas (HbIE1: híbrido I na época 1; HbIE2: híbrido I na época 2; HbIE3: híbrido I na época 3; HbIIE1: híbrido II na época 1; HbIIE2: híbrido II na época 2; HbIIE3: híbrido II na época 3; HbIIIE1: híbrido III na época 1; HbIIIE2: híbrido III na época 2; e HbIIIE3: híbrido III na época 3) (média de 7 épocas de amostragem: 15, 30, 45, 60, 75, 90 e 105 DAE).

TRAT	H cm	TRATAMENTO								
		HbIE1	HbIE2	HbIE3	HbIIE1	HbIIE2	HbIIE3	HbIIIE1	HbIIIE2	HbIIIE3
HbIE1	168									
HbIE2	202	**								
HbIE3	192	**	*							
HbIIE1	176	*	**	**						
HbIIE2	209	**	ns	**	**					
HbIIE3	203	**	ns	**	**	ns				
HbIIIE1	181	**	**	**	ns	**	**			
HbIIIE2	206	**	ns	**	**	ns	ns	**		
HbIIIE3	197	**	ns	ns	**	**	ns	**	*	

ns: não significativo; *: significativo ao nível de probabilidade de 5% e **: significativo ao nível de probabilidade de 1%

4.12 Teor de água dos grãos de milho

Tabela 40. Teor de água (%) nos grãos no ponto de maturidade fisiológica.

Época	Híbrido		
	I	II	III
1	31,7	28,6	30,5
2	33,0	29,0	30,5
3	32,6	28,0	30,5
Média	32,4	28,5	30,5

Tabela 41. Teor de água (%) dos grãos de milho (3 espigas/híbrido) durante a fase reprodutiva.

Época 1				Época 2				Época 3			
Data	Híbrido			Data	Híbrido			Data	Híbrido		
	I	II	III		I	II	III		I	II	III
05/dez	90,2	94,4	91,6	30/dez	90,4	93,8	90,9	13/fev	90,2	91,5	92,0
08/dez	76,1	90,8	90,0	02/jan	81,7	93,0	82,9	16/fev	84,6	91,5	88,2
11/dez	73,5	89,8	81,9	06/jan	69,8	89,2	72,5	18/fev	81,1	89,5	86,2
13/dez	66,9	89,0	76,7	09/jan	66,7	86,6	66,0	20/fev	72,8	88,5	79,1
16/dez	58,5	84,5	65,2	12/jan	56,6	73,6	60,0	23/fev	69,1	86,8	79,1
19/dez	55,1	82,3	65,0	15/jan	55,1	74,2	56,7	25/fev	68,0	85,7	73,0
22/dez	48,7	66,9	58,1	19/jan	49,1	60,0	47,2	27/fev	66,9	74,4	66,8
23/dez	45,7	67,0	50,3	21/jan	46,2	56,7	46,3	02/mar	53,7	69,5	63,3
26/dez	43,1	60,0	49,2	24/jan	44,8	51,0	45,5	05/mar	48,9	61,6	55,1
29/dez	42,5	51,2	47,0	27/jan	42,6	46,9	42,3	07/mar	47,5	60,3	53,0
02/jan	38,4	48,4	41,1	30/jan	39,9	45,8	42,7	09/mar	46,8	56,0	49,4
05/jan	34,0	44,2	40,0	02/fev	35,0	44,3	37,9	11/mar	45,8	51,1	46,0
06/jan	35,3	41,8	40,2	06/fev	33,8	39,9	35,3	12/mar	40,4	50,9	44,0
09/jan	36,5	43,3	37,8	10/fev	33,0	36,5	32,0	16/mar	38,7	46,1	41,9
12/jan	32,2	39,3	34,6	13/fev	32,3	37,1	31,4	18/mar	38,7	43,5	40,0
14/jan	31,7¹	39,0	33,9	16/fev	32,0	33,7	30,5	20/mar	35,1	43,0	40,9
16/jan	30,9	37,4	35,0	20/fev	28,8	30,8	26,9	23/mar	33,9	40,6	36,4
19/jan	29,2	36,6	31,2	23/fev	27,2	30,6	25,4	25/mar	34,4	38,6	35,4
21/jan	29,4	33,6	30,5	27/fev	26,0	29,0	21,2	27/mar	33,3	37,0	32,7
24/jan	27,5	31,7	28,8	02/mar	<u>22,5</u>	26,1	<u>22,0</u>	30/mar	32,6	35,8	31,9
27/jan	<u>23,0²</u>	29,7	27,3	05/mar		26,4		01/abr	29,6	33,3	32,3
29/jan		29,3	25,1	09/mar		23,6		03/abr	28,0	34,5	32,4
31/jan		28,6	<u>22,2</u>	11/mar		<u>19,8</u>		05/abr	24,1	30,1	30,5
02/fev		27,3						08/abr	<u>23,1</u>	31,1	25,0
03/fev		26,0						13/abr		30,1	23,6
06/fev		26,2						15/abr		29,2	<u>23,0</u>
10/fev		<u>24,4</u>						17/abr		28,0	
								20/abr		26,5	
								22/abr		24,5	
								24/abr		21,0	
								27/abr		<u>18,8</u>	

1 Os números em negrito significam o ponto de maturidade fisiológica

2 Os números sublinhados significam o momento da colheita.

Observa-se na Tabela 40 e na Tabela 41 que o teor de água dos grãos no momento do ponto de maturidade fisiológica foi semelhante para todos os híbridos nas três épocas de semeadura, embora foi notado que o híbrido I apresentou um maior teor de água no ponto de maturidade em relação aos híbridos II e III. As semelhanças se mantiveram para o teor de água no momento da colheita.

4.13 Uniformidade dos grãos

Tabela 42. Resultados da passagem (%) dos grãos nas peneiras 26 a 19 (terços inferior, médio e superior) referente aos híbridos (10 espigas/híbrido) utilizados nas diferentes épocas de semeadura.

Peneira	Híbrido I				Híbrido II				Híbrido III			
	Época			Média	Época			Média	Época			Média
	1	2	3		1	2	3		1	2	3	
Terço inferior (base)												
26	5	3	2	3	1	2	0	1	6	10	8	8
25	8	3	6	6	5	7	1	4	12	15	13	13
24	17	5	14	12	12	16	6	11	24	23	17	21
23	19	16	23	20	28	24	16	23	25	20	21	22
22	22	24	23	23	29	22	32	28	24	20	22	19
21	14	23	13	17	15	17	23	18	10	9	11	13
20	11	18	11	13	7	10	16	11	8	3	6	6
19	3	7	5	5	2	2	5	3	2	0	2	1
Fundo	1	2	1	2	0	0	1	0	0	0	0	0
Terço médio (meio)												
26	2	1	0	1	2	2	0	1	1	6	4	3
25	4	1	2	2	5	9	0	5	3	16	9	9
24	7	4	13	8	11	14	5	10	20	24	18	21
23	14	15	30	20	24	23	25	24	30	20	22	24
22	26	27	25	26	37	29	38	35	25	21	24	23
21	20	25	15	20	18	16	21	18	10	9	15	11
20	13	21	10	15	3	5	10	6	7	4	7	6
19	7	5	4	5	0	2	1	1	4	0	1	2
Fundo	8	1	1	3	0	0	0	0	1	0	0	0
Terço superior (ponta)												
26	1	1	1	1	1	2	0	1	1	2	1	1
25	2	1	0	1	1	3	1	2	1	5	1	2
24	2	1	3	2	4	5	1	3	5	14	6	8
23	6	4	11	7	9	11	7	9	15	18	12	15
22	15	15	20	16	27	19	19	22	24	22	22	22
21	17	23	21	20	26	25	28	26	21	18	21	20
20	24	29	22	25	21	19	28	23	15	12	20	16
19	17	17	15	16	9	10	11	10	10	6	11	9
Fundo	16	10	7	11	2	5	5	4	10	3	6	6

Observa-se na Tabela 42 que a maior quantidade de sementes ficou retida nas peneiras 20 a 24 para a três partes em que foi dividida a espiga. Segundo os resultados da passagem em peneira obtidos no lote de sementes utilizado para a semeadura (Tabela 43), a maioria ficou retida nas peneiras 20 a 23 para os híbridos I e II e nas peneiras 24 a 26 para o híbrido III.

Tabela 43. Resultados da passagem (%), pelas peneiras 26 a 19, do lote das sementes utilizadas (Cargill) na semeadura referente aos híbridos nas diferentes épocas de semeadura.

Peneira	Híbrido		
	I	II	III
26	0	0	16
25	0	0	34
24	4	9	50
23	19	23	0
22	35	33	0
21	28	22	0
20	13	11	0
19	0	1	0
Fundo	0	0	0

4.14 Umidade do solo

Observa-se na Tabela 44 que as condições de umidade da área experimental foram semelhantes ao longo do ciclo da cultura para ambas as épocas. O nível do lençol freático mostra que a variação foi de 120cm de profundidade até alcançar uma profundidade de 16cm. Sendo assim, além do aporte hídrico proveniente da chuva, a cultura também esteve suprida com água por capilaridade. Em função desse fato, assumiu-se que as necessidades hídricas da cultura foram satisfeitas.

Tabela 44. Variação temporal do conteúdo de água no solo (%) e da profundidade do lençol freático.

Data	Camada		Profundidade do lençol freático (cm)
	0 a 20 cm	20 a 40 cm	
Época 2			
26/out ¹	28		120
10/nov	24	33	113
25/nov	40	44	53
10/dez	26	30	75
26/dez	32	30	69
10/jan	51	53	16
26/jan	29	29	75
10/fev	31	29	55
25/fev	32	30	37
Época 3			
17/dez ¹	30		54
31/dez	29	30	62
15/jan	30	30	71
30/jan	27	28	82
14/fev	31	31	54
02/mar	30	29	65
16/mar	28	28	83
31/mar	32	31	31
15/abr	27	28	84

¹ Emergência (26 de outubro e 17 de dezembro de 1997)

4.15 Os modelos utilizados

4.15.1 Massa de matéria seca do colmo

Observa-se na Figura 7 que o modelo proposto para a estimativa do massa da matéria seca relativa do colmo ajusta-se bem aos dados observados. Na Tabela 45 é apresentado um resumo dos coeficientes empíricos do modelo ajustado (M_{MSCr}), em cada época de semeadura e para cada um dos três híbridos bem como o coeficiente de determinação do modelo. Os dados observados apresentaram um alto ajuste significativo ao modelo proposto.

Figura 7. Matéria seca relativa do colmo em função do número relativo de graus-dias para: (A) híbrido I na época 1, (B) híbrido II na época 1, (C) híbrido III na época 1, (D) híbrido I na época 2, (E) híbrido II na época 2, (F) híbrido III na época 2, (G) híbrido I na época 3, (H) híbrido II na época 3, e (I) híbrido III na época 3.

Observa-se ainda na Figura 7, para o caso do híbrido I, que as épocas 1 e 2 apresentaram um padrão semelhante de desenvolvimento ao longo do ciclo da cultura; enquanto que na época 3, houve um decréscimo da massa da matéria seca relativa do colmo. O híbrido II apresenta desenvolvimento semelhante nas três épocas de semeadura enquanto que o híbrido III teve um leve decréscimo na época 1.

Tabela 45. Coeficiente de determinação (r^2), valor F e parâmetros empíricos (a, b, c, d) referentes ao modelo relativo à variação da massa de matéria seca relativa do colmo (MMSCr) para as três épocas (E) de semeadura e para os três híbridos (Hb) utilizados.

E	Hb	r^2	F	Parâmetros ¹			
				a	b	c	d
1	I	0,9970	557,6**	0,9618	0,9701	0,0647	5748,9214
	II	0,9934	299,2**	0,9205	0,9531	0,0641	7941,8532
	III	0,9875	131,7**	0,9054	0,6594	0,0649	65,1084
2	I	0,9958	318,7**	0,9844	0,6803	0,0535	217,8487
	II	0,9954	357,8**	0,9844	1,0720	0,0809	2822,2644
	III	0,9961	342,4**	0,9432	0,8480	0,0671	559,6512
3	I	0,9943	234,6**	0,9818	0,5373	0,0476	30,7782
	II	0,9987	1275,3**	0,9877	0,6871	0,0605	106,4734
	III	0,9993	1983,5**	0,9822	0,6798	0,0520	273,7810

¹ Parâmetros determinados utilizando o software TableCurve 2D (Jandel Scientific, 1994).

** Significativo ao nível de probabilidade de 1%.

4.15.2 Massa de matéria seca da folha

Observa-se na Figura 8 que o modelo proposto se ajusta aos dados obtidos. A fase exponencial do acúmulo de massa de matéria seca relativa da folha começa com GDr entre 0,1 e 0,2 atingindo o máximo com GDr igual a 0,6, ocorrendo, após esse ponto, uma queda devido à senescência das folhas mais velhas, e as estruturas reprodutivas passam a ser destinos de nutrientes e fotoassimilados.

Na Tabela 46 são apresentados os parâmetros referentes ao modelo utilizado para estimar a massa da matéria seca relativa da folha, onde se pode observar que esses valores são semelhantes entre híbridos e entre épocas de semeadura. Desse modo, a média dos parâmetros dos híbridos nas três épocas de semeadura é utilizável para se ter um modelo generalizado que permita prever, a partir de uma série histórica de dados de temperatura do ar, a variação temporal da massa da matéria seca da folha de milho.

Figura 8. Matéria seca relativa da folha em função do número relativo de graus-dias para: (A) híbrido I na época 1, (B) híbrido II na época 1, (C) híbrido III na época 1, (D) híbrido I na época 2, (E) híbrido II na época 2, (F) híbrido III na época 2, (G) híbrido I na época 3, (H) híbrido II na época 3, e (I) híbrido III na época 3.

Tabela 46. Coeficiente de determinação (r^2), valor F e parâmetros empíricos (a, b, c, d) referentes ao modelo relativo à variação da massa de matéria seca relativa da folha (MMSFr) para as três épocas (E) de semeadura e para os três híbridos (Hb) utilizados.

E	Hb	r^2	F	Parâmetros ¹			
				a	b	c	d
1	I	0,9690	52,0**	-0,0121	0,9914	0,7433	0,7159
	II	0,9888	176,5**	-0,0090	0,9998	0,6724	0,6790
	III	0,9679	50,2**	-0,0114	0,9586	0,6608	0,6558
2	I	0,9706	44,0**	-0,0158	1,0770	0,6764	0,6706
	II	0,9949	324,7**	-0,0038	0,9732	0,7065	0,6772
	III	0,9793	63,1**	-0,0039	0,9910	0,6955	0,6588
3	I	0,9781	59,6**	0,0024	1,0302	0,5684	0,5154
	II	0,9870	126,6**	-0,0042	0,9815	0,6654	0,6256
	III	0,9533	27,2**	-0,0111	1,0206	0,6364	0,6231

¹ Parâmetros determinados utilizando o software TableCurve 2D (Jandel Scientific, 1994).

** Significativo ao nível de probabilidade de 1%.

4.15.3 Massa de matéria seca do pendão

Observa-se na Figura 9 que a formação do pendão se inicia-se em torno de GDr igual a 0,4. Posteriormente, alta taxa de crescimento é observada, onde o máximo acúmulo de massa de matéria seca relativa do pendão ocorre em GDr igual a 0,5. A partir desse ponto a MMSPr decresce rapidamente. Isso ocorre após a emissão dos grãos de pólen.

Com algumas exceções, como o caso do híbrido III na época 1 e do híbrido II na época 2, o modelo se ajustou bem aos dados observados, colocando em evidência a possibilidade de se generalizar o valor dos parâmetros empíricos para todos os híbridos nas três épocas de semeadura.

Figura 9. Matéria seca relativa do pendão em função do número relativo de graus-dias para: (A) híbrido I na época 1, (B) híbrido II na época 1, (C) híbrido III na época 1, (D) híbrido I na época 2, (E) híbrido II na época 2, (F) híbrido III na época 2, (G) híbrido I na época 3, (H) híbrido II na época 3, e (I) híbrido III na época 3.

Na Tabela 47, observa-se, pelo coeficiente de determinação e o valor F, que houve uma boa aderência do modelo aos dados, sendo menor para o híbrido II na época 2 e para o híbrido III na época 1, confirmando o mostrado na Figura 9C e na Figura 9F.

Tabela 47. Coeficiente de determinação (r^2), valor F e parâmetros empíricos (a, b, c, d) referentes ao modelo relativo à variação da massa de matéria seca relativa do pendão (MMSPr) para as três épocas (E) de semeadura e para os três híbridos (Hb) utilizados.

E	Hb	r^2	F	Parâmetros ¹			
				a	b	c	d
1	I	0,9907	178,6**	1,149676	0,435729	0,781051	1,072645
	II	0,9913	191,5**	0,968526	0,523846	0,254774	1,684328
	III	0,9319	22,8**	0,874064	0,501085	0,28433	1,500713
2	I	0,9980	686,7**	1,04625	0,623576	0,205108	1,996343
	II	0,9083	16,5**	0,919897	0,471016	0,167911	1,615001
	III	0,9897	127,6**	0,935428	0,610318	0,378599	1,402802
3	I	0,9924	175,2**	1,133341	0,584703	0,245527	1,025349
	II	0,9614	41,6**	0,925431	0,51482	0,18449	1,710558
	III	0,9998	6958,9**	1,197008	0,486212	0,464995	1,000136

¹ Parâmetros determinados utilizando o software TableCurve 2D (Jandel Scientific, 1994).

** Significativo ao nível de probabilidade de 1%.

4.15.4 Massa de matéria seca da espiga

Observa-se na Figura 10 que o modelo apresenta ajuste adequado em todos os casos, com exceção do híbrido I na época 3. O acúmulo de massa relativa de matéria seca na espiga começa em GDr igual a 0,4, o que coincide com o observado na massa de matéria seca relativa do pendão. A diferença da massa de matéria seca relativa da espiga, em relação às outras partes da planta, é que a mesma se acumula até o ponto de maturidade fisiológica. Em outras palavras, enquanto a massa de matéria seca de outras partes da planta começa a decrescer, essa se mantém em crescimento.

Na Tabela 48 se observa que o modelo proposto apresenta baixa aderência, apenas nos resultados observados referentes ao híbrido I na época 3. No entanto, os valores dos parâmetros do modelo para cada híbrido e em cada época de semeadura são diferentes entre si.

Figura 10. Matéria seca relativa da espiga em função do número relativo de graus-dias para: (A) híbrido I na época 1, (B) híbrido II na época 1, (C) híbrido III na época 1, (D) híbrido I na época 2, (E) híbrido II na época 2, (F) híbrido III na época 2, (G) híbrido I na época 3, (H) híbrido II na época 3, e (I) híbrido III na época 3.

Tabela 48. Coeficiente de determinação (r^2), valor F e parâmetros empíricos (a, b, c, d) referentes ao modelo relativo à variação da massa de matéria seca relativa e da espiga (MMSEr) para as três épocas (E) de semeadura e para os três híbridos (Hb) utilizados.

E	Hb	r^2	F	Parâmetros ¹			
				a	b	c	d
1	I	0,9999	12013,1**	1,9193	0,9678	0,0340	0,0533
	II	0,9982	934,1**	1,0289	0,7588	0,0996	2,1871
	III	0,9977	567,8**	1,4385	0,8021	0,0019	0,0045
2	I	0,9986	960,8**	1,5771	0,8549	0,0020	0,0040
	II	0,9996	4294,3**	1,1165	0,7081	0,0501	0,2624
	III	0,9991	1421,1**	1,0329	0,7075	0,0802	0,9245
3	I	0,8977	11,7*	0,7964	0,5877	0,1062	2,7422
	II	0,9995	3669,6**	1,0050	0,6644	0,0772	1,4033
	III	0,9978	597,7**	2,0067	1,0134	0,0044	0,0057

¹ Parâmetros determinados utilizando o software TableCurve 2D (Jandel Scientific, 1994).

* Significativo ao nível de probabilidade de 5%.

** Significativo ao nível de probabilidade de 1%.

4.15.5 Índice de área foliar

Observa-se na Figura 11 que para todos os híbridos e em todas as épocas, a variação temporal da massa de matéria seca relativa apresentou uma tendência semelhante atingindo seus máximos valores quando para valores de GDr entre 0,6 e 0,8; decrescendo até GDr igual a 1, o qual corresponde ao ponto de maturidade fisiológica, em consequência da senescência das folhas.

Na Tabela 49 é apresentado um resumo do valor dos parâmetros empíricos do modelo ajustado aos dados observados, obtendo-se resultados altamente significativos para os três híbridos nas três épocas de semeadura.

Figura 11. Índice relativo de área foliar em função do número relativo de graus-dias para: (A) híbrido I na época 1, (B) híbrido II na época 1, (C) híbrido III na época 1, (D) híbrido I na época 2, (E) híbrido II na época 2, (F) híbrido III na época 2, (G) híbrido I na época 3, (H) híbrido II na época 3, e (I) híbrido III na época 3.

Tabela 49. Coeficiente de determinação (r^2), valor F e parâmetros empíricos (a, b, c, d, f) referentes ao modelo relativo à variação do índice relativo de área foliar (IAFr) para as três épocas (E) de semeadura e para os três híbridos (Hb) utilizados.

E	Hb	r^2	F	Parâmetros ¹				
				a	b	c	d	f
1	I	0,9532	20,4**	-16,4650	140,0548	16,7926	-62,2499	78,7181
	II	0,9376	15,0**	-29,4271	-285,4774	-63,3116	156,4586	-127,0109
	III	0,9404	15,8**	-18,8942	50,4114	-0,1556	-16,2593	35,1538
2	I	0,9795	35,8**	-35,5771	-414,8687	-88,9014	223,9937	-188,4068
	II	0,9775	43,4**	-42,1355	-591,1401	-122,7052	315,0866	-272,9196
	III	0,9804	37,6**	-24,6181	-40,8023	-18,4103	31,8717	-7,2489
3	I	0,9718	25,8**	-49,1764	-811,5742	-164,7571	428,6039	-379,4015
	II	0,9649	27,5**	-38,0571	-575,4004	-118,3638	305,4237	-267,3474
	III	0,9759	30,4**	-39,0898	-492,4883	-104,1913	264,4142	-225,3087

¹ Parâmetros determinados utilizando o software TableCurve 2D (Jandel Scientific, 1994).

** Significativo ao nível de probabilidade de 1%.

4.15.6 Diâmetro do colmo

Na Figura 12, observa-se que o diâmetro do colmo relativo cresce rapidamente até o valor de GDr igual a 0,3, estabilizando-se em valor de GDr igual a 0,4 com uma pequena tendência de redução, o que poderá implicar na utilização das reservas do colmo pela planta.

O coeficiente de determinação e o valor do F, apresentados na Tabela 50, mostram que a aderência do modelo aos dados é altamente significativa para os três híbridos nas três épocas de semeadura.

Figura 12. Diâmetro relativo do colmo em função do número relativo de graus-dias para:
 (A) híbrido I na época 1, (B) híbrido II na época 1, (C) híbrido III na época 1,
 (D) híbrido I na época 2, (E) híbrido II na época 2, (F) híbrido III na época 2,
 (G) híbrido I na época 3, (H) híbrido II na época 3, e (I) híbrido III na época 3,

Tabela 50. Coeficiente de determinação (r^2), valor F e parâmetros empíricos (a, b, c, d) referentes ao modelo relativo à variação do diâmetro do colmo relativo (Dr) para as três épocas (E) de semeadura e para os três híbridos (Hb) utilizados.

E	Hb	r^2	F	Parâmetros ¹			
				a	b	c	d
1	I	0,9931	241,5**	0,9899	0,4822	0,0617	138,7806
	II	0,9953	354,5**	0,9797	0,3961	0,0532	67,9241
	III	0,9850	109,8**	0,9465	0,4163	0,0568	61,2463
2	I	0,9960	335,1**	0,9686	0,4174	0,0403	388,2918
	II	0,9981	878,4**	0,9718	0,4923	0,0369	9112,8528
	III	0,9991	1480,1**	0,9882	0,4567	0,0350	3826,7368
3	I	0,9980	664,4**	1,0135	0,3885	0,0492	67,0579
	II	0,9969	534,3**	0,9845	0,4276	0,0497	169,0888
	III	0,9959	324,6**	0,9807	0,4318	0,0516	110,6156

¹ Parâmetros determinados utilizando o software TableCurve 2D (Jandel Scientific, 1994).

** Significativo ao nível de probabilidade de 1%.

4.15.7 Altura da planta

Observa-se na Figura 13 que os dados se ajustaram bem ao modelo proposto. Em todos os híbridos e épocas de semeadura, a máxima altura foi atingida em GDr igual a 0,5; o qual corresponde ao estágio caracterizado como florescimento (estádio 5).

Na Tabela 51 é apresentado o coeficiente de determinação e o valor de F, refletindo a aderência do modelo para todas as situações estudadas.

Figura 13. Altura relativa da planta em função do número relativo de graus-dias para: (A) híbrido I na época 1, (B) híbrido II na época 1, (C) híbrido III na época 1, (D) híbrido I na época 2, (E) híbrido II na época 2, (F) híbrido III na época 2, (G) híbrido I na época 3, (H) híbrido II na época 3, e (I) híbrido III na época 3,

Tabela 51. Coeficiente de determinação (r^2), valor F e parâmetros empíricos (a, b, c, d, f) referentes ao modelo relativo à altura relativa (Hr) da planta para as três épocas (E) de semeadura e para os três híbridos (Hb) utilizados.

E	Hb	r^2	F	Parâmetros ¹				
				a	b	c	d	f
1	I	0,9996	2601,4**	-0,1106	1,0973	0,3284	0,0328	0,1593
	II	0,9987	765,7**	-0,0703	1,0549	0,3321	0,0518	0,3135
	III	0,9989	880,9**	-0,0512	1,0292	0,3301	0,0291	0,1921
2	I	0,9999	10051,6**	-0,1587	1,1570	0,3143	0,0151	0,0631
	II	0,9985	671,6**	-0,1756	1,1462	0,2814	0,0322	0,1378
	III	0,9994	1199,2**	-0,1620	1,1663	0,3155	0,0238	0,0964
3	I	0,9962	196,3**	-0,1787	1,1344	0,2938	0,0192	0,0772
	II	0,9990	971,2**	-0,1465	1,1184	0,2894	0,0060	0,0285
	III	0,9990	971,2**	-0,1465	1,1184	0,2894	0,0060	0,0285

¹ Parâmetros determinados utilizando o software TableCurve 2D (Jandel Scientific, 1994).

** Significativo ao nível de probabilidade de 1%.

5 CONCLUSÕES

Em função dos resultados obtidos, pode-se concluir que a equação referente à estimativa do rendimento de grãos, bem como os modelos estatísticos extrapoláveis, são utilizáveis para o que foram propostos.

Concluiu-se, ainda, que há uma temperatura média do ar correspondente ao máximo rendimento de grãos, e que os estádios fenológicos da cultura podem ser previstos através do conhecimento prévio da série histórica de temperatura da localidade e da soma calórica requerida pelo material genético para atingir o ponto de maturidade fisiológica.

ANEXO

Anexo 1. Temperatura do ar durante a realização do experimento.

dia	SET/97		OUT/97		NOV/97		DEZ/97		JAN/98		FEV/98		MAR/98		ABR/98	
	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min
1	31,8	10,6	23,8	19,2	35,6	19,8	28,4	18,4	34,4	17,8	36,4	21,6	34,4	22,2	29,0	20,4
2	31,6	10,2	29,4	17,4	34,6	20,8	28,0	20,0	34,8	20,2	34,6	21,6	33,6	21,8	24,6	18,2
3	31,8	10,2	24,0	14,0	32,6	21,6	30,2	18,4	32,4	21,0	34,4	20,8	32,0	20,8	23,8	16,0
4	33,4	14,6	27,8	13,4	28,8	20,8	23,6	19,2	31,2	20,5	35,0	20,2	33,8	19,8	24,2	14,4
5	33,2	14,8	24,0	13,4	30,8	20,2	31,6	18,4	33,0	20,6	33,8	20,8	33,6	20,6	25,0	13,0
6	27,0	13,4	30,6	17,4	32,6	21,2	33,0	17,4	34,6	21,6	33,6	21,8	33,6	20,2	27,8	14,0
7	30,4	12,8	22,6	16,8	32,2	21,2	28,2	19,6	32,0	20,6	32,8	20,4	33,8	19,8	28,4	14,2
8	33,4	12,0	26,0	17,0	31,4	20,8	31,4	20,4	23,0	20,8	31,8	21,4	34,6	20,4	27,0	16,9
9	37,8	12,6	32,2	17,6	34,8	20,2	32,8	18,8	23,0	18,8	33,6	21,0	34,0	19,8	28,2	18,0
10	28,8	16,6	33,6	15,6	36,2	21,2	31,6	18,2	25,0	18,6	34,2	20,8	34,4	19,8	28,8	20,0
11	21,4	14,8	34,6	17,4	37,4	18,2	30,6	18,0	31,8	17,6	29,8	20,2	32,4	21,0	31,0	19,2
12	24,6	14,2	34,0	19,8	35,0	21,2	31,8	19,4	33,9	20,0	24,4	19,4	30,8	19,2	31,2	20,4
13	34,6	13,2	35,0	17,8	36,2	19,2	33,0	18,8	31,6	19,4	23,6	18,8	31,2	20,8	31,2	20,2
14	23,4	19,6	31,6	18,2	33,8	20,0	32,6	19,6	31,2	20,0	27,4	18,8	32,6	19,6	30,8	20,2
15	23,6	16,8	36,0	18,6	27,6	19,0	27,8	20,4	28,2	20,8	28,4	20,6	27,0	19,6	32,6	18,2
16	24,6	14,8	23,2	18,6	30,6	18,6	30,8	19,8	28,2	20,2	23,0	20,0	25,6	18,8	33,2	18,2
17	27,0	15,2	22,2	16,0	31,0	20,0	22,4	18,4	31,0	17,4	28,0	19,8	24,0	17,0	32,6	19,8
18	26,8	11,2	23,0	14,8	26,4	20,2	28,0	19,0	33,8	18,0	31,6	20,0	26,2	18,2	26,6	18,8
19	29,0	15,6	27,6	15,4	23,0	18,4	32,2	17,8	30,8	18,8	34,0	18,6	30,0	19,4	28,0	13,8
20	27,6	14,8	23,6	17,6	29,0	15,6	33,2	18,4	32,8	19,2	33,2	18,0	32,4	18,8	27,6	9,6
21	22,6	16,6	22,6	17,4	33,6	18,2	33,2	18,8	33,6	17,4	34,4	18,8	31,2	20,8	23,6	18,2
22	25,2	16,0	25,6	17,4	31,8	19,6	35,0	19,4	34,0	18,0	31,6	19,6	28,4	19,4	30,8	18,8
23	25,4	15,8	26,8	16,8	31,0	20,6	35,6	19,8	34,8	18,8	32,6	20,2	30,2	20,8	31,4	17,4
24	33,2	15,0	30,6	15,8	32,0	20,0	35,8	21,0	34,0	21,6	31,0	21,0	31,8	19,0	32,0	18,6
25	28,6	16,6	28,4	16,6	28,2	19,8	33,8	21,4	32,8	21,6	31,0	20,8	30,8	20,6	29,2	17,6
26	20,0	16,2	28,4	18,2	27,8	19,8	33,6	20,0	33,8	20,8	31,6	21,6	27,4	18,4	25,2	19,0
27	23,6	16,2	28,4	16,2	29,6	20,2	34,8	20,8	35,6	20,4	31,8	22,4	25,8	18,8	27,8	17,4
28	32,4	10,4	33,2	16,6	22,8	17,6	35,2	21,2	36,2	22,2	33,0	21,4	30,6	18,0	25,4	19,0
29	31,6	17,4	35,0	17,4	28,0	15,0	34,0	20,6	33,6	20,0			30,6	19,2	28,4	19,0
30	27,0	18,6	33,4	19,2	27,0	16,6	35,0	21,2	34,8	20,8			27,8	20,8	26,8	14,4
31			31,2	21,0			33,8	20,4	35,4	21,2			30,6	20,8		

Anexo 2. Precipitação (mm) durante a realização do experimento.

DIAS	Set/97	Out/97	Nov/97	Dez/97	Jan/98	Fev/98	Mar/98	Abr/98	Mai/98
1				5,0	0,4	7,0		13,6	
2				9,0	10,0		12,4	1,2	
3			4,6	2,0	9,0	56,2	1,0		26,4
4				17,0		4,0			23,3
5	2,6				2,5				
6		1,4			11,0	2,6			
7			0,5	1,0	24,5				
8					6,0	13,2		5,0	
9					2,5	11,8	0,5	1,0	
10						17,8			
11					6,0	3,7	11,6		
12			4,4	2,6	10,0	0,7			
13	5,4			10,2	2,4	32,4			
14	8,6		30,8	5,4	1,0	3,2	20,4		
15	8,4	4,7	41,3	10,2	5,4	9,4	0,6		
16		4,3	5,2	0,6	14,0	23,7			
17			33,4	4,6	7,0	15,5		0,2	
18			12,0	26,6				7,0	
19			1,0			32,0			
20	18,8	16,4		5,6	2,0				
21		15,7	41,2	9,2	5,0	3,0	57,6		
22			8,4			0,8	11,0		
23			1,8			0,2			
24	4,0		4,2	2,8		5,0	8,0		
25	13,4	5,4		9,6	2,0	5,3			
26		12,6				0,4			8,0
27			29,0			6,4		2,4	5,8
28			26,0	21,0			22,8	4,2	
29	51,4						12,0	11,0	25,6
30		1,0							
31							0,5		
TOTAL	112,6	61,5	243,8	142,4	120,7	254,3	158,4	45,6	89,1

Retângulos: dias da semeadura correspondentes às épocas 1, 2 e 3.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALFONSI, R.R. Épocas de semeadura para a cultura do milho (*Zea mays* L.), no Estado de São Paulo, baseadas na probabilidade de atendimento hídrico em fases fenológicas críticas. Piracicaba, 1996. 141p. (Tese de Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- BERLATO, M. A; MATZENAUER, R.; SUTILI, V.R. Relação entre temperatura e o aparecimento de fases fenológicas do milho (*Zea mays* L.). **Agronomia Sulriograndense**, v.20, n.1, p.111-132, 1984.
- BERLATO, M.A.; SUTILI, V.R. Ecologia do milho: II. Determinação das temperaturas bases dos subpermodos emergência-pendoamento e emergência-espigamento de três cultivares de milho (*Zea mays*, L). In: REUNICO BRASILEIRA DO MILHO E SORGO, 11, Piracicaba, 1978, Anais. Piracicaba: ESALQ, 1978. p.523-527.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária. Departamento Nacional de Produção Vegetal. Divisão de Sementes e Mudanças. **Regras para Análise de Sementes**. Brasília, 1992. 365p.

BRUNINI, O.; BORTOLETO, N.; MARTINS, A. L. M.; LANDELL, M.G.A.; PEREIRA, J.C.V.N.A.; SORDI, G.; GALLO, P.B.; VILLELA, O.V.; CASTRO, J.L.; DUARTE, A.P.; KANTACK, R.A.D.; PAULO, E.M.; SAWASAKI, E.; MEREGE, W.H.; MIRANDA, L.T.; MIRANDA, L.E.C.; FUJIWARA, M.; ARRUDA, F.B. Épocas de plantio para o cultivo de milho safrinha no Estado de São Paulo. In: SEMINÁRIO SOBRE A CULTURA DO MILHO SAFRINHA, 3., Assis, 1995. **Resumos**. Assis: IAC, 1995. p.125-129.

CAMARGO, M.B.P. de; BRUNINI, O.; MIRANDA, M.A.C. de. Temperatura-base para o cálculo dos graus-dia para cultivares de soja em São Paulo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.22, n.2, p.115-121. 1987.

CARDOSO, M.J.; BASTOS, E.A.; ANDRADE JUNIOR, A S.; RODRIGUES, B.H.N. Uso de graus-dia para determinação do ciclo de cultivares de milho sob irrigação. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 21, Londrina, 1996. **Resumos**. Londrina: IAPAR, 1996. p.221.

CARDOSO, M.J.; MUNDSTOCK, C.M. Comparação de treze métodos de cálculo de unidades térmicas de desenvolvimento de milho (*Zea mays* L.) **Ciência e Cultura**, v.31, n.11, p.1278-1283, 1979.

CHASE, S.S.; NANDA, D.K. Number of leaves and maturity classification in *Zea mays* L. **Crop Science**, v.7, p.431-432, 1967.

COSTA, M.M.G. Aplicação de dois modelos de previsão de safra agrícola para a cultura de milho na microregião de Ribeirão Preto, SP. São Paulo, 1992, 198p. (Dissertação de Mestrado) - Instituto Astronômico e Geofísico, Universidade de São Paulo.

- COSTA, A.F.S. da. Influência das condições climáticas no crescimento e desenvolvimento de plantas de milho (*Zea mays* L), avaliadas em diferentes épocas de plantio. Viçosa, 1994. 109p. (Tese de Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.
- DURÃES, F.O.M. Fatores ecofisiológicos afetando o comportamento de milho em semeadura tardia (safrinha) no Brasil Central. Piracicaba, 1993. 91p. (Tese de Doutorado) Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- ENDRES, V.C.; MUNDSTOCK, C.M. Evolução da área foliar e duração do período de formação dos grãos de três híbridos de milho em duas épocas de semeadura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.24, n.4, p.455-9, 1989.
- FANCELLI, A.L. **Plantas alimentícias**: guia para aula, estudos e discussão. Piracicaba: ESALQ, Departamento de Agricultura, 1986. 13p.
- FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. Milho: ecofisiologia e rendimento. In: **TECNOLOGIA DA PRODUÇÃO DE MILHO**, 1, Piracicaba, 1997. **Trabalhos apresentados**. Piracicaba, 1997. p.157-170.
- FRANCIS, C.A.; RUTGER, J.N.; PALMER, A.F.E. A rapid method for plant leaf area estimation in maize. **Crop Science**, v.9, p.537-539, 1969.
- FUNDAÇÃO CARGILL. Sementes híbridas. Campinas, 1997. 103p.
- FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Recomendações técnicas para a cultura do milho no Estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, 1997. 140p. (Boletim Técnico, 4).

- GARCIA, B.I.L. Determinação de temperatura base e influência de variáveis climáticas na duração do ciclo e na produção do milho (*Zea mays* L.). Piracicaba, 1993. 81p. (Dissertação de Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- GOMES, J.; KARAZAWA, M. Como a planta de milho desenvolve. Circular IAPAR, n. 29, p.33-50, 1982.
- GOUDRIAAN, J.; LAAR, H.H. van. **Modelling potencial crop growth processes:** textbook with exercises. Dordrecht: Kluwer Academic, 1994. 238p. (Current Issues in Production Ecology, 2).
- HANWAY, J.J. Growth stages of corn (*Zea mays* L.). **Agronomy Journal**, v. 55, n. 5, p.487-92, 1963.
- HERRERA, G.G. Modelo agroclimático para a estimativa da produtividade do milho (*Zea mays* L.) na região de Lagunera – México. Viçosa. 1991, 55p. (Dissertação de Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.
- JONES, J.W.; KINIRY, J.R. CERES-Maize: A simulation model of maize growth and development. College Station, Texas A&M Univ. Press, TX. 1986. 194p.
- KIEHL, E.J. **Manual de edafologia**. Piracicaba: Editora Ceres, 1979. 264p.
- KÖEPPEN, W. **Climatologia**: con un estudio de los climas de la tierra. México, Fondo de Cultura Económica, 1948, 478p.

- LEAL, B.G. Caracterização da radiação, análise de crescimento e do desenvolvimento de milho (*Zea mays* L.) em três densidades de plantio. Viçosa, 1993. 55p. (Dissertação de Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.
- LIMA, M.G. de. Calibração e validação do modelo ceres-maize em condições tropicais do Brasil. Piracicaba, 1995. 119p. (Tese de Doutorado) Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- LIMA, M.G.; FANCELLI, A L. Requerimento de graus-dia, fenologia e rendimento do milho em duas épocas de semeadura. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 20., Goiânia, 1994. **Resumos**. Goiânia: ABMS, ENGOPA, CNPM/EMBRAPA, UFG, EMATER-GO, 1994. p.226.
- LIMA, T.S.O.; MOURA, G.M.; BRITO, P.F.A.; LODI, N.V. **Efeito de épocas de plantio na produção de cultivares de milho**. Rio Branco, EMBRAPA,UEPAE, Rio Branco, 1980. 4p. (Comunicado Técnico, 20).
- LOPES, N.F.; MAESTRI, M. Análise de crescimento e conversão de energia solar em populações de milho em Viçosa. **Ceres**, v.8, p.189-201, 1973,
- LOPES, N.F.; MAESTRI, M. Crescimento, morfologia, partição de assimilados e produção de matéria seca do milho (*Zea mays* L.) cultivado em três densidades populacionais. **Ceres**, v.28, p.268-288, 1981.
- LOPES, O.; LOPES, N.F. Análise de crescimento e conversão da energia solar em dois híbridos de milho (*Zea mays* L.). **Ceres**, v.24, p.289-296, 1977.

- MUNDSTOCK, C.M. Ciclo de crescimento e desenvolvimento de seis cultivares de milho em quatro épocas de semeadura. In: REUNIÃO BRASILEIRA DO MILHO, 8, Porto Alegre, 1970, **Anais**. Porto Alegre: Secretaria de Estado dos Negócios da Agricultura, 1970. p.18-29.
- NOLDIN, J.A; MUNDSTOCK, C.M. Rendimento de grãos e componentes de rendimento de três cultivares de milho em duas épocas de semeadura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.23, n.6, p.615-620. 1988.
- NUNES, J.G.O. Caracterização das fases fenológicas de três cultivares de milho, utilizando o conceito de graus-dia. Viçosa, 1986. 54p. (Dissertação de Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.
- NUSSIO, L.G. Cultura do milho para produção de silagem. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 4, Piracicaba, 1991, **Anais**. Piracicaba: FEALQ, 1991. p.59-168.
- OLIVEIRA, M.D.X. Comportamento da cultura do milho (*Zea mays* L.) em diferentes épocas de semeadura nas regiões centro e norte de Mato Grosso do Sul. Lavras, 1990. 90p. (Dissertação de Mestrado) - Escola Superior de Agricultura de Lavras.
- OLIVEIRA, M.D.X. de; SANTOS, M.X. dos; RAMALHO, M.A P. Rendimento de grãos de três cultivares de milho (*Zea mays* L.) de diferentes ciclos, em diversas épocas de semeadura, em duas localidades do Estado de Mato Grosso do Sul. **Ciência e Prática**, v.15, n.3, p.287-294, jul./set. 1991.
- OMETTO, J.C. **Registros e estimativas de parâmetros meteorológicos da região de Piracicaba, SP**. Piracicaba: FEALQ, 1989. 76p.

- PACHECO, C.A.P. **Considerações sobre época de semeadura para milho em Dourados, MS.** Dourados: EMBRAPA,UEPAE, Dourados, 1982. 9p. (Comunicado Técnico, 10).
- PEREIRA, A.R; MACHADO, E.C. **Análise quantitativa do crescimento de comunidade vegetal.** Campinas: Instituto Agrônômico, 1987. 33p. (IAC. Boletim Técnico, 114).
- PIMENTA, H.S. Modelo empírico, determinístico e dinâmico para estimar o acúmulo de matéria seca do feijoeiro comum. Piracicaba, 1998. 110p. (Tese de Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- PRETT, S. Comparison of seasonal thermal indices for measurement of corn maturity in a prairie environment. **Canadian Journal of Plant Science**, v.72, p.1157-1162. 1992.
- RAIJ, B. van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo.** 2, ed. Campinas: IAC, 1996. 285p. (IAC. Boletim Técnico, 100).
- RAIJ, B. van; QUAGGIO, J.A. **Métodos de análise de solo para fins de fertilidade.** Campinas: IAC, 1983. 31p. (IAC. Boletim, 81).
- SOUZA, F.R.S. de. Estabilidade de cultivares de milho (*Zea mays* L.) em diferentes épocas e locais de plantio de Minas Gerais. Lavras, 1989, 80p. (Dissertação de Mestrado) - Escola Superior de Agricultura de Lavras.

- TEIXEIRA, M. R. O. Efeito da população de plantas sobre o rendimento de grãos de milhos BR em diferentes épocas de semeadura. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 21., Londrina, 1996. **Resumos**. Londrina: IAPAR, 1996. p.222.
- THIMANN, K.V. **Senescence in plants**. Florida: CRC Press, 1983. 276p.
- VILLA NOVA, N.A.; PEDRO Jr, M.; PEREIRA, A R.; OMETTO, J.C. Estimativa de graus-dia acumulados acima de qualquer temperatura base, em função das temperaturas máxima e mínima. **Caderno de Ciências da Terra**, v.30, p.1-8, 1972.
- WARRINGTON, I.J.; KANEMASU, E.T. Corn growth to temperature and photoperiod. Leaf number. **Agronomy Journal**, v.75, p.762-766, 1983.