

14196  
MFN=7130

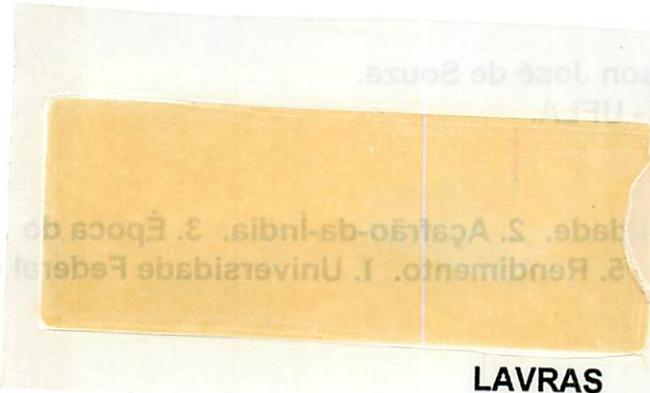
**ARTHUR BERNARDES CECÍLIO FILHO**

**ÉPOCA E DENSIDADE DE PLANTIO SOBRE A FENOLOGIA E O RENDIMENTO  
DA CÚRCUMA (*Curcuma longa* L.).**

Tese apresentada à Universidade Federal de  
Lavras, como parte das exigências do Curso de  
Doutorado em Agronomia, área de concentração  
em Fitotecnia, para obtenção do título de "Doutor".

**Orientador**

**Prof. ROVILSON JOSÉ DE SOUZA**



**LAVRAS**

**MINAS GERAIS - BRASIL**

**1996**

Ficha Catalográfica preparada pela seção de Classificação e Catalogação  
da Biblioteca Central da UFLA

**Cecílio Filho, Arthur Bernardes**

**Época e densidade de plantio sobre a fenologia e o rendimento  
da cúrcuma (*Curcuma longa* L.) /**

**Arthur Bernardes Cecílio Filho. -- Lavras : UFLA, 1996.**

**100 p.: il.**

**Orientador: Rovilson José de Souza.**

**Tese (Doutorado) - UFLA.**

**Bibliografia.**

**1. Cúrcuma - Densidade. 2. Açafrão-da-Índia. 3. Época de  
plantio. 4. Fenologia. 5. Rendimento. I. Universidade Federal de  
Lavras. II. Título.**

**CDD-584.21**

**-664.06**

ARTHUR BERNARDES CECÍLIO FILHO

ÉPOCA E DENSIDADE DE PLANTIO SOBRE A FENOLOGIA E O RENDIMENTO  
DA CÚRCUMA (*Curcuma longa* L).

Tese apresentada à Universidade Federal de  
Lavras, como parte das exigências do Curso de  
Doutorado em Agronomia, área de concentração  
em Fitotecnia, para obtenção do título de "Doutor".

APROVADA em 13 de dezembro de 1996

  
Prof. Dr. Valdemar Faquin

- co-orientador -

  
Prof. Dr. Vicente Wagner Dias Casali

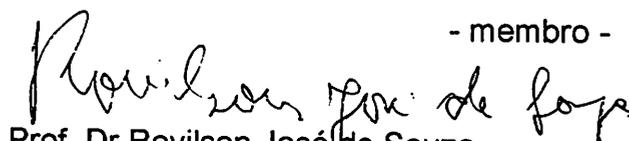
- membro -

  
Prof. Dra. Romy Goto

- membro -

  
Pesq. Dr. Odair Alves Bovi

- membro -

  
Prof. Dr. Rovilson José de Souza

- Orientador -

**A DEUS**

"... Toda glória; pois Dele, para Ele e por meio Dele são todas as coisas".

## **AGRADEÇO**

**A meus pais**

"O processo da construção do amanhã é uma parte de cada um dos dias que, de uma forma muito especial, vocês souberam estar presentes. Quando eu estiver colhendo os frutos e provando o seu gosto, não poderei esquecer da semente que possibilitou a mágica colheita. Vocês fazem parte da forma que gerou esta esperança".

À minha esposa Gislane, meus filhos Mariana e Arthur Neto e meus irmãos Adriano e Liliانا.

"Que no anonimato compartilharam com idéias, compreenderam-me e incentivaram-me, mesmo que no silêncio ou na distância, dividimos os méritos desta conquista".

**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras pela oportunidade de realizar este curso.

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

Ao professor Rovilson José de Souza pela sábia orientação, apoio e amizade, colaborando mais uma vez, de maneira marcante, na minha formação profissional e pessoal.

Ao professor Valdemar Faquin, pela confiança e apoio a mim depositados, ensinamentos e sobretudo pela amizade.

Ao professor Augusto Ramalho de Moraes pela orientação no planejamento e análises estatísticas.

Aos profissionais do Setor de Plantas Aromáticas e Medicinais, do Instituto Agrônomo de Campinas, pela realização de parte das análises laboratoriais deste experimento.

Aos professores do curso de pós-graduação pelos ensinamentos e auxílios prestados, em especial aos professores Wilson Roberto Maluf, Luis Antônio de Bastos Andrade e Messias José Bastos de Andrade.

Aos funcionários do Setor de Olericultura que sempre prestaram a contento seus serviços, colaborando com a realização deste trabalho.

Aos alunos de graduação, Carlos, Claudine, João, Márcio e Reginaldo, que em muito me auxiliaram na condução do trabalho.

Aos colegas de curso pelo agradável convívio, parceria e contribuições prestadas.

Aos meus familiares e a todos aqueles que participaram direta ou indiretamente na realização deste trabalho.

## **BIOGRAFIA**

ARTHUR BERNARDES CECÍLIO FILHO, filho de Arthur Bernardes Cecílio e Leila Boaventura Cecílio, nasceu em Uberaba, Minas Gerais, em 08 de julho de 1966.

Em julho de 1989, graduou-se Engenheiro Agrônomo pela Escola Superior de Agricultura de Lavras, em Lavras, MG.

Em janeiro de 1990 foi contratado pela empresa Carbopinus Ltda., em Uberlândia, MG, onde trabalhou como administrador.

Em março de 1992, retornou à Escola Superior de Agricultura de Lavras, selecionado para o curso de mestrado em Agronomia, área de concentração Fitotecnia/Olericultura, onde obteve após dois anos (fevereiro de 1994) o título de Mestre.

Selecionado para o curso de doutoramento em Agronomia, área de concentração em Fitotecnia/Olericultura, iniciou em março de 1994 concluindo-o na presente data, após dois anos e nove meses.

## SUMÁRIO

	página
LISTA DE QUADROS.....	viii
LISTA DE FIGURAS.....	x
RESUMO .....	xv
SUMMARY .....	xvii
1 - INTRODUÇÃO .....	1
2 - REVISÃO DE LITERATURA .....	3
2.1 - Generalidades .....	3
2.2 - Época de plantio.....	4
2.3 - Densidade de plantio .....	7
2.4 - Análise quantitativa de crescimento .....	9
2.5 - Marcha de absorção de nutrientes .....	10
3 - HIPÓTESES DE TRABALHO .....	12
4 - MATERIAL E MÉTODOS .....	13
4.1 - Localização do experimento .....	13
4.2 - Caracterização dos tratamentos, delineamento e unidade experimental .....	13
4.3 - Aspectos gerais da instalação e condução do experimento .....	15
4.4 - Características avaliadas .....	17
4.4.1 - Caracterização dos estádios fenológicos .....	17
4.4.1.1 - Período de crescimento vegetativo (PCV) .....	17
4.4.1.2 - Período de crescimento dos rizomas (PCRI) .....	18
4.4.2 - Ciclo vegetativo e período de desenvolvimento pós-emergência .....	18
4.4.3 - Fenologia .....	18
4.4.3.1 - Altura máxima da planta .....	18
4.4.3.2 - Máxima área foliar total da planta (AFT).....	19
4.4.3.3 - Máxima matéria seca da parte aérea (MSPA) da planta .....	19

4.4.3.4 - Máxima matéria seca dos perfilhos (MSPe).....	19
4.4.3.5 - Matéria seca dos rizomas (MSRi) .....	19
4.4.4 - Acúmulo máximo de nutrientes na matéria seca total da planta .....	19
4.4.5 - Produtividade de rizomas, por planta e por área .....	20
4.4.6 - Teor de curcumina nos rizomas e rendimento por área .....	20
4.4.7 - Marcha de absorção, exigência nutricional e exportação de nutrientes da combinação dos fatores que proporcionou maior produtividade de rizoma e do corante curcumina .....	20
<b>5 - RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>21</b>
5.1 - Caracterização dos estádios fenológicos .....	21
5.1.1 - Período de crescimento vegetativo (PCV) .....	21
5.1.2 - Período de crescimento dos rizomas (PCRi) .....	29
5.2 - Ciclo vegetativo e período de desenvolvimento pós-emergência .....	32
5.3 - Fenologia .....	34
5.3.1 - Altura máxima da planta .....	34
5.3.2 - Máxima área foliar total da planta (AFT) .....	36
5.3.3 - Máxima matéria seca da parte aérea (MSPA) da planta .....	42
5.3.4 - Máxima matéria seca dos perfilhos (MSPe) .....	44
5.4 - Matéria seca dos rizomas (MSRi) .....	48
5.5 - Acúmulo máximo de nutrientes na matéria seca total da planta .....	50
5.6 - Produtividade de rizomas, por planta e por área .....	65
5.7 - Teor de curcumina nos rizomas e rendimento por área.....	71
5.8 - Marcha de absorção, exigência nutricional e exportação de nutrientes da combinação dos fatores que proporcionou maior produtividade de rizoma e do corante curcumina.....	74
<b>6 - CONCLUSÕES .....</b>	<b>80</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>82</b>
<b>ANEXO .....</b>	<b>91</b>

## LISTA DE QUADROS

- QUADRO 1 Relação dos 12 tratamentos resultantes da combinação dos fatores época e espaçamento entre plantas, na linha de plantio. Lavras - MG, 1994..... 14
- QUADRO 2 Resultado da análise química do solo, referente à área do experimento. Lavras, MG, 1994..... 16
- QUADRO 3 Médias originais de produção de MSPA (g/planta) e taxa de crescimento relativo (TCR, em %), dos tratamentos avaliados, em função do ciclo (dias após o plantio) da cúrcuma. Lavras - MG, 1996..... 23
- QUADRO 4 Evolução da matéria seca de rizomas (gramas por planta) de cúrcuma, no decorrer do ciclo (dias após o plantio), em função dos tratamentos avaliados. Lavras - MG, 1996..... 31
- QUADRO 5 Período de perfilhamento (Início, final e extensão) e acúmulos médios e máximos de MSPe (em gramas/planta), em função das épocas de plantio da cúrcuma. Lavras-M.G., 1996..... 46
- QUADRO 6 Temperatura média e graus-dia ocorridos nos períodos de perfilhamento da cúrcuma, nas diferentes épocas de plantios avaliadas. Lavras-M.G., 1996..... 48

QUADRO 7	Extração total e exportação de macronutrientes (kg/ha) e micronutrientes (g/ha) e percentagem da extração que foi exportada pela cultura da cúrcuma, para a máxima produção, por hectare, de rizoma e curcumina. Lavras, MG, 1996.....	78
----------	--	----

## LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1** Precipitação, temperaturas médias, mínimas e máximas ocorridos durante o período experimental. Lavras - MG, 1996..... 17
- FIGURA 2** Efeito da época de plantio (0, 30, 60 e 90 dias correspondem, respectivamente, aos plantios em 20/OUT, 20/NOV, 20/DEZ e 20/JAN) sobre o aparecimento do primeiro perfilho na planta de cúrcuma. Lavras - MG, 1996..... 22
- FIGURA 3** Acúmulo de MSPA, MSPe e produção de rizomas pela cúrcuma, durante seu ciclo (dias após o plantio - d.a.p.), em função da época e densidade de plantio. Lavras-MG, 1996..... 25 e 26
- FIGURA 4** Época (dias após o plantio) do ciclo da planta de cúrcuma em que o máximo de matéria seca da parte aérea (MSPA) foi atingido, em função das épocas de plantios avaliadas (0, 30, 60 e 90 dias correspondem, respectivamente, aos plantios de 20/OUT, 20/NOV, 20/DEZ e 20/JAN). Lavras-MG, 1996..... 27
- FIGURA 5** Efeito da época de plantio (0, 30, 60 e 90 dias correspondem, respectivamente, aos plantios de 20/OUT, 20/NOV, 20/DEZ e 20/JAN) sobre o início (dias após o plantio) do período de desenvolvimento do rizoma (PCRi). Lavras - MG, 1996..... 30

- FIGURA 6 Influência da época de plantio (0, 30, 60 e 90 dias correspondem, respectivamente, aos plantios de 20/OUT, 20/NOV, 20/DEZ e 20/JAN) sobre a extensão do ciclo (dias após o plantio) e período de desenvolvimento pós emergência (PDPE, em dias após a emergência) da cúrcuma. Lavras - MG, 1996..... 32
- FIGURA 7 Altura (cm) máxima da planta de cúrcuma, em função das épocas de plantio avaliadas (0, 30, 60 e 90 dias após o primeiro plantio correspondem, respectivamente, aos plantios de 20/OUT, 20/NOV, 20/DEZ e 20/JAN). Lavras - MG, 1996..... 35
- FIGURA 8 Valores máximos de área foliar total (AFT), em cm<sup>2</sup>/planta de cúrcuma, para os plantios de 20/OUT, 20/NOV, 20/DEZ e 20/JAN, em função dos espaçamentos empregados entre plantas, na linha de plantio. Lavras - MG, 1996..... 37
- FIGURA 9 Época (dias após o plantio) do ciclo da planta de cúrcuma em que o máximo de área foliar (AFT) foi atingido, em função das épocas de plantios avaliadas (0, 30, 60 e 90 dias correspondem, respectivamente, aos plantios de 20/OUT, 20/NOV, 20/DEZ e 20/JAN). Lavras-MG, 1996..... 38
- FIGURA 10 Época do ciclo (dias após o plantio) da planta de cúrcuma em que o máximo valor do índice de área foliar (IAF) foi atingido, em função das épocas de plantios avaliadas (0, 30, 60 e 90 dias correspondem, respectivamente, aos plantios de 20/OUT, 20/NOV, 20/DEZ e 20/JAN). Lavras-MG, 1996..... 41

- FIGURA 11** Valores máximos de matéria seca da parte aérea (MSPA, em gramas) por planta de cúrcuma, para os plantios de 20/OUT, 20/NOV, 20/DEZ e 20/JAN em função dos espaçamentos empregados entre plantas, na linha de plantio. Lavras - MG, 1996..... 43
- FIGURA 12** Valores máximos de matéria seca de perfilhos (MSPe, em gramas) por planta de cúrcuma nos plantios de 20/OUT, 20/NOV, 20/DEZ e 20/JAN, em função dos espaçamentos empregados entre plantas, na linha de plantio. Lavras - MG, 1996..... 45
- FIGURA 13** Efeito da época de plantio (0, 30, 60 e 90 dias após o primeiro plantio correspondem, respectivamente, aos plantios de 20/OUT, 20/NOV, 20/DEZ e 20/JAN) sobre a altura (cm) da planta de cúrcuma, no início da etapa de perfilhamento. Lavras - MG, 1996..... 47
- FIGURA 14** Matéria seca de rizomas (MSRi, em gramas) por planta de cúrcuma, nos plantios de 20/OUT, 20/NOV, 20/DEZ e 20/JAN, em função dos espaçamentos empregados entre plantas, na linha de plantio. Lavras - MG, 1996..... 49
- FIGURA 15** Acúmulo de nitrogênio pela planta de cúrcuma, nos plantios de 20/OUT, 20/NOV, 20/DEZ e 20/JAN, em função dos espaçamentos empregados entre plantas, na linha de plantio. Lavras - MG, 1996..... 51
- FIGURA 16** Acúmulo de fósforo pela planta de cúrcuma, nos plantios de 20/OUT, 20/NOV, 20/DEZ e 20/JAN, em função dos espaçamentos empregados entre plantas, na linha de plantio. Lavras - MG, 1996..... 54

- FIGURA 17** Acúmulo de potássio pela planta de cúrcuma, nos plantios de 20/OUT, 20/NOV, 20/DEZ e 20/JAN, em função dos espaçamentos empregados entre plantas, na linha de plantio. Lavras - MG, 1996..... 56
- FIGURA 18** Acúmulo de cálcio pela planta de cúrcuma, nos plantios de 20/OUT, 20/NOV, 20/DEZ e 20/JAN, em função dos espaçamentos empregados entre plantas, na linha de plantio. Lavras - MG, 1996..... 57
- FIGURA 19** Acúmulo de magnésio pela planta de cúrcuma, nos plantios de 20/OUT, 20/NOV, 20/DEZ e 20/JAN, em função dos espaçamentos empregados entre plantas na linha de plantio. Lavras - MG, 1996..... 59
- FIGURA 20** Acúmulo de enxofre pela planta de cúrcuma, nos plantios de 20/OUT, 20/NOV, 20/DEZ e 20/JAN, em função dos espaçamentos empregados entre planta, na linha de plantio. Lavras - MG, 1996..... 60
- FIGURA 21** Acúmulo de boro pela planta de cúrcuma, nos plantios de 20/OUT, 20/NOV, 20/DEZ e 20/JAN, em função dos espaçamentos empregados entre plantas, na linha de plantio. Lavras - MG, 1996..... 62
- FIGURA 22** Acúmulo de zinco pela planta de cúrcuma nos plantios de 20/OUT, 20/NOV, 20/DEZ e 20/JAN, em função dos espaçamentos empregados, na linha de plantio. Lavras - MG, 1996..... 64
- FIGURA 23** Produção de rizomas de cúrcuma, em gramas por planta, nos plantios de 20/OUT, 20/NOV, 20/DEZ e 20/JAN, em função dos espaçamentos empregados entre plantas, na linha de plantio. Lavras - MG, 1996..... 65

- FIGURA 24 Produção de rizomas de cúrcuma, em kg/ha, nos plantios de 20/OUT, 20/NOV, 20/DEZ e 20/JAN, em função dos espaçamentos empregados entre plantas, na linha de plantio. Lavras - MG, 1996..... 69
- FIGURA 25 Teor (%) do corante curcumina nos rizomas da cúrcuma, em função da época de plantio (0, 30, 60 e 90 dias após o primeiro plantio, correspondem, respectivamente, aos plantios de 20/OUT, 20/NOV, 20/DEZ e 20/JAN). Lavras - MG, 1996..... 72
- FIGURA 26 Produção do corante curcumina, em kg/ha, nos plantios de 20/OUT, 20/NOV, 20/DEZ e 20/JAN, em função dos espaçamentos empregados entre plantas, na linha de plantio. Lavras - MG, 1996..... 73
- FIGURA 27 Marcha de absorção, em mg/planta, de nitrogênio (a), fósforo (b), potássio (c) e cálcio (d), pela cúrcuma durante o seu ciclo (dias após o plantio - d.a.p.). Lavras - MG, 1996..... 75
- FIGURA 27 (Cont.). Marcha de absorção, em mg/planta, de magnésio (e), enxofre (f), boro (g) e zinco (h), pela cúrcuma durante o seu ciclo (dias após o plantio - d.a.p.). Lavras - MG, 1996..... 76
- FIGURA 28 Acúmulo de MSPA e produção de rizomas por planta de cúrcuma, durante seu ciclo (dias após o plantio) do plantio em 20/NOV e espaçamento de 30 cm entre plantas..... 77

## RESUMO

CECÍLIO FILHO, Arthur Bernardes. Época e densidade de plantio sobre a fenologia e o rendimento da cúrcuma (*Curcuma longa* L). Lavras: UFLA, 1996. 100p. (Tese - Doutorado em Fitotecnia).

O experimento foi conduzido no período de outubro de 1994 a julho de 1995, na Universidade Federal de Lavras, em Lavras (MG), com objetivo de avaliar a resposta da cúrcuma às diferentes épocas e densidades de plantio, a fim de determinar a melhor combinação para maximização da produtividade e qualidade dos rizomas.

O delineamento experimental empregado foi o de blocos ao acaso, em esquema de parcelas sub-divididas, com três repetições. Os fatores avaliados foram: época de plantio (20/OUT, 20/NOV, 20/DEZ e 20/JAN) e espaçamento entre plantas na linha de plantio (20, 35 e 50 cm), totalizando 12 tratamentos.

Verificou-se efeito significativo do fator época de plantio sobre o ciclo da cultura, sendo de 270, 240, 210 e 180 dias, respectivamente, para os plantios de 20/OUT, 20/NOV, 20/DEZ e 20/JAN. Da mesma forma, foram influenciados os estádios de crescimento vegetativo e de rizomas. Observou-se também que foi no estágio de perfilhamento que ocorreu o maior incremento em valor absoluto na matéria seca da parte aérea, sendo considerado período chave para o sucesso da cultura. Nas características matéria seca da parte aérea (MSPA), e de perfilhos (MSPe) e área foliar total (AFT) houve interação significativa dos fatores em avaliação. O plantio em

---

\* Orientador: Prof. Dr. Rovilson José de Souza. Membros da Banca: Prof. Dr. Valdemar Faquin, Prof. Dr. Vicente Wagner Dias Casali, Pesq. Dr. Odair Alves Bovi e Prof<sup>a</sup>. Dra. Rummy Goto.

20/NOV superou significativamente as demais épocas de plantio na expressão das características citadas. Com o atraso no plantio, menores valores foram observados. Com relação aos acúmulos de nutrientes houve interação significativa dos fatores avaliados. A produção de rizomas por planta expressou, com muita semelhança, as características de crescimento e acúmulo de nutrientes, alcançando-se 673,13 gramas por planta, no plantio de 20/NOV e espaçamento de 36,6 cm. Entretanto, a máxima produção de rizomas por área (24.678,82 kg/ha) foi conseguida no próprio plantio de 20/NOV porém, no espaçamento de 30 cm entre plantas, espaçamento este que proporcionou também o maior índice de área foliar (2,3). O teor de curcumina foi influenciado significativamente pelo fator época de plantio, verificando-se uma redução linear do teor do corante à medida em que o plantio foi atrasado. Também observou-se redução linear do rendimento do corante para os plantios de 20/OUT, 20/DEZ e 20/JAN à medida em que maiores foram os espaçamentos adotados. Entretanto, para o plantio de 20/NOV, o rendimento foi maximizado quando do emprego de 30 cm entre plantas, assim como constatado para a produtividade de rizomas por área.

A extração de N, P, K, Ca, Mg, S, B e Zn, para a máxima produtividade de rizomas e curcumina foi, respectivamente, de 111,83, 21,04, 95,08, 37,03, 29,78, 3,06, 0,04 e 0,42 kg/ha e a exportação de nutrientes pela cúrcuma, correspondentes a 109,66, 18,94, 84,28, 13,02, 17,87, 2,92, 0,02 e 0,328 kg/ha.

## SUMMARY

### PLANTING DATE AND DENSITY UPON THE PHENOLOGY AND YIELD OF TURMERIC (*Curcuma longa* L.)

A field experiment was conducted over the period of October, 1994 to July, 1995 at the Universidade Federal de Lavras, in Lavras (MG), with a view to knowing the response of turmeric to different times and densities of planting in order to establish the best combination for maximization of both the quality and yield of rhizomes..

The experimental design used was randomized blocks, in split plot, with three replications. The factors evaluated were: planting date (20<sup>th</sup>/Oct., 20<sup>th</sup>/Nov., 20<sup>th</sup>/Dec., 20<sup>th</sup>/Jan.) and plant spacing on the planting line (20, 35 and 50 cm) amounting to 12 treatments.

Significant effect of the factor planting date over the crop cycle was observed, being of 270, 240, 210 and 180 days, respectively, for the plantings of 20<sup>th</sup>/Oct., 20<sup>th</sup>/Nov., 20<sup>th</sup>/Dec., 20<sup>th</sup>/January. In the same way, the growth stages both vegetative and rhizomes, were influenced. It was also observed that it was in tillering stage which occurred the greatest increase in absolute value in the dry matter of the aerial part, being considered a key period for the success of the crop. In the characteristics, dry matter of the aerial part (DMAP) and of tillers (DMT) and total leaf area (TLA) there was a significant interaction of the factors under evaluation. The planting on 20<sup>th</sup>/Nov significantly overcame the other planting dates in the expression of the traits quoted. With delayed planting, lower values were found. As regards as the accumulations of nutrients, there was a significant interaction of the factors assessed.

Rhizome production per plant showed with a great deal of resemblance the growth characteristics and nutrient accumulation, reaching 673,13 grams per plant, in the 20<sup>th</sup>/Nov planting and 36,6 cm spacing. However, the maximum rhizome yield per area (24.678,84 kg/ha) was obtained in the 20<sup>th</sup>/Nov planting itself but in the 30 cm plant spacing, spacing which provided also the greatest leaf area index (2.3).

Curcumin content was significantly influenced by the factor planting time, a linear reduction of the content of the dye being verified as the planting was delayed. A linear reduction of the yield of the dye was also found for the following plantings: 20<sup>th</sup>/Oct., 20<sup>th</sup>/Dec., 20<sup>th</sup>/Jan as larger spacings were employed. Nevertheless, for the 20<sup>th</sup>/Nov planting, the yield was maximized when of the use of 30 cm between plants, as well as found for rhizome yield per area.

Extraction of N, P, K, Ca, Mg, S, B e Zn for the maximum yield of rhizomes and curcumin was, respectively, of 111,83, 21,04, 95,08, 37,03, 24,78, 3,06, 0,04 and 0,42 kg/ha, and nutrient export by turmeric were 109,66, 18,94, 84,28, 13,02, 17,87, 2,92, 0,02 and 0,328 kg/ha.

## 1 - INTRODUÇÃO

A cúrcuma (*Curcuma longa* L.) produtora de rizomas tradicionalmente conhecidos no mercado internacional como "turmeric", é considerada uma preciosa especiaria, por compor famosos temperos, entre eles o "curry" (Duarte, Bovi e Maia, 1989).

Entretanto, com a proibição do uso de pigmentos sintéticos nos principais países da América do Norte e Europa (Maia, 1991 ; Rusig e Martins, 1992), recentemente tem sido vislumbrada a possibilidade de participação da espécie num atraente e crescente mercado de aditivos naturais de alimentos.

Além de sua substância corante - a curcumina, contém óleos essenciais de excelentes qualidades técnicas e organolépticas (Duarte, Bovi e Maia, 1989), que juntos possibilitam estender sua utilização aos mercados de perfumaria, medicinal, alimentício, condimentar, têxtil e outros.

O consumo mundial de cúrcuma no entanto, não é conhecido. Acredita-se, contudo, que a Índia é o maior produtor e consumidor, inclusive onde é realizada a maioria das pesquisas com a espécie.

No Brasil, a cúrcuma ainda tem pequena expressão econômica. Mara Rosa-GO é o município que apresenta o maior plantio comercial, com cerca de 150 hectares e produtividade média de 12 t/ha de rizomas, produção esta que se destina em quase sua totalidade às indústrias nacionais de corantes e alimentos. Entretanto, a exploração feita com baixa tecnologia tem dificultado o crescimento da área de cultivo (Açafrão..., 1994) e certamente, comprometido a produtividade.

Natural à qualquer espécie exótica ou de pequena exploração comercial que repentinamente experimenta maior interesse em seu cultivo, verifica-se grande

carência de informações técnicas na literatura nacional, o que este trabalho procura suprir em parte.

Neste sentido, os objetivos do trabalho foram:

- a) conhecer a resposta da cúrcuma às diferentes épocas e densidades de plantio, a fim de determinar a melhor combinação destes fatores para maximização da produtividade e qualidade de rizomas;
- b) conhecer a marcha de absorção, exigência nutricional e exportação de nutrientes pela cúrcuma, sob diferentes estímulos e/ou estresses ambientais de cultivo, a fim de dar subsídios às adubações tanto de plantio quanto de cobertura, bem como às futuras e necessárias pesquisas sobre a nutrição mineral da cúrcuma.

## 2 - REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 - Generalidades:

O açafrão da Índia (*Curcuma longa* L.) pertencente à família Zingiberaceae, classificado como planta condimentar, por vezes é confundido, no Brasil, com outra espécie, a *Crocus sativus* L., também denominada de açafrão, sendo esta no entanto, conhecida como o açafrão verdadeiro. Por este motivo, parece crescer no meio científico o consenso pela denominação da espécie *Curcuma longa* de cúrcuma ou curcuma. Não obstante, é comum deparar-se com a regionalização do nome comum da espécie, tais como as citadas por Maia *et al* (1995): açafroeira, açafrão-da-terra, açafrão-da-Índia, batatinha amarela, gengibre dourada, mangarataia.

A planta é do tipo herbácea, perene, originária do sudeste da Ásia, mais precisamente das encostas de morros de florestas tropicais da Índia. Introduzida no Brasil, é cultivada ou encontrada como sub-espontânea, em vários estados. Atinge em média 120 a 150 centímetros de altura em condições favoráveis de clima e solo. As folhas são grandes, oblongo-lanceoladas e obliquo-nervadas que emanam um perfume agradável quando amassadas. Possui pecíolos tão compridos quanto os limbos, que reunidos em sua base formam o pseudo-caule. O rizoma principal ou central é periforme, arredondado ou ovóide, com ramificações secundárias laterais, compridas, também tuberizadas (Hertwig, 1986).

A planta é propagada vegetativamente, utilizando-se de seus rizomas. Estes crescem agrupados no solo, abaixo do colo da planta, organizados numa estrutura normalmente denominada "mão", onde os rizomas menores, "dedos", agrupam-se ao

redor de um maior chamado "pião" (Maia, 1991). São os rizomas que representam o interesse econômico da cultura.

O comércio da cúrcuma é realizado por meio de pó de cúrcuma, obtido após seca e moagem dos rizomas, bem como na forma de oleoresinas e extratos de curcumina purificado (Martins e Rusig, 1992). Estas, entre outras características físico-químicas, diferenciam-se pela concentração do corante curcumina presente, sendo comercializadas oleoresinas com até 98% de corante\*. Conforme Takahashi (1987), o corante da cúrcuma consiste essencialmente de curcumina (1,7-bis-(4-hidroxi-3-metoxifenil) hepta-1,6-dien 3,5-diona) e seus derivados desmetoxilados em proporções variáveis.

A qualidade dos rizomas é caracterizada, principalmente, pela presença do corante curcumina na concentração de 2,8 a 8,0% e de 2,5 a 5,0% de óleos essenciais (Govindarajan, 1980). Somam-se também, outras substâncias com características anti-oxidante, anti-microbiana (Pruthi, 1980) e medicinal (Sugaya, 1992). Suas qualidades permitem que a cúrcuma seja empregada no mercado alimentício, como fonte de amido para confecção de bolos ou principalmente, como corante em macarrões, mostardas, sorvetes, queijos, ovos, salgadinhos tipo "chips", margarinas e carnes. Nestes dois últimos alimentos, além de conferir cor, a cúrcuma poderá, num futuro próximo, ser utilizada com finalidade anti-oxidante.

## 2.2 - Época de Plantio

Inúmeros trabalhos na literatura mencionam a importância de adequada época de plantio no desempenho agrônomo de várias espécies vegetais.

Culturas que têm em seus órgãos de reserva subterrâneos o interesse econômico, a indução e taxa de crescimento destes órgãos são fortemente influenciados pelos fatores ambientais (Marschner, 1990).

A definição da melhor época de plantio é função básica da localidade, da cultura a ser implantada e de fatores climáticos, especialmente, fotoperíodo e temperatura que

---

\* - Informação pessoal do responsável técnico da Christian Hansen Indústria e Comércio Ltda.

afetam a composição química de diversos órgãos da planta como por exemplo: teor de óleo, carboidratos, compostos nitrogenados, metabólitos fundamentais ao metabolismo vegetal (Alvarenga, 1987), síntese e atividade de enzimas (Salisbury e Ross, 1992), a divisão e expansão celular e a emissão de folhas (Mengel e Kirkby, 1987), que juntos definirão o potencial vegetativo e produtivo da planta.

Leopold e Kriedemann (1975) e Castro (1987) atribuem à radiação solar, fotoperíodo, temperatura, água, aeração e minerais do solo como os principais fatores ambientais que afetam o crescimento e o desenvolvimento do vegetal, atuando notadamente sobre a atividade fotossintética, respiração, enchimento de órgãos de reserva e absorção de minerais.

O fotoperíodo é um fator não só importante dentro do ponto de vista fisiológico, atuante em processos fotossintéticos e morfológicos de uma planta, como também do aspecto físico, pois propicia a distribuição diferencial da energia para um mesmo meio, ao longo do ano (Ometto, 1981).

A energia contida no meio que pode ser expressa pela temperatura do ar, é resultante do balanço energético que aí se estabelece. Tanto a temperatura do ar quanto a do solo afetam processos de crescimento e de desenvolvimento das plantas (Mota, 1983; Ortolani e Camargo, 1987).

Segundo Squire (1990) a temperatura afeta significativamente o tamanho, a taxa de crescimento e a duração do dossel fotossintético, aspectos estes, segundo Mota (1983) e Pereira e Machado (1987), decisivos sobre o potencial fotossintético, com reflexos diretos na produção econômica da planta.

Os processos fisiológicos nas plantas superiores ocorrem numa ampla faixa de temperatura, que dependendo de seus efeitos, pode representar tanto mudança qualitativa como quantitativamente, com as plantas manifestando-se diferentemente o seu desenvolvimento (Went, 1950; Holmes e Robertson, 1959).

A quantidade de calor acumulada durante o ciclo de uma cultura, pode ser expressa em graus-dia, conceito este introduzido por volta de 1730 por Reaumur (Goto, 1993). Segundo Holmes e Robertson (1959), um grau-dia pode ser definido como sendo a diferença entre a temperatura média diária e a temperatura base da

planta (temperatura crítica da planta, abaixo da qual cessam as atividades metabólicas), ou seja, o somatório do calor efetivo para o crescimento das plantas, acumulado durante o dia. Para a cúrcuma adota-se o valor de 10 °C, conforme Goto (1993).

O conhecimento da relação entre produção de rizomas e acúmulo de graus-dia durante o desenvolvimento da planta, pode auxiliar na predição da produtividade de rizomas, na adequação da melhor época de plantio e conforme Mota (1983), na caracterização de regiões climaticamente potenciais para o cultivo da cúrcuma. Obviamente, que a análise das temperaturas máximas e mínimas também é de grande importância, por influenciarem significativamente processos fisiológicos de fotossíntese e respiração, determinantes da quantidade líquida de fotossintatos a serem acumulados nos órgãos de reserva subterrâneos.

Reações bioquímicas que caracterizam os processos fisiológicos vitais dos seres vivos, significativamente influenciadas pela temperatura do ambiente, têm finalidades específicas nos estádios fenológicos da planta, devendo ser executadas na sua totalidade para estar completo cada um destes estádios. Assim, em um meio de alta energia, ocorre o aceleração dos processos bioquímicos e isso vêm antecipar a complementação dos estádios fenológicos da planta, em relação ao ambiente de baixa energia (Ometto, 1981).

Esta diferença de energia disponível à planta no meio, pode ser conseguida também através do manejo da época de plantio. O plantio mais antecipado e mais atrasado da cúrcuma contribui, respectiva e provavelmente, para o favorecimento e prejuízo nos processos de incremento da fitomassa e produção econômica. Jha, Sharma e Maurya (1983) relatam a importância de se fazer o plantio da cúrcuma tão logo os rizomas brotem a fim de maximizar a produtividade, pois o atraso no plantio torna mais curto o período de efetivo crescimento da parte aérea, devido às baixas temperaturas ocorridas no inverno.

Portanto, as diferenças observadas nas quantidades de compostos orgânicos produzidos e na taxa de crescimento da planta variam de acordo com o estresse

específico do local (Larcher, 1986) ou do sistema de cultivo, estresse este que pode, em grande parte, ser minimizado com o manejo da época de plantio.

De acordo com Squire (1990), a produção ou o incremento de um órgão de crescimento indeterminado é explicado pelo produto de três fatores: 1º) taxa térmica de expansão ( $\text{g} \cdot ^\circ\text{C}^{-1} \cdot \text{dia}^{-1}$ ); 2º) temperatura disponível à planta ( $^\circ\text{C}$ ) e 3º) idade da planta (dias). À este modelo pode-se, aparentemente, atribuir ao crescimento do rizoma de cúrcuma e a época de plantio estará influenciando diretamente sobre todos os três fatores.

Portanto, conforme Machado *et al* (1982), a planta é um integrador de estímulos ambientais, onde a produção econômica de uma cultivar ou espécie cultivada é a resposta ao somatório de todas as interações planta-ambiente.

Na literatura nacional, tem-se pequena informação sobre a melhor época de plantio da cúrcuma. Em cultivos realizados em Mara Rosa-GO, o plantio é realizado em outubro quando se inicia o período chuvoso (Açafrão..., 1994).

Goto (1993) verificou que para o município de São Manuel-SP (temperatura média anual de  $21^\circ\text{C}$ ) as melhores épocas para o plantio encontram-se no período de novembro a meados de dezembro.

### **2.3. Densidade de plantio**

Segundo Lucchesi *et al* (1976) e Larcher (1986), dos fatores do meio que podem influir na produtividade final, qualitativa e quantitativamente, a densidade de plantio é dos mais importantes e decisivos.

As pressões exercidas pela população de plantas afetam de modo marcante o seu próprio desenvolvimento. Quando estas populações aumentam por unidade de área, um ponto é atingido no qual cada planta começa a competir por alguns fatores essenciais de crescimento tais como nutrientes, água, luz; sendo denominado ponto de competição (Arismendi, 1975; Mendoza, 1982; Choairy e Fernandes, 1983), exercendo uma grande influência sobre a arquitetura e outras características, com reflexos na produtividade (Mondin, 1988 e Squire, 1990).

Geralmente, a densidade populacional de uma cultura é expressa em termos de índice de área foliar, citado por Magalhães (1979) como o melhor parâmetro para avaliar a densidade. Como uma regra, o rendimento da cultura aumenta até um valor ótimo de IAF, em média de 4 a 8, sendo que o valor exato conforme Mengel e Kirkby (1987), depende da espécie cultivada (tipo de folha, ângulo de inserção da folha), temperatura e fotoperíodo, que qualificam a época de plantio. Quando o índice de área foliar passa do valor ótimo, o auto sombreamento das folhas e do excesso de tecidos não fotossintetizantes (ou de pequena contribuição), consumidores de carboidratos através da respiração e crescimento, causam queda na produtividade (Mota, 1983).

Nas culturas, em geral, na fase inicial de crescimento até o estágio de completa interceptação da radiação solar pelas folhas, a taxa de produção de fotossintatos aumenta até um valor máximo em função do IAF. Quanto mais rápido a cultura atingir o IAF máximo e quanto mais tempo a área foliar permanecer ativa, maior será a produtividade da cultura (Castro, 1987).

De acordo com Marschner (1990), curvas de respostas de rendimento são resultantes de processo individual diferenciado, dado pelo incremento na densidade de plantas e fotossíntese líquida por unidade de área foliar (isto é, efeito fonte) ou incremento no órgão de reserva (ou seja, efeito dreno).

Larcher (1986) referindo-se ao rendimento por unidade de área do solo, relata que uma comunidade menos densa de plantas é menos produtiva do que uma de maior densidade. Entretanto, se as plantas estiverem muito próximas uma das outras e a folhagem se sobrepuser em grande extensão, a luz na maioria dos lugares sombreados não será mais suficiente para manter positivo o balanço de CO<sub>2</sub>. Consequentemente, o rendimento da cultura será reduzido.

Philip e Nair (1983), estudando várias características morfológicas e de produção de vários clones de cúrcuma, encontraram uma correlação positiva entre o comprimento e a largura da folha e o índice de área foliar com o rendimento da cultura. Também verificaram que o crescimento em altura da parte aérea e a quantidade de

folhas são muito úteis por promoverem melhor exposição ao sol, beneficiando a eficiência fotossintética e totalizando maiores rendimentos.

A densidade ideal de plantas de cúrcuma ainda não está bem definida. De acordo com Hertwig (1986), a cúrcuma deve ser plantada em covas distanciadas entre si de 20 a 40 centímetros e entre fileiras espaçamento de 30 a 70 centímetros. Martins e Rusig (1992) recomendam o plantio da cúrcuma em espaçamento de 1,0 metro entre linhas e 0,40 metro entre plantas na linha, enquanto Goto (1993), em seu trabalho sobre avaliação de melhores épocas de plantio e adubação fosfatada, adotou espaçamento de 40 cm entre linhas e 25 cm entre plantas na linha de plantio.

Por outro lado, trabalhos desenvolvidos na Índia sugerem, para aquelas condições de cultivo, maiores adensamentos. Ramachandran e Muthuswami (1984) constataram maior número de brotações (perfilhos) e, conseqüentemente, do rendimento por planta (0,31 kg) no maior espaçamento testado (50 x 22,5 cm). No espaçamento mais adensado (30 x 15 cm) obtiveram rendimento menor por planta (0,23 kg) porém, com produtividade por hectare quase 90% superior.

Philip (1985), avaliando a influência de densidades de plantio sobre o rendimento de rizomas de cúrcuma e suas características morfo-fisiológicas, verificou que maior desenvolvimento vegetativo e área foliar foram obtidos no maior espaçamento testado (30 x 30 cm). Entretanto, a melhor produtividade (kg/ha) foi conseguida no espaçamento de 25 x 25 centímetros.

Portanto, altos rendimentos dependem, em boa parte, da escolha correta da população de plantas por hectare que permita às plantas expressarem seu potencial genético (Vernetti Júnior e Vernetti, 1983), propiciando ao agricultor um maior retorno econômico (Choairy e Fernandes, 1983).

#### **2.4 - Análise quantitativa de crescimento**

A análise quantitativa de crescimento se constitui em mais uma ferramenta que, bem utilizada, é um complemento de grande utilidade na análise experimental no campo da fitotecnia. Ela torna-se muito importante nas pesquisas ligadas à produtividade vegetal, tanto com relação à características intrínsecas de uma

determinada espécie vegetal, quanto na avaliação da influência dos fatores ambientais ou técnicas sobre a espécie em questão (Lucchesi, 1984). É um método que descreve as condições morfo-fisiológicas da planta em diferentes intervalos de tempo, entre duas amostras sucessivas e se propõe a acompanhar a dinâmica da produção fotossintética, avaliada por meio da acumulação de matéria seca (Magalhães, 1979).

Durante o desenvolvimento do vegetal este apresenta diferentes períodos de crescimento, característicos a cada estágio e por isso, torna-se de fundamental importância avaliar os efeitos dos tratamentos (Lucchesi, 1984). Segundo o mesmo autor, os elementos necessários na utilização do método de análise quantitativa de crescimento são a matéria seca e a área foliar da planta em sucessivas épocas de amostragem. O peso da matéria seca é mais utilizado, pois determina o aumento do material acumulado na formação de um órgão ou planta toda, sem levar em consideração o conteúdo de água.

Segundo Magalhães (1979) e Ometto (1981), a determinação da área foliar é importante porque as folhas são as principais responsáveis pela captação de energia solar e pela produção de matéria orgânica por meio da fotossíntese. Se a superfície foliar é conhecida e a alteração do peso da planta durante certo período de tempo é calculada, torna-se possível avaliar a eficiência das folhas e sua contribuição para o crescimento do vegetal como um todo.

A análise de crescimento se baseia fundamentalmente no fato de que cerca de 90%, em média, da matéria seca acumulada pelas plantas ao longo de seu crescimento resulta da atividade fotossintética. O restante, não menos importante, trata-se da absorção de minerais do solo. Existe uma estreita relação entre os dois importantes processos fisiológicos do vegetal, de tal forma que deficiências em um prejudica o outro direta e/ou indiretamente (Benincasa, 1988).

## **2.5 - Marcha de absorção de nutrientes**

As quantidades dos nutrientes absorvidos pela espécie cultivada durante os diferentes estágios de desenvolvimento dependem entre outros fatores, das condições físico-químicas do solo, da concentração e disponibilidade destes nutrientes no solo,

água, luz e temperatura, que direta e/ou indiretamente atuam sobre os processos fisiológicos.

Segundo Malavolta (1980), durante o desenvolvimento de uma cultura, a extração de nutrientes não se faz nas mesmas proporções durante os vários estádios das plantas, pois a curva que descreve a marcha de absorção é, em geral, uma sigmóide.

Curvas de absorção de nutrientes e acumulação de matéria seca, em função da idade da planta, possibilitam conhecer o período ou períodos de maior acumulação dos nutrientes e produção de matéria seca, obtendo-se informações seguras quanto às épocas mais convenientes de aplicação de fertilizantes (Schimann, Neptune e Sabino, 1970; Sfredo, Sarruge e Haag, 1983; Rodriguez Filho, Godoy e Feitosa, 1986).

Existe uma correlação positiva frequentemente observada entre a taxa de fotossíntese líquida e conteúdo de nutrientes nas folhas (Mengel e Kirkby, 1987). Por isso, é importante se fazer paralelamente à análise quantitativa de crescimento, um estudo sobre a marcha de absorção de nutrientes, a fim de facilitar o entendimento sobre o comportamento da cultura e traçar um perfil para o balizamento de futuras pesquisas.

O estudo de balanços nutricionais completos acompanhados pela análise quantitativa de crescimento, assume um significado fisiológico especial quando procura estudar as etapas sucessivas de absorção de nutrientes e de sua utilização e redistribuição entre órgãos (Prevel, 1980 citado por Gomes, Haag e Nóbrega, 1988), constituindo-se em requerimentos básicos para o conhecimento da espécie e, conseqüentemente, estudos para a melhoria da produtividade.

### **3 - HIPÓTESES DE TRABALHO**

1 - Diferentes épocas e densidades de plantio determinam, em função dos estresses e/ou estímulos ambientais proporcionados, comportamentos fenológicos característicos à cada situação;

2 - O teor, o rendimento de curcumina e de rizomas, apresentam relação direta ao comprimento do ciclo e conseqüentemente, do período de desenvolvimento dos rizomas.

## **4 - MATERIAL E MÉTODOS**

### **4.1 - Localização do experimento**

O experimento foi conduzido no período de outubro de 1994 a julho de 1995, em um Latossolo Roxo, na área experimental do Setor de Olericultura, do Departamento de Agricultura, da Universidade Federal de Lavras. Lavras, cujas coordenadas geográficas são 21°14' Sul, 45°00' Oeste e altitude média de 910 metros (Castro Neto, Sedyama e Vilela, 1980), com base na classificação de Köppen, apresenta clima de transição entre Cwa e Cwb, com médias anuais de temperatura e precipitação, respectivamente, de 19,4 °C e 1529,7 mm (Brasil, 1992).

### **4.2 - Caracterização dos tratamentos, delineamento e unidade experimental**

Os tratamentos foram constituídos por quatro épocas de plantio (20/OUTUBRO, 20/NOVEMBRO, 20/DEZEMBRO e 20/JANEIRO) e três espaçamentos entre plantas na linha de plantio (20, 35 e 50 cm), perfazendo o total de 12 tratamentos (QUADRO 1).

O delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso, em esquema de parcelas sub-divididas, com três repetições. A área total do experimento foi de 1007,20 m<sup>2</sup>. Adotou-se espaçamento de 80 centímetros entre linhas de plantio.

A unidade experimental (sub-parcela) constituiu-se dos espaçamentos em avaliação, enquanto a parcela correspondeu ao fator época de plantio.

QUADRO 1. Relação dos 12 tratamentos resultantes da combinação dos fatores época e espaçamento entre plantas na linha de plantio. Lavras - MG, 1994.

TRATAMENTOS	DESCRIÇÃO CORRESPONDENTE	
	Época de plantio	X Espaçamento
1	20/OUT	20 cm
2	20/OUT	35 cm
3	20/OUT	50 cm
4	20/NOV	20 cm
5	20/NOV	35 cm
6	20/NOV	50 cm
7	20/DEZ	20 cm
8	20/DEZ	35 cm
9	20/DEZ	50 cm
10	20/JAN	20 cm
11	20/JAN	35 cm
12	20/JAN	50 cm

Cada sub-parcela teve sua dimensão estabelecida em função do número de coletas mensais de plantas a serem efetuadas durante a condução do experimento e o espaçamento empregado entre plantas. Portanto, para o plantio realizado em 20/OUT, foram realizadas nove coletas mensais, do período de plantio à colheita final. Por outro lado, no plantio em 20/JAN, somente seis coletas foram realizadas, uma vez que a colheita da cúrcuma, em Lavras, independente da época de plantio, ocorre em julho, devido à senescência da parte aérea da planta induzida por menores temperaturas do período. Em cada uma destas coletas foram retiradas seis plantas competitivas de cada sub-parcela, das quais foram obtidos dados sobre características de crescimento e marcha de absorção de nutrientes minerais.

A bordadura foi constituída por uma linha de plantio externa de cada sub-parcela, bem como das plantas imediatamente antecessoras à cada amostra de seis plantas coletadas mensalmente.

#### **4.3 - Aspectos gerais da instalação e condução do experimento**

Foi retirada amostra do solo (0 - 20 cm), do local do experimento, antes da sua instalação, sendo enviada para análise química e física no laboratório Instituto de Química "John H. Wheelock", do Departamento de Ciência do Solo/UFLA, cujos resultados encontram-se no quadro 2.

O preparo do solo constou de aração, gradagens e confecção das leiras (camalhões) de plantio de, aproximadamente, 40 cm de altura, espaçadas de centro a centro em 80 cm.

A adubação de plantio foi de 10,5 g/planta, do adubo formulado N-P-K-Ca-S com as respectivas concentrações dos nutrientes: 4-14-8-10-9. A adubação de cobertura foi realizada com 0,84 g de N/planta, aos 60 dias após emergência das plantas, na forma de sulfato de amônio. O plantio foi realizado com um rizoma-semente por cova, do tipo rizoma primário, de peso médio de cinco gramas, colocado a quatro centímetros de profundidade, aproximadamente.

Os rizomas-sementes a serem utilizados nos plantios sub-sequentes, foram armazenados em ambiente ventilado, protegidos da incidência de luz direta.

O material genético utilizado foi proveniente de produtores rurais de Paracatu-M.G. e multiplicado na área experimental do Setor de Olericultura/DAG/UFLA, não havendo denominação específica para o germoplasma.

Foram realizados tratos culturais necessários à cultura tais como: controle de plantas daninhas (capinas), irrigações (10 a 15 mm) a cada dois dias, pelo método de aspersão e reparos de leiras sempre que necessário.

A colheita final foi realizada quando as plantas apresentaram-se com a parte aérea completamente seca, o que ocorreu no dia 17 de julho de 1995, independente da época de plantio.

QUADRO 2. Resultado da análise química do solo, referente à área do experimento.

Lavras, MG, 1994.

Parâmetros	Valores
pH em água	5,5 AcM
Fósforo (mg/dm <sup>3</sup> )	54,0 A
Potássio (mg/dm <sup>3</sup> )	180,0 A
Cálcio (mmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	40,0 M
Magnésio (mmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	12,0 A
Alumínio (mmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	1,0 B
H + Al (mmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	29,0 M
Saturação por bases (%)	66,0 M
CTC efetiva (mmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	58,0 M
CTC a pH 7,0 (mmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	86,0 M
Saturação por alumínio (%)	2,0 B
Matéria orgânica (g/kg)	38,0 A
Areia (g/kg)	240,0
Limo (g/kg)	390,0
Argila (g/kg)	370,0
Enxofre (mg/kg)	44,5
Zinco (mg/kg)	23,3
Boro (mg/kg)	0,7

Obs: AcM = acidez média e A, M e B correspondem, respectivamente, a valores alto, médio e baixo dos parâmetros avaliados.

Na figura 1 são observadas as temperaturas mínimas, máximas e médias diárias e a pluviometria para o período experimental, obtidas na estação climatológica, da Universidade Federal de Lavras.

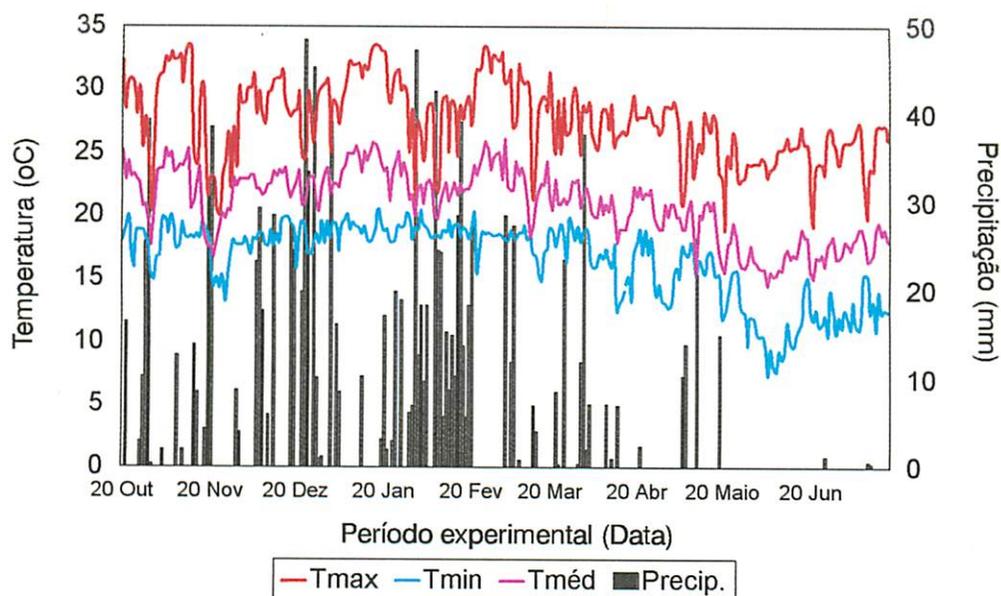


FIGURA 1. Precipitação, temperaturas médias, mínimas e máximas ocorridas durante o período experimental, segundo a estação climatológica da UFLA. Lavras - MG, 1995.

#### 4.4 - Características avaliadas.

##### 4.4.1) Caracterização dos estádios fenológicos:

**4.4.1.1) Período de crescimento vegetativo (PCV):** considerou-se o período desde o plantio dos rizomas-semente até atingir o máximo de matéria seca da parte aérea (MSPA), conforme também adotado por Goto (1993). As datas referentes ao ponto de máxima MSPA foram determinadas pelo uso de equações não lineares (Draper e Smith, 1981; Guimarães e Castro, 1986).

As curvas de crescimento para MSPA e matéria seca de perfilhos (MSPe) são apresentadas até 30 dias antes da colheita, quando a partir de então a queda na quantidade acumulada de MSPe e por conseguinte da MSPA foi muito acentuada, terminando com cerca de 2 a 3% do total de matéria seca da planta, inviabilizando adequar um modelo de crescimento.

**4.4.1.2) Período de crescimento dos rizomas (PCRi):** as avaliações, assim como para todas as outras características, foram realizadas a cada 30 dias após o plantio. Os dados observados foram submetidos à adequação em equações não lineares, conforme Draper e Smith (1981), Guimarães e Castro (1986). O período de crescimento dos rizomas (PCRi) compreendeu o período entre o momento em que a matéria seca de rizomas superou a matéria seca do rizoma-semente plantado (5 gramas rizoma fresco, ou seja, cerca de 1,09 gramas de matéria seca) até a colheita.

**4.4.2) Ciclo vegetativo (dias) e período de desenvolvimento pós-emergência (PDPE, dias):** determinados, respectivamente, pelo período compreendido entre o plantio dos rizomas e emergência das plantas à colheita final.

**4.4.3) Fenologia:** foi avaliada por meio das características abaixo discriminadas, obtidas mediante observações periódicas e regulares no campo, conforme metodologia de coleta de plantas descrita no item 4.2.

Para cálculo do calor efetivo disponível à planta para utilização, ou seja, para a determinação de graus-dia, foi adotado o modelo proposto por Holmes e Robertson (1959), sendo o valor resultado da diferença entre a temperatura média do ar ( $T_a$ ) e a temperatura base da planta. Esta temperatura base representa o valor crítico inferior para a espécie, a fim de não comprometer seu metabolismo. No presente trabalho, foi adotado o valor de 10 °C, também utilizado por Goto (1993). Entretanto, vale ressaltar que os valores encontrados serviram para dar suporte às discussões pois, conforme Holmes e Robertson (1959), a temperatura base de uma espécie é variável entre outros fatores (densidade de plantio, fertilidade do solo, temperatura e umidade do solo) e com o estágio fenológico da planta.

**4.4.3.1) Altura máxima da planta:** foi obtida pela medição da altura (cm) entre o colo da planta e a extremidade da folha mais alta estendida. Foram comparados valores máximos de altura da planta de cúrcuma, entre os tratamentos avaliados, independente da etapa do ciclo em que tais valores foram observados.

**4.4.3.2) Máxima área foliar total da planta (AFT):** foi utilizado o método de áreas conhecidas de lâminas (Benincasa, 1988). Para estimar a área foliar total da planta de cúrcuma ( $\text{cm}^2/\text{planta}$ ), utilizou-se de relações entre a matéria seca e a área do polígono amostrado e a matéria seca dos limbos foliares e 10% dos pseudo-caules da planta mãe e perfilhos (dossel fotossintético). Foram comparados os valores máximos de AFT da planta de cúrcuma, entre os tratamentos avaliados, independente da etapa do ciclo em que tais valores foram observados. Para estimativa do índice de área foliar, dividiu-se a área foliar apresentada pela planta ( $\text{cm}^2/\text{planta}$ ) pela área do solo disponível a cada planta ( $\text{cm}^2/\text{planta}$ ), em função do espaçamento empregado.

**4.4.3.3) Máxima matéria seca da parte aérea (MSPA) da planta:** folhas e pecíolos de toda a parte aérea da planta (planta-mãe e perfilhos) foram cortados periodicamente a cada 30 dias, rente aos rizomas, lavados e posteriormente, secos em estufa de circulação forçada de ar, a temperatura de 70 °C até alcançar peso constante, quando procedeu-se a pesagem. Da mesma forma que para altura e AFT, foram comparados valores máximos de MSPA da planta de cúrcuma, entre os tratamentos avaliados, independente da etapa do ciclo em que tais valores foram observados.

**4.4.3.4) Máxima matéria seca dos perfilhos (MSPe):** mesmo procedimento adotado para MSPA porém, com materiais somente referentes aos perfilhos.

**4.4.3.5) Matéria seca dos rizomas (MSRi):** para sua determinação a única diferença em relação à MSPA e MSPe foi a necessidade de fatiar os rizomas a fim de facilitar a secagem do material. Os valores comparados para discussão deste item, referem-se aos obtidos na colheita final.

**4.4.4) Acúmulo máximo de nutrientes na matéria seca total da planta:** o material foi obtido conforme apresentado no item 4.4.3.3. Após a pesagem, o material foi moído e enviado ao laboratório de análise foliar, do Departamento de Química/UFLA, para determinação dos teores dos nutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S, B e Zn), segundo

metodologia descrita por Malavolta, Vitti e Oliveira (1989). Pelo produto dos dados de concentração e com a matéria seca da parte aérea e de rizomas, foram calculadas as quantidades dos nutrientes acumuladas pela planta. Foram comparados valores máximos de acúmulo de cada nutriente, entre os tratamentos avaliados, independente da etapa do ciclo em que tais valores foram observados.

**4.4.5) Produtividade de rizomas, por planta e por área:** avaliou-se por meio de pesagem de rizomas frescos, a produtividade da planta, após a limpeza dos mesmos. A produtividade de rizomas por hectare, foi calculada levando-se em consideração o estande decorrente de cada espaçamento empregado.

**4.4.6) Teor de curcumina nos rizomas e rendimento por área:** o teor de curcumina foi determinado em laboratório do Instituto Agronômico de Campinas, Seção de Plantas Aromáticas e Medicinais. Foi extraída com etanol à quente e quantificada através de leitura em espectrofotômetro, segundo metodologia descrita pela Association... (1982). De posse dos dados, foram calculados os rendimentos do corante por planta e por área, levando-se em consideração a MSRi por planta e por área (estande), respectivamente.

**4.4.7) Marcha de absorção, exigência nutricional e exportação de nutrientes da combinação dos fatores que possibilitou maior produtividade de rizomas e de corante curcumina:** Na melhor época de plantio (20/NOV), foram obtidas curvas de regressão para cada época de coleta de dados (30, 60, 90, 120, 150, 180, 210 e 240 dias após o plantio) em função dos espaçamentos avaliados. Destas equações obteve-se os valores dos nutrientes correspondentes ao espaçamento de 30 centímetros entre plantas em que foi maximizada a produtividade dos rizomas e de curcumina, adequando-os, então, à equações não lineares de crescimento de plantas, proposto por Draper e Smith (1981) e Guimarães e Castro (1986).

## **5 - RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **5.1 - Caracterização dos estádios fenológicos:**

#### **5.1.1 - Período de crescimento vegetativo (PCV):**

O crescimento vegetativo da cúrcuma, compreendido entre o período que vai do plantio até o máximo de MSPA acumulada pela planta, caracterizou-se visualmente, por duas etapas: a do pré-perfilhamento e do perfilhamento.

A etapa do pré-perfilhamento, limitada pelo aparecimento do primeiro perfilho, mostrou sua extensão influenciada, significativamente, pelo fator época de plantio (Quadro 1A). Constatou-se que o início do perfilhamento ocorreu aos 120, 92, 87 e 85 dias após o plantio, respectivamente, para os plantios em 20/OUT, 20/NOV, 20/DEZ e 20/JAN. Portanto, o atraso no plantio promoveu o aparecimento mais precoce de perfilhos (Figura 2), determinando mais cedo o final da etapa de pré-perfilhamento e início da fase de perfilhamento.

Entretanto, é importante ressaltar que a grande diferença verificada entre a primeira época de plantio e as demais, pode ser explicada pelo longo período de emergência (40 dias) apresentado pelas plantas do plantio em 20/OUT, em comparação aos 15 dias observados quando do plantio em 20/NOV e dos 12 dias para os plantios efetuados em dezembro e janeiro. Neste raciocínio, embora sendo mantido o efeito significativo do fator época de plantio sobre o início do perfilhamento, se considerado somente o período transcorrido após a emergência das plantas, observou-se maior uniformidade para início do perfilhamento (74 a 80 dias) entre as épocas avaliadas.

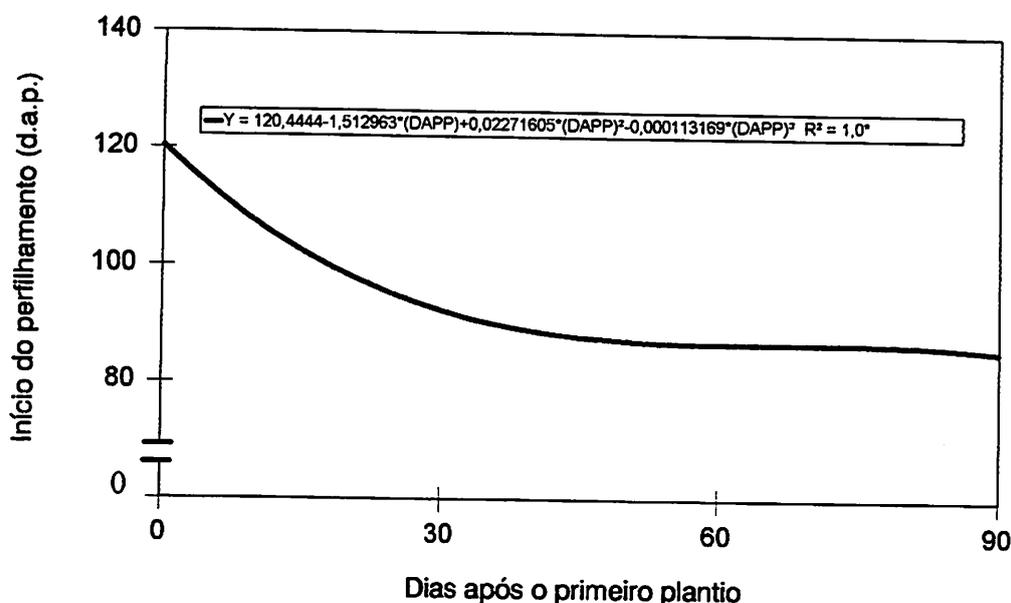


FIGURA 2. Efeito da época de plantio (0, 30, 60 e 90 dias correspondem, respectivamente, aos plantios em 20/OUT, 20/NOV, 20/DEZ e 20/JAN) sobre o aparecimento do primeiro perfilho na planta de cúrcuma. Lavras - MG, 1996.

Também foi observado que independente do tratamento, o crescimento da parte aérea foi lento no estágio de pré-perfilhamento. Em geral, ao final deste período, a produção de MSPA foi inferior a 15% do máximo obtido pela planta no decorrer do ciclo. Contudo, alcançou valores entre 25 a 32%, principalmente, nas plantas do plantio de 20/JAN. Esta diferença de comportamento pode ser facilmente compreendida pelo fato deste tratamento possibilitar às plantas uma produção de MSPA, significativamente menor, quando comparado às outras épocas avaliadas. Conseqüentemente, fez com que os valores de MSPA constatados nesta época de plantio fossem mais expressivos.

Por outro lado, embora no estágio de pré-perfilhamento tenham sido verificados pequenos incrementos em valores absolutos no crescimento das plantas, nota-se que estes corresponderam, muitas vezes, à altas taxas de crescimento relativo, conforme pode ser verificado no quadro 3, onde se observa a evolução da produção de MSPA pela planta no decorrer do ciclo (dias após o plantio). Portanto, paradoxalmente, verifica-se que são grandes os investimentos da planta, neste período, na constituição

da parte aérea, devendo-se atentar para as práticas culturais entre elas, o controle de plantas daninhas, irrigação e adubação, necessárias à sua maximização. Sem dúvida, a magnitude do crescimento exponencial que ocorrerá no período subsequente está condicionado, entre outros fatores, ao sucesso do período em questão.

QUADRO 3. Médias originais de produção de MSPA (g/planta) e taxa de crescimento relativo (TCR, em %), dos tratamentos avaliados, em função do ciclo (dias após o plantio) da cúrcuma. Lavras - MG, 1996 .

Ciclo	1		2		3		4		5		6	
	MSPA	TCR										
30	0,00	-	0,00	-	0,00	-	0,48	-	0,51	-	0,55	-
60	0,50	-	0,60	-	0,68	-	0,83	+72	1,07	+108	1,47	+167
90	1,15	+135	1,38	+120	1,15	+69	4,03	+384	4,15	+289	6,75	+358
120	5,12	+345	6,43	+365	3,72	+224	12,95	+221	12,80	+209	11,02	+63
150	10,58	+107	10,24	+59	9,41	+153	15,93	+23	19,23	+50	20,95	+90
180	15,93	+50	19,09	+88	18,62	+98	18,46	+16	49,31	+156	35,02	+67
210	14,44	-9	24,09	+25	20,12	+8	8,54	-54	23,21	-53	15,21	-56
240	0,27	-98	6,06	-75	3,10	-85	-	-	-	-	-	-

Obs: TCR = taxa de crescimento relativo. Corresponde ao incremento mensal, em %, na matéria seca da parte aérea (MSPA).

QUADRO 3 (continuação)

Ciclo	7		8		9		10		11		12	
	MSPA	TCR	MSPA	TCR	MSPA	TCR	MSPA	TCR	MSPA	TCR	MSPA	TCR
30	0,26	-	0,31	-	0,33	-	0,45	-	0,50	-	0,53	-
60	1,39	+435	1,45	+374	1,34	+302	0,82	+82	1,36	+171	1,17	+121
90	3,36	+142	3,39	+133	5,08	+279	2,93	+260	4,63	+242	3,33	+185
120	11,15	+232	8,31	+145	10,05	+98	8,21	+180	14,37	+210	8,04	+141
150	14,32	+28	13,05	+57	22,29	+122	6,33	-23	14,36	0	10,05	+25
180	4,05	-72	6,72	-48	14,90	-33	-	-	-	-	-	-

O período seguinte, o de perfilhamento, limitado entre o aparecimento do primeiro perfilho e o ponto de máxima MSPA acumulada pela planta, caracterizou-se pelo acentuado aumento na MSPA. Conforme pode ser visto na figura 3, a qual mostra

a evolução da produção de MSPA durante o ciclo da planta para cada tratamento avaliado, o incremento observado neste período, em termos gráficos, torna praticamente desprezível o acúmulo de MSPA verificado na primeira etapa, ou seja, a do pré-perfilhamento.

Em virtude, principalmente, da grande contribuição dos perfíhos na composição da MSPA, atribuiu-se a denominação de perfilhamento à este estágio tão significativo do desenvolvimento da planta. Conforme pode ser visto na figura 3, a produção de MSPA e de MSPe apresentam o mesmo comportamento evolutivo.

A participação da MSPe na MSPA no decorrer do ciclo da cúrcuma, foi em média de 49,5%, no momento de máxima produção de MSPA pela planta. No entanto, para o plantio de 20/NOV e espaçamento de 35 cm entre plantas, tratamento este que foi significativamente superior aos demais na produção de MSPA (item 5.3.3, pág. 42), a MSPe representou cerca de 65% do total da MSPA acumulada.

O estágio do perfilhamento complementa o PCV, o qual é finalizado quando o máximo de MSPA é atingido. Segue-se, então, um declínio na quantidade de MSPA da planta, que é proporcionalmente mais intenso à medida em que aproxima-se do final do ciclo, motivado pela diminuição da temperatura ambiente. Tal situação promove acentuada redistribuição de metabólitos e nutrientes da parte aérea para os rizomas, a qual, MSPA, por ocasião da colheita representa menos de 3% da matéria seca total da planta.

O momento em que o máximo de MSPA foi atingido mostrou ser influenciado, significativamente, pelo fator época de plantio (Quadro 2A). Na figura 4 verifica-se que o máximo de MSPA acumulada pela cúrcuma nos plantios de 20/OUT, 20/NOV, 20/DEZ e 20/JAN ocorreram, respectivamente, aos 197, 176, 154 e 132 dias após o plantio. Estes períodos correspondem à extensão do PCV, para as épocas de plantio acima citadas.

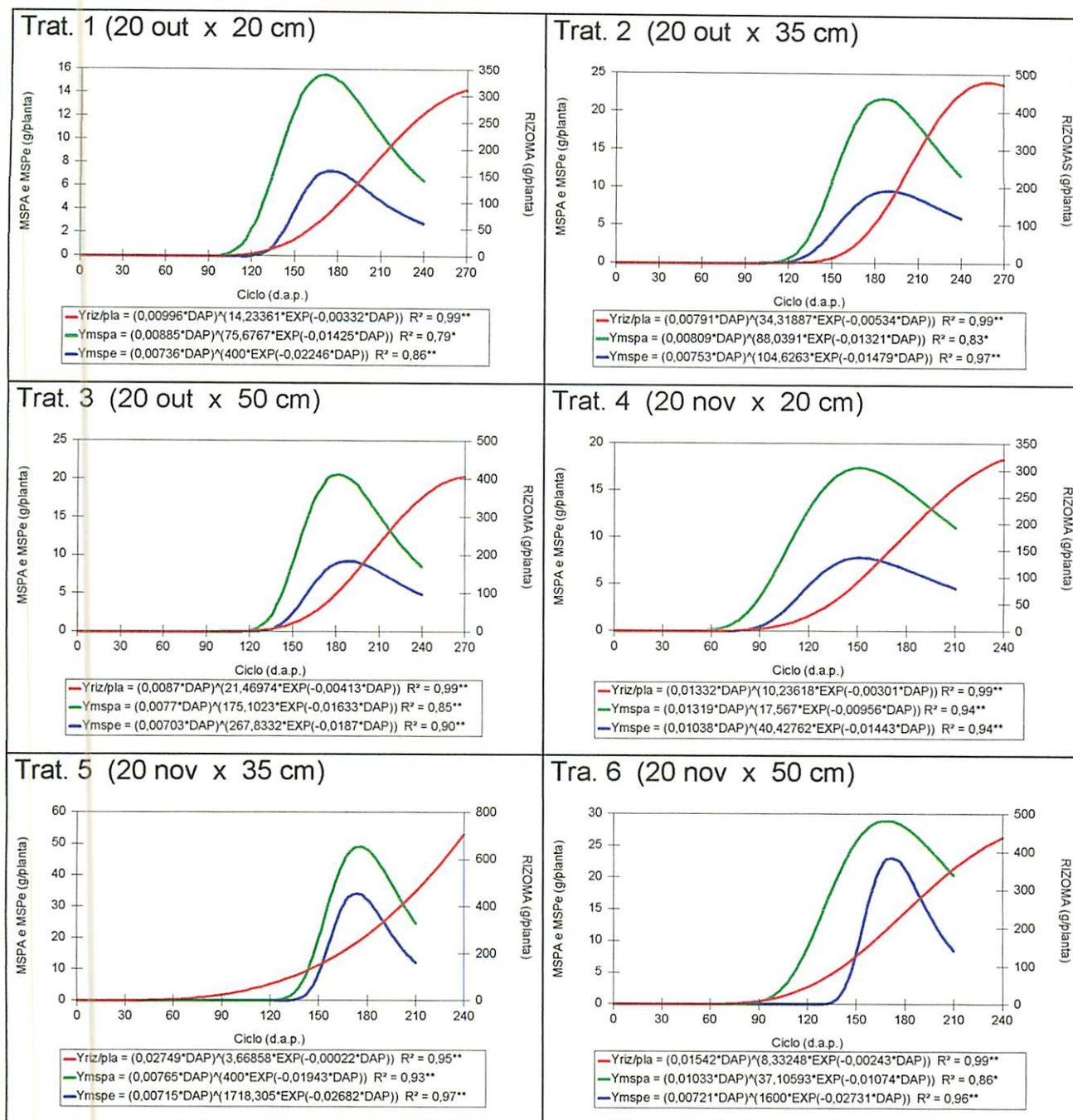


FIGURA 3. Acúmulo de MSPA, MSPe e produção de rizomas pela cúrcuma, durante seu ciclo (dias após o plantio - d.a.p.), em função da época e densidade de plantio. Lavras-MG, 1996.

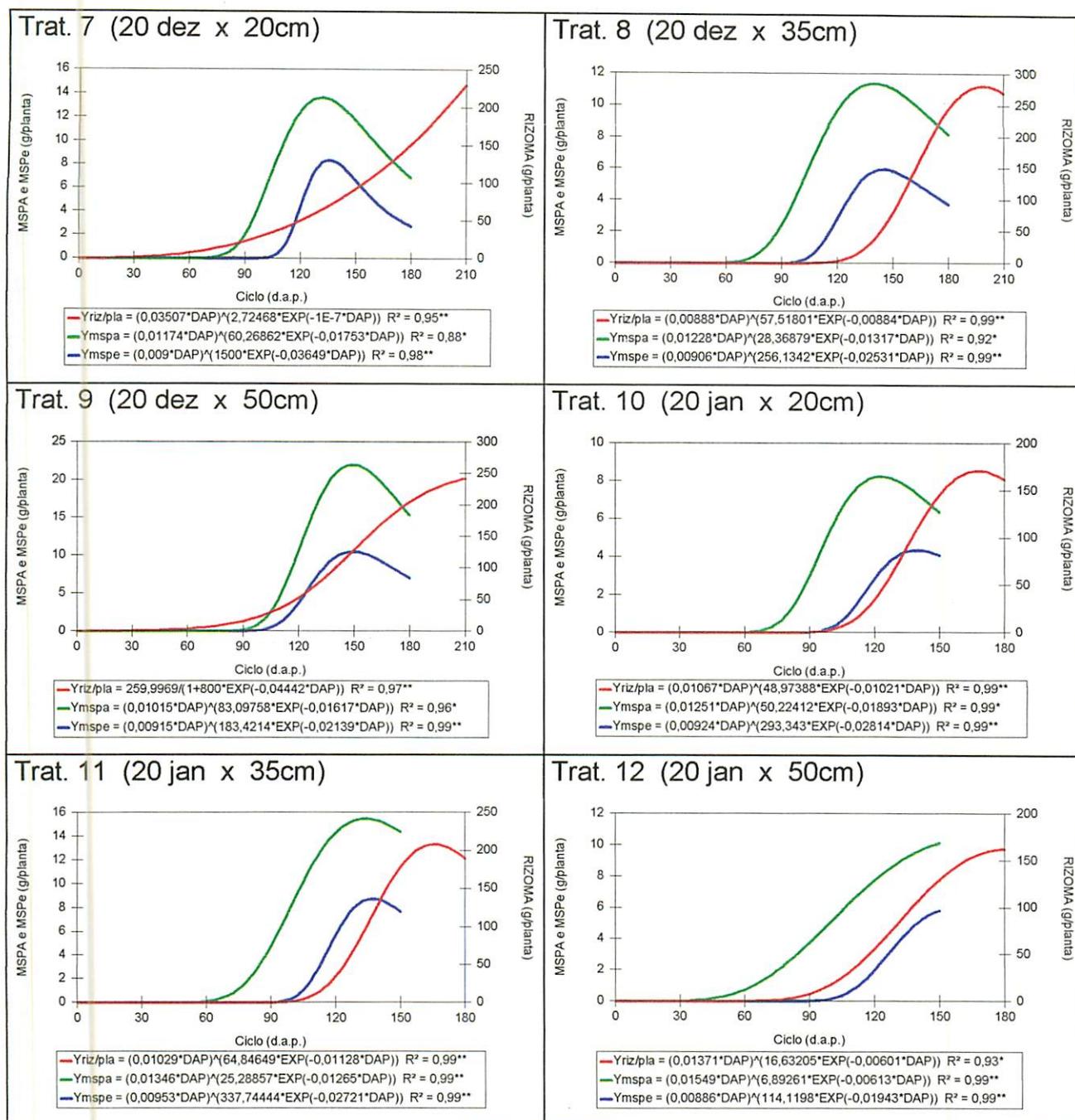


FIGURA 3 (Continuação). Acúmulo de MSPA, MSPE e produção de rizomas pela cúrcuma, durante seu ciclo (dias após o plantio - d.a.p.), em função da época e densidade de plantio. Lavras-MG, 1996.

Portanto, pode-se atribuir como fator limitante à extensão do PCV, o fator época de plantio, uma vez que determinou em sua função as condições climáticas, principalmente, de temperatura. Conforme Squire (1990), o tamanho da estrutura da parte aérea é devido a fatores controladores do período, no qual existe incremento líquido desta estrutura. Portanto, conforme pode ser visto no quadro 3A, a temperatura média a partir da segunda quinzena de maio começa a diminuir. Deste ponto para o final do ciclo (julho), a temperatura média no período foi cerca de 4 a 6 °C menor em relação aos meses anteriores. Mais significativa foi a influência da temperatura a partir do mês de junho quando verificaram-se, diariamente, temperaturas mínimas muito próximas ou abaixo da temperatura base da cúrcuma, considerada por Goto (1993), de 10° C.

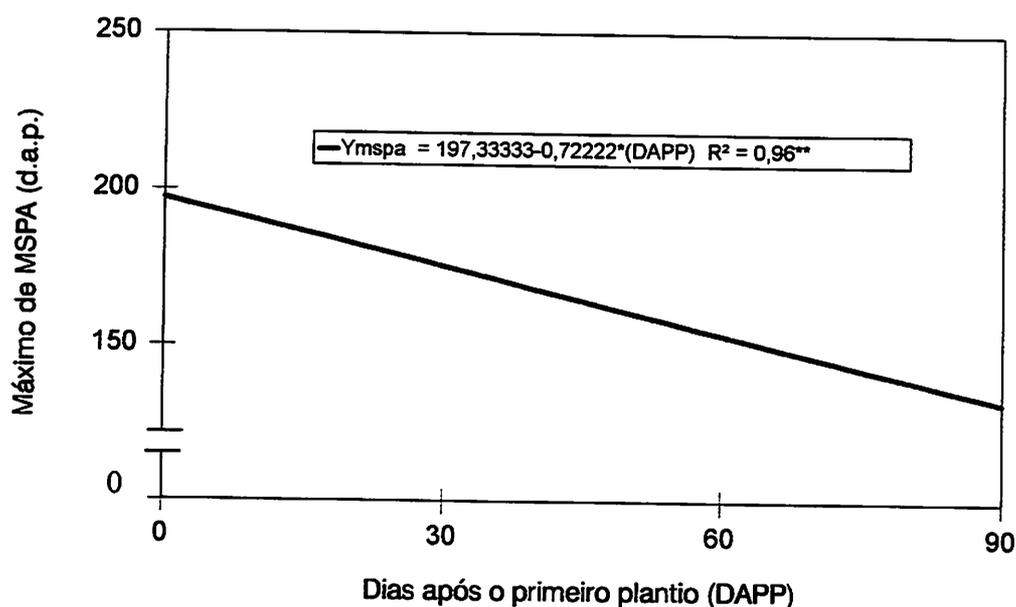


FIGURA 4. Época (dias após o plantio) do ciclo da planta de cúrcuma em que o máximo de matéria seca da parte aérea (MSPA) foi atingido, em função das épocas de plantio avaliadas (0, 30, 60 e 90 dias correspondem, respectivamente, aos plantios de 20/OUT, 20/NOV, 20/DEZ e 20/JAN). Lavras-MG, 1996.

Desta forma, com base na teoria apresentada por Squire (1990), os PCV foram concluídos para os plantios em 20/OUT, 20/NOV, 20/DEZ e 20/JAN nas datas de 05 de maio para os dois primeiros plantios, 23 de maio e 01 de junho, respectivamente, para os dois últimos.

Estas datas parecem expressar a existência de uma relação entre a quantidade de MSPA acumulada e o diferencial de temperatura ambiente ( $T_a$ ) e temperatura base da planta ( $T_b$ ), em que quanto maior a quantidade de MSPA acumulada, maior a sensibilidade ao decréscimo de  $T_a - T_b$ , ou seja, maior a diferença  $T_a - T_b$  exigida.

Assim, a pequena redução na relação  $T_a - T_b$  verificada no início do mês de maio, foi suficiente para determinar o fim do PCV das plantas provenientes dos plantios de 20/NOV e 20/OUT, as quais apresentavam maior MSPA, mas não daquelas de plantios efetuados em 20/DEZ e 20/JAN. Estas, por sua vez, com menores MSPA, finalizaram seus respectivos PCV conforme foi se tornando mais estreita a relação  $T_a - T_b$ , atingindo níveis tais que não mais atendiam satisfatoriamente ao metabolismo da planta, atividade esta que parece ser proporcionalmente maior à medida em que a parte aérea também é maior.

Portanto, duas observações se mostram como pontos chave para análise do PCV da cúrcuma. Primeiro, o efeito da época de plantio sobre o momento (dias após o plantio) em que o ponto de máximo acúmulo de MSPA foi atingido, determinando a extensão do PCV. Embora, independentemente do tratamento, o PCV observado foi de 73% da extensão do ciclo da cultura, esta semelhança em termos relativos, representou em valores absolutos uma superioridade na extensão do PCV da segunda época de plantio (maior produção de MSPA) em relação à quarta época (menor produção de MSPA) de 44 dias.

Em segundo lugar, a interação significativa (Quadro 1A) dos fatores em avaliação sobre a produção de MSPA. A extensão do PCV não pode ser unicamente atribuída como a responsável pela superioridade de determinada época de plantio em relação à outra na produção de MSPA pois, o plantio de 20/OUT teve o maior PCV e no entanto, não apresentou MSPA correspondente. Este fato se deve, provavelmente, ao longo período de emergência apresentado no plantio em 20/OUT o que, conforme

discussão apresentada no item 5.2, pode ter comprometido todo o desenvolvimento normal das plantas desta época de plantio. Ainda como efeito interativo dos fatores avaliados (época e densidade de plantio), conforme item 5.3.3, (pág. 42) houve influência significativa do estande no aproveitamento das condições climáticas propiciadas pelas épocas de plantio, determinando ao final, maior ou menor quantidade de MSPA acumulada.

Portanto, constata-se pelo exposto anteriormente, que o PCV foi significativamente influenciado pelo fator época de plantio. Neste sentido, seu estudo é de fundamental importância a fim de se conhecer o desenvolvimento do vegetal, auxiliando no momento mais adequado de se realizarem práticas culturais objetivando sua otimização, permitindo que as plantas expressem seu potencial vegetativo (aparato fotossintético), uma vez que conforme salientado por Mota (1983) e Ortolani e Camargo (1987), estes aspectos são decisivos sobre a produção econômica da planta.

#### **5.1.2 - Período de crescimento dos rizomas (PCRi):**

O início do PCRi foi significativamente influenciado pelo fator época de plantio (Quadro 1A). Pela figura 5 verifica-se que a planta respondeu linearmente às épocas avaliadas, sendo constatado início do PCRi aos 123, 115, 108 e 100 dias após o plantio, respectivamente, para as épocas de 20/OUT, 20/NOV, 20/DEZ e 20/JAN, o que corresponde iniciar o PCRi aos 45,5%, 48%, 51,4% e 55% do ciclo transcorrido. Observa-se, portanto, que a precocidade para o início da formação de rizomas ainda que de pequena amplitude, ocorreu em favor do plantio mais cedo. Com base nestes resultados, a extensão do PCRi, que corresponde ao período entre o momento em que a matéria seca de rizomas superou a matéria seca do rizoma-semente plantado até a colheita, foi de 147, 124, 102 e 79 dias para os plantios de 20/OUT, 20/NOV, 20/DEZ e 20/JAN. Nota-se, portanto, que a extensão do PCRi foi diretamente proporcional à precocidade do início do PCRi e ciclo de cultivo.

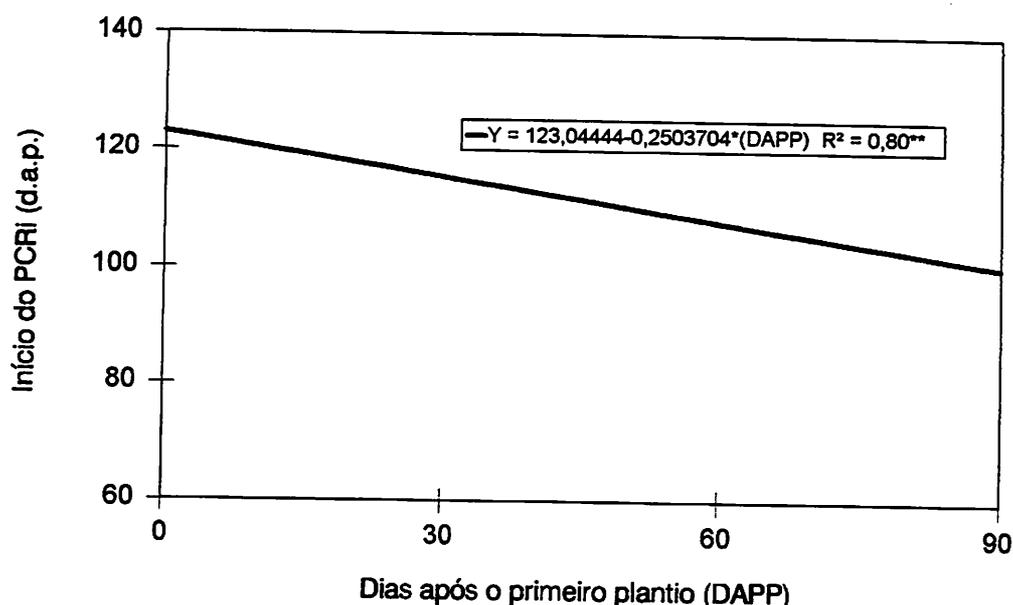


FIGURA 5. Efeito da época de plantio (0, 30, 60 e 90 dias correspondem, respectivamente, aos plantios de 20/OUT, 20/NOV, 20/DEZ e 20/JAN) sobre o início (dias após o plantio) do período de desenvolvimento do rizoma (PCRI). Lavras - MG, 1996.

Certamente que, além das extensões dos PCRI apresentados pelas épocas de plantio, também as condições climáticas nestes períodos, especialmente de temperatura, foram os responsáveis pela resposta diferenciada das plantas quanto à evolução da produção de rizomas.

Este efeito da temperatura decorrente das épocas de plantio em avaliação, ficou evidente ao constatar-se 1059 graus-dia no PCRI referente ao plantio em 20/NOV (época de maior produção), em comparação aos 553 graus-dia no PCRI da época (20/JAN) que se mostrou menos favorável à produção de rizomas por planta.

As condições de cultivo das plantas da época de 20/NOV, propiciaram resposta significativamente superior em relação às outras épocas, especialmente quanto ao dossel fotossintético (item 5.3.2, pág. 36), citado por Mota (1983) e Ortolani e Camargo (1987), como fator determinante da produção econômica da cultura.

Pode-se verificar na figura 3 (págs. 25 e 26) que nos PCRI, os maiores incrementos, em valores absolutos, na produção de rizomas ocorreram em sua grande



## 5.2 - Ciclo vegetativo e Período de Desenvolvimento Pós Emergência (PDPE):

Foi observado somente efeito significativo ( $P < 0,01$ ) do fator época de plantio para as duas características (Quadro 4A).

Conforme a figura 6, o ciclo de cultivo foi tanto maior quanto mais cedo realizou-se o plantio. Para os plantios realizados em 20/OUT, 20/NOV, 20/DEZ e 20/JAN, os ciclos foram de 270, 240, 210 e 180 dias, respectivamente. Isto porque embora Purselove (1972) e Hertwig (1986) citam a cúrcuma como espécie perene, as condições climáticas do município de Lavras a torna metabolicamente anual, sendo colhida sempre no mês de julho, quando sua parte aérea senesce em decorrência das baixas temperaturas.

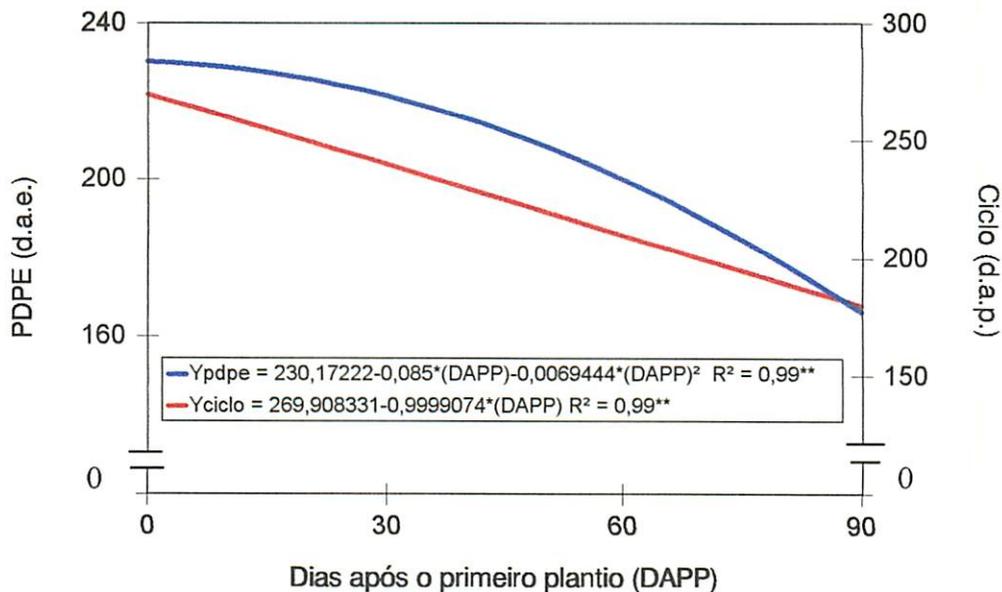


FIGURA 6. Influência da época de plantio (0, 30, 60 e 90 dias correspondem, respectivamente, aos plantios de 20/OUT, 20/NOV, 20/DEZ e 20/JAN) sobre a extensão do ciclo (dias após o plantio) e período de desenvolvimento pós emergência (PDPE, em dias após a emergência) da cúrcuma. Lavras - MG, 1996.

Nota-se pela figura 1 (pág.17) e quadro 3A (pág. 93), que a partir da segunda quinzena do mês de maio, a temperatura no município decresceu, ocorrendo

diariamente no mês de junho temperaturas médias menores e/ou muito próximas à temperatura base da cúrcuma. Este estresse térmico induziu a planta de cúrcuma à senescência, tendo-se presenciado para o período em questão um amarelecimento progressivo da parte aérea culminando com a completa morte dos tecidos.

Quanto ao período de desenvolvimento pós emergência, a linearidade da resposta constatada para extensão do ciclo de cultivo, neste caso, não foi verificada, uma vez que houve diferença no comprimento do período de emergência das plântulas de cúrcuma entre as épocas de plantio. Observou-se os períodos de emergência de 40 e 15 dias, respectivamente, para os plantios realizados em 20/OUT e 20/NOV e de 12 dias para os plantios nas demais épocas avaliadas, resultando assim, num comportamento quadrático do período de desenvolvimento pós emergência (FIGURA 6).

Esta observação é muito importante, principalmente, avaliando-se a situação da primeira época de plantio (20/OUT), em que foram necessários 40 dias para emergência das plântulas. Este período foi extremamente longo, tanto que superou a diferença de 30 dias entre a primeira e segunda época de plantio e quase o período de emergência da segunda época, o que acarretou reflexos negativos para as plantas no decorrer de seu desenvolvimento. Tanto é verdade que, ao final do experimento, a produção de rizomas por planta no plantio em 20/OUT (476,99g) foi significativamente inferior, cerca de 30%, em relação ao rendimento verificado para o plantio em 20/NOV (673,13g), diferença esta correspondente a 6626 kg/ha de rizomas.

Fazendo-se uma analogia entre a germinação de sementes de outras espécies e a brotação dos rizomas de cúrcuma, esta observação concorda com trabalhos descritos por Squire (1990), os quais relatam existir correlação positiva entre velocidade de germinação com emergência, iniciação foliar e atributos de expansão e produção de matéria seca da planta.

Provavelmente, este longo período de emergência do plantio em 20/OUT foi devido a dois motivos ou conjuntos de situações. Primeiro, às condições intrínsecas do rizoma-semente, tais como balanço hormonal, favorecendo a dormência. Esta, embora não avaliada neste experimento, pôde ser caracterizada externamente ao rizoma, pela

ausência de sinais de brotação; sinais estes, verificados a partir da segunda época de plantio pelo desenvolvimento de uma das gemas do rizoma-semente e entumescimento de outras. Este broto, apresentou-se visualmente maior nas épocas de plantio subsequentes.

Como segundo fator, têm-se as condições do meio de cultivo, especialmente do solo. No período após ao plantio em 20/OUT, foram constatadas temperaturas do solo muito elevadas (44 °C, a 4 cm de profundidade, às 14:30 horas), podendo atuarem como agente quiescente, pois conforme reporta Mota (1983), afetam significativamente as atividades fisiológicas de germinação ou brotação. Embora trabalhando com outra cultura, Nova e Santos [19\_\_?] constataram que temperaturas do solo superiores a 29 °C paralisaram o processo de brotação dos tubérculos de batata.

Provavelmente, estes foram os fatores responsáveis por propiciarem períodos de emergência muito semelhantes (15 a 12 dias) para os plantios de 20/NOV, 20/DEZ e 20/JAN e bem mais curto do que o verificado para o plantio de 20/OUT.

O maior ciclo decorrente do plantio mais cedo do período avaliado (20/OUT), ao contrário do que se esperava, não trouxe benefícios que suplantassem as dificuldades estabelecidas. Principalmente devido ao longo período de emergência, não permitiu às plantas um crescimento tão vigoroso quanto ao observado para o plantio de 30 dias mais tarde. Além da menor produtividade observada, o produtor teria ainda um maior período de ocupação do terreno com a cultura.

### **5.3 - Fenologia:**

#### **5.3.1 - Altura máxima da planta:**

Verificou-se efeito significativo ( $P < 0,01$ ) do fator época de plantio na altura máxima da planta (Quadro 4A).

De acordo com a figura 7, observa-se que a altura máxima da planta estimada foi de 64,2 cm, obtida em plantio realizado 18 dias após a primeira época de plantio (20/OUT), o que corresponde ao plantio em 07/NOV.

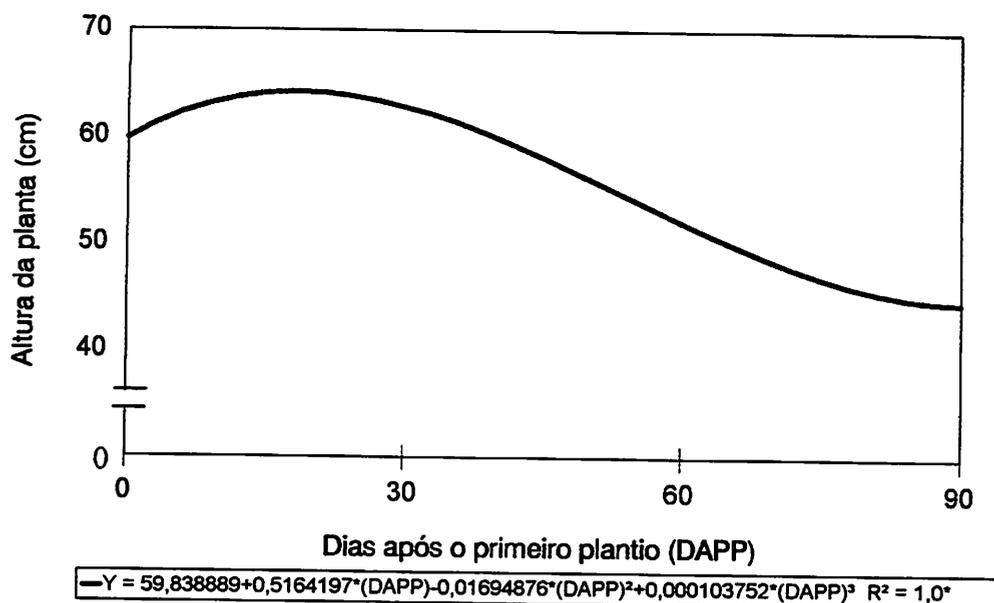


FIGURA 7. Altura (cm) máxima da planta de cúrcuma, em função das épocas de plantio avaliadas (0, 30, 60 e 90 dias após o primeiro plantio correspondem, respectivamente, aos plantios de 20/OUT, 20/NOV, 20/DEZ e 20/JAN). Lavras - MG, 1996.

Goto (1993) avaliando épocas de plantio da cúrcuma, no município de São Manuel (SP), verificou que o plantio realizado no mês de novembro (28/NOV), foi também o que proporcionou melhores condições para crescimento em altura das plantas.

Esta constatação auxilia na explicação da maior produtividade de rizomas por planta (item 5.6, pág. 65), verificada no plantio em novembro, pois conforme salientam Philip e Nair (1983), maior altura da planta proporciona maior exposição das folhas à radiação, aumentando a eficiência fotossintética e consequentemente, a produção da planta. Não obstante, Randhawa *et al* (1984) avaliando épocas de plantio da cúrcuma em Ludhiana (Índia), por dois anos consecutivos, verificaram que a maior produtividade foi conseguida em condições do plantio realizado mais cedo, o qual permitiu maior período de crescimento da planta concorrendo para maior altura das plantas.

No presente estudo, a estimativa de 64,2 cm de altura média da planta mãe, correspondente ao plantio em 07 de novembro, foi superior em 7,3%, 22,9% e 43,7% às

alturas médias das plantas dos plantios em 20/OUT, 20/DEZ e 20/JAN. Portanto, observou-se uma redução acentuada da altura da planta mãe, à medida em que mais tardio foi realizado o plantio.

Jha, Sharma e Maurya (1983) relatam a importância de se fazer o plantio da cúrcuma tão logo os rizomas-semente brotem a fim de maximizar a produtividade, pois o atraso no plantio torna mais curto o período de efetivo crescimento da parte aérea, devido as baixas temperaturas ocorridas no inverno. Tal situação foi também observada no presente trabalho, onde as menores temperaturas ocorridas no terço final da estação do outono (a partir de 20/MAIO) concorreram para diminuir, significativamente, os investimentos na arquitetura da planta. Assim, verificou-se que o atraso no plantio acarretou diminuição da extensão de tais períodos, cuja amplitude proporcionou alturas da planta próprias a cada época de plantio.

### **5.3.2 - Máxima área foliar total (AFT) da planta:**

Verificou-se interação significativa ( $P < 0,01$ ) dos fatores em avaliação na máxima AFT da planta (Quadro 5A).

Na figura 8 observa-se que o plantio em 20/NOV foi o que proporcionou maior AFT, em relação às outras épocas de plantio. De acordo com os resultados observados, o máximo de AFT ( $6481,58 \text{ cm}^2/\text{planta}$ ) verificado no plantio em 20/NOV e 40 cm entre plantas, foi superior em 63%, 87% e 128% aos valores máximos observados nos plantios em 20/OUT, 20/DEZ e 20/JAN e em 228% ao tratamento plantio em 20/JAN com 20 cm entre plantas na leira, o qual proporcionou menores AFT e produção de rizomas por planta, dentre os tratamentos avaliados.

Conforme Squire (1990), esta diferença na expressão do potencial fotossintético é explicado, em boa parte, pelo fato de que o tamanho do dossel fotossintético é determinado pelo produto entre taxa de incremento e a duração da expansão da estrutura, os quais por sua vez, são influenciados pela temperatura ambiente, peculiar à cada época de plantio.

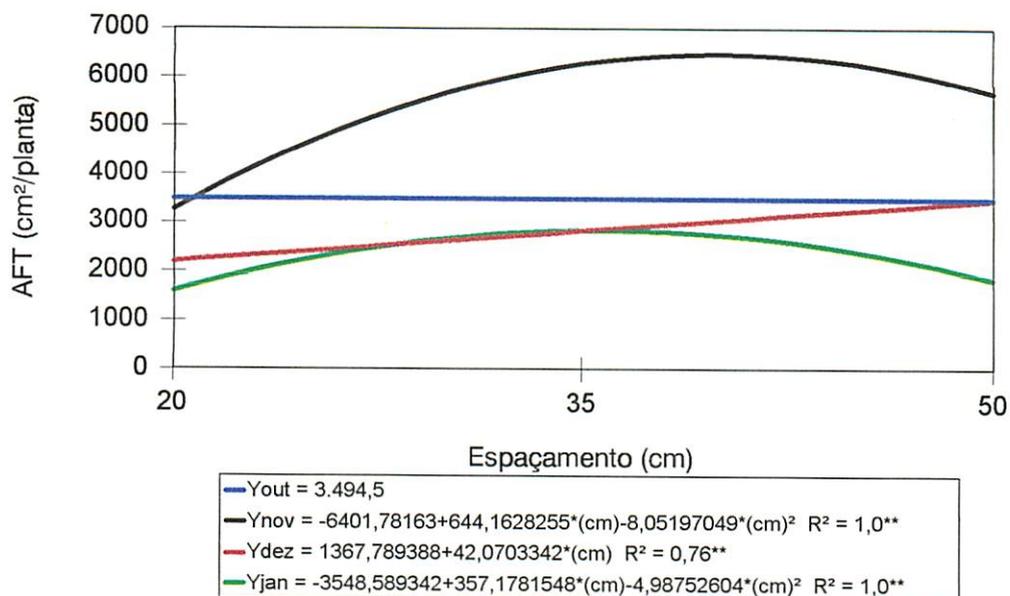


FIGURA 8. Valores máximos de área foliar total (AFT), em  $cm^2/planta$  de cúrcuma, para os plantios de 20/OUT, 20/NOV, 20/DEZ e 20/JAN, em função dos espaçamentos empregados entre plantas, na linha de plantio. Lavras - MG, 1996.

Conforme constatado para MSPA e MSPe (itens 5.3.3 e 5.3.4), também foi observado efeito significativo da época de plantio sobre a época do ciclo da planta em que observou-se o máximo de área foliar e conseqüentemente, da extensão do período de expansão do dossel fotossintético (Quadro 5A). O atraso no plantio da cúrcuma promoveu redução linear do período de formação do dossel fotossintético, sendo de 200, 176, 152 e 127 dias as extensões dos períodos das quatro épocas de plantio avaliadas (FIGURA 9).

Como a cúrcuma tem crescimento inicial lento (etapa de pré-perfilhamento - item 5.1.1, pág. 21) e por ter sido observado que o atraso no plantio proporcionou menores períodos para expansão da área foliar, foi lógico verificar que a etapa do crescimento da planta, na qual ocorre acentuado crescimento da área foliar (período seguinte ao de pré-perfilhamento até máximo de AFT) também tornou-se proporcionalmente menor com o atraso no plantio.

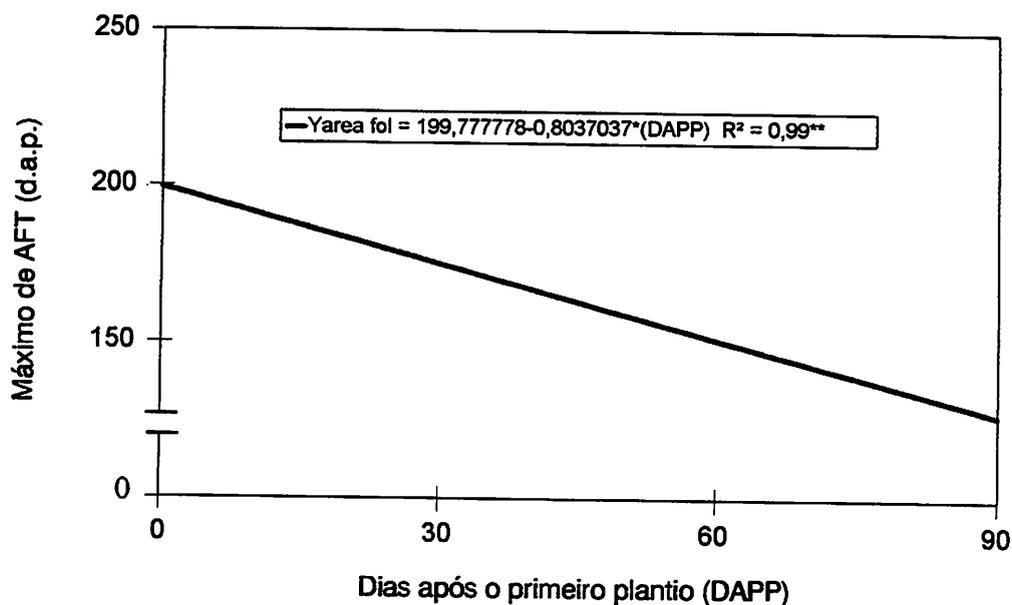


FIGURA 9. Época (dias após o plantio) do ciclo da planta de cúrcuma em que o máximo de área foliar (AFT) foi atingido, em função das épocas de plantios avaliadas (0, 30, 60 e 90 dias correspondem, respectivamente, aos plantios de 20/OUT, 20/NOV, 20/DEZ e 20/JAN). Lavras-MG, 1996.

Assim, o plantio da cúrcuma em 20/JAN, em que o período de pré-perfilhamento foi de 85 dias, no qual o crescimento foi relativamente lento, verificou-se que tais plantas dispuseram de mais 42 dias sob temperaturas mais adequadas (diferencial entre temperatura ambiente ( $T_a$ ) e temperatura base ( $T_b$ ) da planta), ao metabolismo da cúrcuma para incremento de suas áreas foliares, haja vista, aos 127 dias após o plantio ter sido constatado o máximo de AFT das plantas desta época.

Por outro lado, o plantio de 20/NOV que proporcionou maior AFT, embora tendo apresentado um período de pré-perfilhamento um pouco maior (92 dias), atingiu seu máximo de AFT somente aos 176 dias, fato este que proporcionou às plantas um período de 84 dias sob condições térmicas mais favoráveis, ou seja, 42 dias a mais para constituição de sua área foliar total, em relação à situação anterior.

Além do menor período de expansão da área foliar verificado com o atraso no plantio, menos adequadas, também parecem ter sido as condições ambientais pois, quanto mais tardio o plantio, observou-se que maior percentagem do estágio de

crescimento da planta ocorreu sob fotoperíodos mais curtos e menores temperaturas médias diárias. Soares (1991) trabalhando com Inhame, planta também de clima tropical e acumuladora de reservas em órgãos subterrâneos, constatou redução acelerada da área foliar, devido queda de temperatura ambiente. No presente trabalho, a parte aérea da cúrcuma também se mostrou muito sensível às baixas temperaturas ocorridas a partir do mês de maio (Quadro 3A).

Efeito negativo do plantio mais tardio sobre o período de formação da AFT das plantas de cúrcuma, também foi observado por Jha, Sharma e Maurya (1983) e Randhawa *et al* (1984), os quais verificaram que o plantio mais cedo da cúrcuma propiciava maior período de crescimento da planta sob temperaturas mais favoráveis ao seu metabolismo.

Também a densidade de plantas influenciou a AFT. No plantio em 20/NOV a AFT descreveu um comportamento quadrático (Figura 8, pág. 37). À medida em que o espaçamento entre plantas foi diminuindo, maior AFT foi observada, sendo maximizada no espaçamento de 40 centímetros. A partir daí, a contínua redução do espaçamento proporcionou decréscimos da AFT.

Nos espaçamentos abaixo de 40 cm, muito provavelmente, foi a forte competição estabelecida entre plantas de cúrcuma, por fatores físico-químicos da produção, que promoveu reduções na área foliar, sendo de maior magnitude tanto quanto menores foram os espaçamentos empregados, ou seja, mais próximos de 20 cm entre plantas.

Entretanto, nos espaçamentos acima de 40 cm, as reduções na AFT podem ser atribuídas à outro tipo de estresse ambiental. Provavelmente, a explicação para este efeito esteja ligado à degradação de auxina na planta. Este fitormônio é responsável pela divisão e expansão celular (Salisbury e Ross, 1992) e, portanto em boa parte, pela formação da área foliar. Como um dos processos reguladores da atividade das auxinas naturais na planta é a foto-oxidação (Válio, 1979), possivelmente, os espaçamentos maiores que 40 cm tenham favorecidos, por meio da maior exposição da planta à radiação (menor sombreamento proporcionado plantas da comunidade), a foto-degradação do fitormônio.

Atribui-se, ainda, como efeito da densidade de plantio à grande diferença entre os valores de área foliar observados neste experimento (1974,03 a 6481,58 cm<sup>2</sup>/planta) e os valores médios de 842 cm<sup>2</sup>/planta (Philip, 1983a), 550 cm<sup>2</sup>/planta (Philip, 1983b), 1019 cm<sup>2</sup>/planta (Philip e Nair, 1983) e 814 cm<sup>2</sup>/planta (Goto, 1993). Nestes trabalhos as densidades de plantios foram sempre muito superiores, contribuindo para obtenção de plantas mais baixas e de menores AFT, devido à maior competição estabelecida.

Para o índice de área foliar (IAF) foi observado interação significativa ( $P < 0,01$ ) dos fatores estudados (Quadro 5A).

Foram constatados valores máximos de IAF entre 2,3 e 0,46, para os diferentes tratamentos, sendo o menor valor observado no plantio mais tardio (20/JAN) no espaçamento de 50 cm entre plantas. O IAF foi maximizado pelo plantio de 20/NOV e espaçamento de 30,5 cm, sendo observado o valor de 2,3. Este índice encontra-se muito próximo ao intervalo do IAF (1,5 a 2,0) observado por Kundu e Chatterjee (1982) no cultivo da cúrcuma com espaçamento de 30 x 30 cm. Entretanto, o valor é muito superior ao intervalo de 1,0 a 1,2 observado pelos pesquisadores quando do emprego de 60 cm entre linhas.

De acordo com Mota (1983) as culturas devem ser implantadas de modo que os valores máximos do índice de área foliar ocorram em época de radiação e temperatura adequadas à maximização da fotossíntese líquida. Nenhuma das épocas de plantio avaliadas proporcionou tal fato, pois haveria a necessidade do plantio no mês de agosto quando os rizomas-semente ainda apresentavam-se dormentes.

Entretanto, observou-se efeito significativo do fator época de plantio sobre o momento em que o IAF máximo foi alcançado (QUADRO 2A). Pela figura 10 observa-se que à medida em que ocorreu atraso no plantio, houve uma redução linear do período para que as plantas atingissem o máximo IAF.

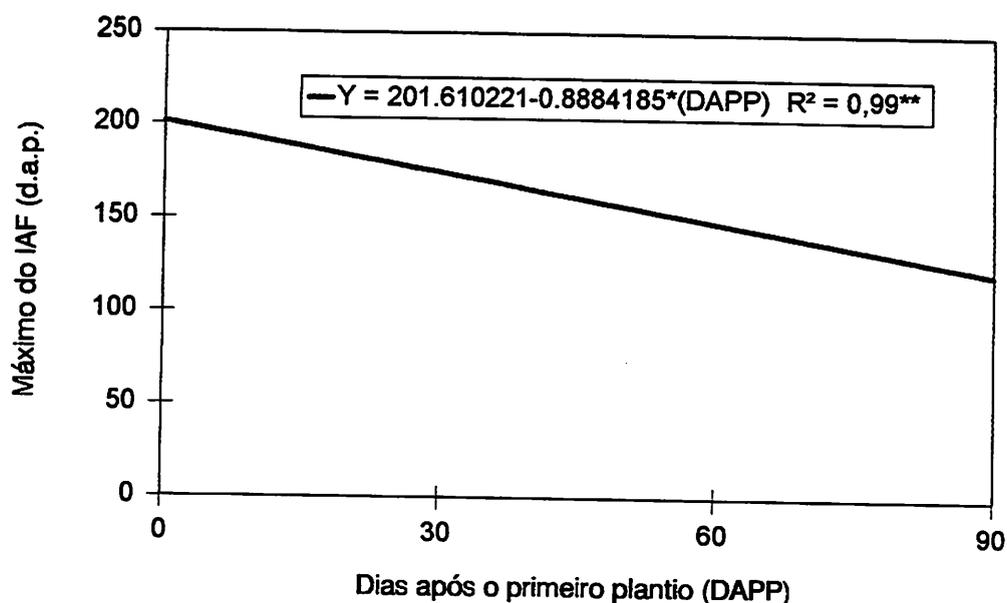


FIGURA 10. Época do ciclo (dias após o plantio) da planta de cúrcuma em que o máximo valor do índice de área foliar (IAF) foi atingido, em função das épocas de plantios avaliadas (0, 30, 60 e 90 dias correspondem, respectivamente, aos plantios de 20/OUT, 20/NOV, 20/DEZ e 20/JAN). Lavras-MG, 1996.

Verifica-se que comum à AFT, MSPA e MSPe, as plantas das diferentes épocas de plantio apresentaram o máximo de IAF muito próximo ao final do ciclo, o que permite acreditar que se não fossem as baixas temperaturas ocorridas a partir do mês de maio (item 5.3.2, pág. 36), certamente, as plantas apresentariam contínuo crescimento da área foliar e conseqüentemente, do IAF. Talvez seja esta a explicação do motivo pelo qual os valores mostraram-se muito distantes do intervalo de 4 a 8 citado por Mengel e Kirkby (1987) como IAF adequado para a maioria das espécies cultivadas.

Todavia, acredita-se que novos estudos com relação à densidade de plantio sejam necessários, principalmente, pelo manejo do espaçamento entre linhas de plantio e quebra de dormência do rizoma-semente, o que poderá permitir valores de IAF um pouco mais elevados, com reflexos positivos na produção de rizomas por área.

### **5.3.3 - Máxima matéria seca da parte aérea (MSPA):**

Houve interação significativa ( $P < 0,01$ ) dos fatores para produção máxima de MSPA (QUADRO 1A). Pela figura 11 observa-se que o máximo de MSPA acumulada, ocorreu no plantio em 20/NOV com espaçamento de aproximadamente 38 cm (37,7 cm) entre plantas, alcançando 50,06 gramas de matéria seca por planta. Esta quantidade foi superior em 106%, 137% e 212% aos valores máximos observados, respectivamente, nos plantios de 20/OUT, 20/DEZ e 20/JAN e em 169% e 43% aos valores observados, respectivamente, nos espaçamentos de 20 e 50 cm entre plantas, no próprio plantio de 20/NOV.

O maior acúmulo de MSPA verificado para o plantio de cúrcuma em 20/NOV com espaçamento de 37,7 cm, pode ser explicado tanto pelo comprimento do PCV, quanto pelas condições climáticas presentes nos PCV das diferentes épocas de plantio.

Observou-se efeito significativo do fator época de plantio (Quadro 6A) na extensão do PCV. Na figura 4 (pág. 27) verifica-se que o PCV (cuja extensão foi definida pelo ponto de máximo acúmulo de MSPA) foi tanto maior quanto mais cedo foi realizado o plantio. Constatou-se uma diferença de 44 dias na extensão do PCV do plantio em 20/NOV com espaçamento de 35 cm entre plantas e plantio em 20/JAN com espaçamento de 20 cm, sendo respectivamente, os tratamentos com maior e menor acúmulo de MSPA e produção de rizomas por planta. Entretanto, é importante salientar que no plantio de 20/OUT observou-se um longo período para a emergência, o que provavelmente tenha comprometido o bom desenvolvimento da planta e desta forma, colaborado para que a produção de MSPA não alcançasse valor proporcional ao PCV apresentado.

Considerando graus-dia conforme definição de Holmes e Robertson (1959), em que um grau-dia representa a diferença entre temperatura média diária e a temperatura base da planta, ou seja, o somatório de calor efetivo para o crescimento da planta acumulado no dia, pôde-se então caracterizar o PCV relativo à cada época de plantio.

Para os PCV dos plantios efetuados em 20/OUT, 20/NOV, 20/DEZ e 20/JAN, foram verificados, respectivamente, 2425, 2053, 1831 e 1501 graus-dia.

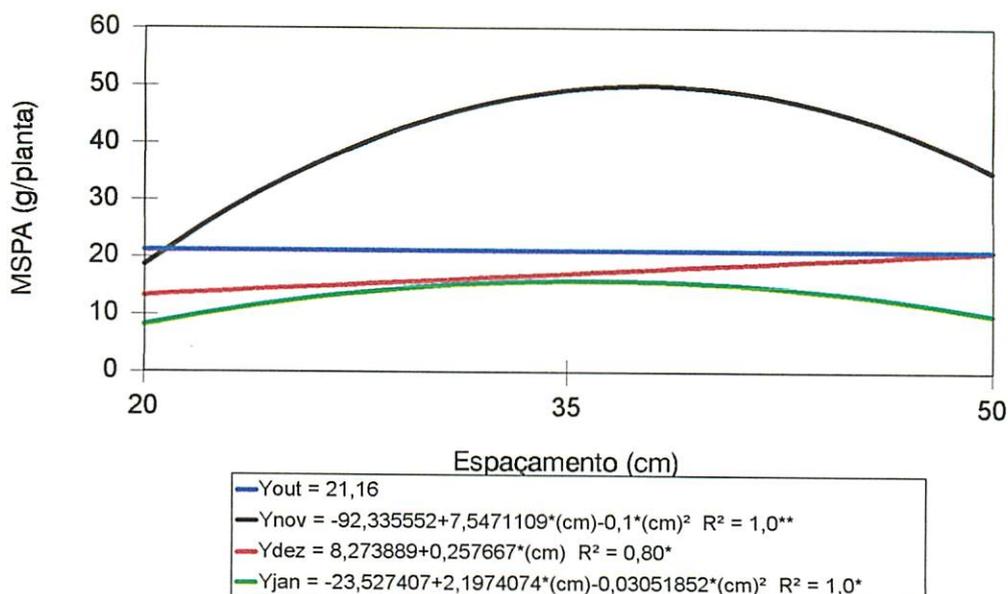


FIGURA 11. Valores máximos de matéria seca da parte aérea (MSPA, em gramas) por planta de cúrcuma, para os plantios de 20/OUT, 20/NOV, 20/DEZ e 20/JAN em função dos espaçamentos empregados entre plantas, na linha de plantio. Lavras - MG, 1996.

Observa-se, portanto, que entre o plantio em 20/NOV com 35 cm entre plantas e plantio em 20/JAN com 20cm entre plantas, o diferencial de produção da MSPA pode ser explicado, em boa parte, pela disponibilidade de 552 graus-dia a mais em favor da época de plantio em 20/NOV. Este valor obtido pelo produto do calor efetivo disponível à planta e extensão do PCV, características estas condicionadas à época de plantio, representa efetivamente o efeito da época de plantio no crescimento da parte aérea da cúrcuma.

Por outro lado, a interação dos fatores mostrou também haver uma produção diferenciada de MSPA pelas plantas em função do espaçamento empregado, na mesma época de plantio.

No plantio em 20/NOV, época em que foi observado maior produção de MSPA pela cúrcuma, percebe-se claramente o efeito da densidade de plantio sobre o crescimento das plantas. Foi observado que o aumento da densidade de plantio (espaçamentos menores que 50 cm entre plantas na linha), possibilitou incremento no

acúmulo de MSPA até o espaçamento de 37,7 cm. Este espaçamento estabeleceu, então, o ponto de competição pois, conforme definição do termo por Arismendi (1975), Mendoza (1982) e Choairy e Fernandes (1983) a partir deste ponto, com o aumento da densidade, as plantas de cúrcuma começaram a competir por alguns fatores essenciais ao seu crescimento, havendo prejuízo mútuo.

Assim, observa-se pela figura 11 que à medida em que se continuou a reduzir o espaçamento entre plantas de cúrcuma (maior densidade) para o plantio de 20/NOV, menores foram os valores de MSPA. Nota-se ainda que independente da época de plantio, menor produção de MSPA sempre foi constatada no espaçamento de 20 cm entre plantas. Tal situação, evidenciou o maior estresse fisiológico proporcionado pelo espaçamento em questão, decorrente da maior competição pelos fatores físico-químicos do ambiente de cultivo, entre plantas da mesma comunidade.

Tal conjunto de atributos favoráveis (temperatura e extensão do PCV) fizeram com que o plantio da cúrcuma em 20/NOV produzisse o máximo de MSPA no emprego do espaçamento de 37,7 cm entre plantas (50,06 g/planta). Este valor representou uma taxa de produção de 284 mg/planta/dia de MSPA. Para o tratamento que possibilitou menor acúmulo de MSPA (20/JAN x 20cm), a taxa de produção de MSPA foi de 62 mg/planta/dia, ou seja, uma produção diária de MSPA equivalente a 22% do observado no melhor tratamento.

#### **5.3.4 - Matéria seca de perfilhos (MSPe):**

Houve interação significativa ( $P < 0,01$ ) dos fatores estudados para produção máxima de MSPe (Quadro 6A).

Pela figura 12, observa-se que o plantio em 20/NOV foi o que proporcionou maior acúmulo de MSPe, em relação às plantas das outras épocas de plantio. Verifica-se, ainda, que o máximo de MSPe foi obtido pelo plantio da cúrcuma em 20/NOV e espaçamento entre plantas na leira de 37,7 centímetros. Os 32,80 gramas de MSPe constatados nesta condição, superou em 214%, 229% e 345% aos valores máximos de MSPe, por planta, observados nos plantios de 20/OUT, 20/DEZ e 20/JAN

respectivamente, e em 282,7% e 54,9% aos valores observados no espaçamento de 20 e 50 cm, no próprio plantio de 20/NOV.

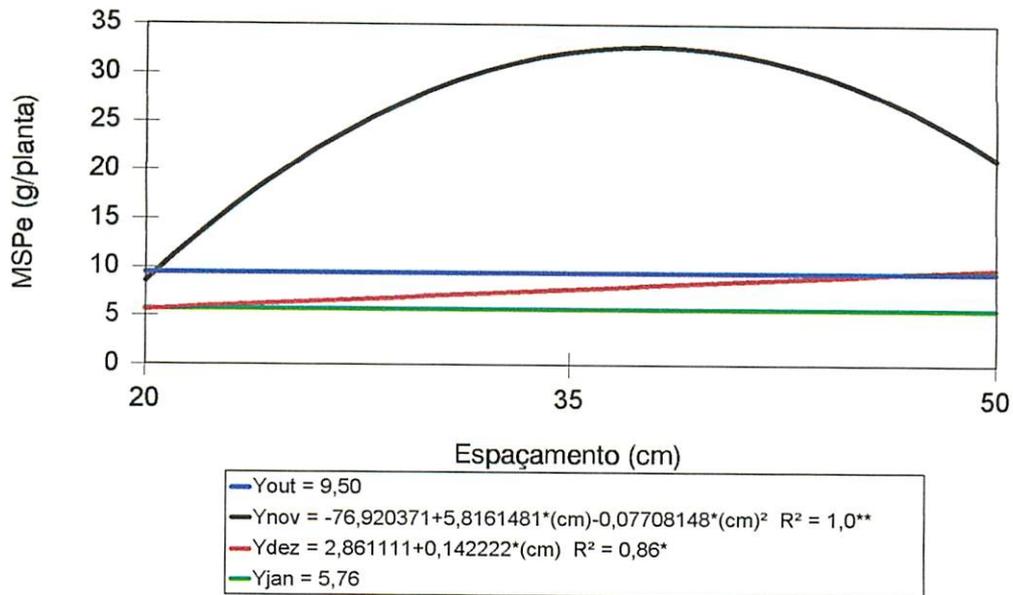


FIGURA 12. Máximo de matéria seca de perfilhos (MSPe, em gramas) por planta de cúrcuma, nos plantios de 20/OUT, 20/NOV, 20/DEZ e 20/JAN, em função dos espaçamentos empregados entre plantas, na linha de plantio. Lavras - MG, 1996.

Estudos realizados com a cultura do arroz (Watson, 1952; Yoshida, 1972; Stone e Steinmertz, 1979) mostraram a importância do perfilhamento na obtenção de elevadas produtividades, decorrente de sua grande participação na formação da área foliar da planta. Também no caso da cúrcuma, o perfilhamento demonstra ser de grande importância na obtenção de elevada produtividade de rizomas.

Pela figura 3 (págs. 25 e 26) verifica-se que a evolução da MSPA tem seu comportamento traçado pela MSPe. Esta estreita relação foi comprovada pela alta correlação ( $r = 0,98^{**}$ ) entre as características, aos 150 dias após o plantio. Também, alta correlação foi constatada entre MSPe e AFT ( $r = 0,97^{**}$ ) e com a produção de rizomas por planta ( $r = 0,90^{**}$ ), mostrando evidências de sua participação na otimização do potencial vegetativo e conseqüentemente, na maximização do potencial produtivo.

No quadro 5 são apresentadas as extensões das fases de perfilhamento, referentes às quatro épocas de plantio avaliadas e os acúmulos médios e máximos de MSPe verificados.

O plantio em 20/NOV (época mais favorável à produção de perfilhos) proporcionou um acúmulo médio de MSPe 259% superior à média de MSPe verificada no plantio mais atrasado (20/JAN) e de 164% e 117% para os plantios de 20/DEZ e 20/OUT. Nota-se, então, que as diferenças no acúmulo de MSPe foram proporcionalmente menores, à medida que se observou períodos de perfilhamento de amplitudes mais semelhantes.

Entretanto, não só a extensão do período de perfilhamento está relacionado com o sucesso da planta em produzir MSPe. Certamente, outras situações decorrentes do manejo da época de plantio foram decisivos. Conforme apresentado no item 5.1.1, o início do perfilhamento foi influenciado significativamente pelo fator época de plantio, o que aconteceu aos 120, 92, 87 e 86 dias após o plantio, respectivamente, para os plantios de 20/OUT, 20/NOV, 20/DEZ e 20/JAN (QUADRO 5). Esta precocidade em favor dos plantios mais tardios seria vantajosa, partindo-se do princípio de que a planta poderia apresentar um maior período para emissão e crescimento dos perfilhos, compensando de certa forma seu plantio mais atrasado.

QUADRO 5. Período de perfilhamento (Início, final e extensão) e acúmulos médios e máximos de MSPe (em gramas/planta), em função das épocas de plantio da cúrcuma. Lavras-M.G., 1996.

Época de Plantio	Período de Perfilhamento			MSPe (g/planta)	
	Início (d.a.p.)	Final (d.a.p.)	Extensão (dias)	Média	Máxima
20/OUT	120	197	77	9,50	10,43
20/NOV	92	176	84	20,66	32,80
20/DEZ	87	154	67	7,84	9,97
20/JAN	85	132	47	5,76	7,37

Entretanto, o que parece ter prevalecido foi o fato da planta iniciar o perfilhamento em resposta aos estímulos ambientais proporcionados pela época de plantio sem, contudo, levar em consideração sua evolução ontogênica. Tal fato se apóia na observação de alturas da planta-mãe no início do perfilhamento se apresentarem, significativamente, diferentes em função da época de plantio (Quadro 6A).

Pela figura 13 verifica-se que o plantio em 20/NOV que proporcionou maior produção de MSPe, foi também aquele que apresentou maior altura da planta-mãe no momento de entrada no período de perfilhamento. Menores alturas da planta-mãe foram constatadas à medida em que ocorreu atraso no plantio, verificando-se que a altura média das plantas-mãe do plantio em 20/JAN foi 23% menor em relação às do plantio em 20/NOV.

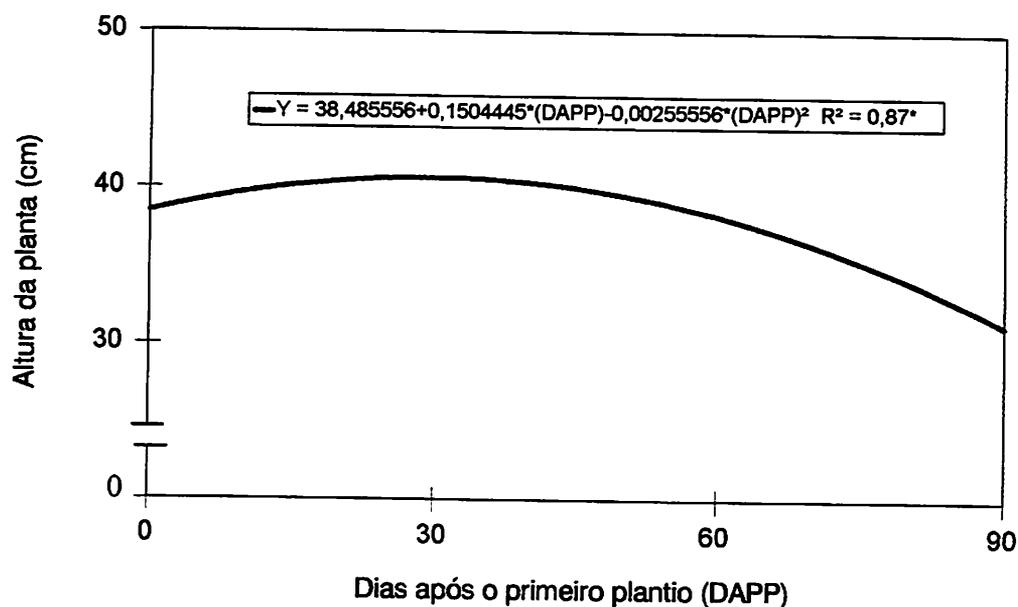


FIGURA 13. Efeito da época de plantio (0, 30, 60 e 90 dias após o primeiro plantio correspondem, respectivamente, aos plantios de 20/OUT, 20/NOV, 20/DEZ e 20/JAN) sobre a altura (cm) da planta de cúrcuma, no início do período de perfilhamento. Lavras - MG, 1996.

Outro fator decorrente do manejo da época de plantio na produção de MSPe foram as condições climáticas, especialmente, de temperatura. Quanto mais tardio foi o

plântio mais precocemente a planta sofreu o efeito da redução da temperatura ambiente em seu desenvolvimento fisiológico. Portanto, mesmo tendo entrado na etapa do perfilhamento um pouco mais cedo, em termos ontogenéticos, observa-se pelo quadro 6, uma diferença de até 2,5 °C na temperatura média dos períodos de perfilhamento. Contudo, o acúmulo de graus-dia possibilitou expressar melhor ainda, a diferença ocorrida entre os diferentes períodos de produção de MSPe dos tratamentos, por refletir uma quantidade de energia potencialmente metabólica (uma vez que o grau de aproveitamento da energia pela planta depende do nível de satisfação de outros fatores de produção, tais como nutrientes, água e densidade de plântio), advinda de temperaturas do ambiente superiores ao valor básico da espécie e da amplitude do período de perfilhamento.

QUADRO 6. Temperatura média e graus-dia ocorridos nos períodos de perfilhamento da cúrcuma, nas diferentes épocas de plântios avaliadas. Lavras-M.G., 1996.

Época de Plântio	Início perfilhamento	Época do ano correspondente	Final do perfilhamento	Época do ano correspondente	Temp. (°C) média do período	Acúmulo de Graus-dia
20/OUT	120	18/02	197	05/05	21,8	874,54
20/NOV	92	20/02	176	05/05	21,8	849,32
20/DEZ	87	18/03	154	23/05	20,5	680,90
20/JAN	85	16/04	132	01/06	19,3	425,60

#### 5.4 - Matéria seca dos rizomas (MSRi):

Pelo quadro 6A observa-se que houve interação significativa ( $P < 0,01$ ) dos fatores em avaliação.

Na figura 14 verifica-se que a maior MSRi (146,20 gramas/planta) foi obtida no plântio de 20/NOV e espaçamento de 36,6 cm. Esta quantidade foi superior em 41% ao valor máximo constatado no plântio de 20/OUT e em 170,84% e 227%

respectivamente, aos valores médios observados nos plantios de 20/DEZ e 20/JAN, nos quais não houve diferença significativa entre os espaçamentos.

Nota-se que a superioridade do plantio em 20/NOV e espaçamento de aproximadamente 37 cm, para o acúmulo de MSRI, em comparação aos plantios de 20/DEZ e 20/JAN, apresenta valores relativos de superioridade muito maiores do que aqueles observados nas características de área foliar total e matéria seca da parte aérea entre as épocas citadas.

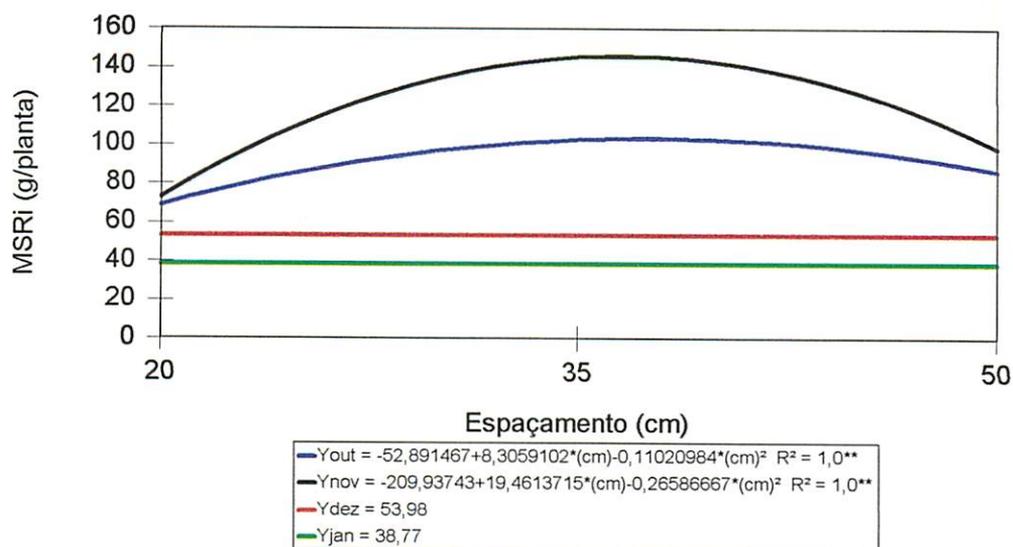


FIGURA 14. Matéria seca de rizomas (MSRI, em gramas) por planta de cúrcuma, nos plantios de 20/OUT, 20/NOV, 20/DEZ e 20/JAN, em função dos espaçamentos empregados entre plantas, na linha de plantio. Lavras - MG, 1996.

Provavelmente, além do potencial produtivo decorrente dos valores de MSPA e AFT apresentados pelas plantas, tal fato é devido à grande contribuição do período de enchimento dos rizomas, que foi substancialmente maior nos plantios realizados mais cedo 147 e 124 dias, respectivamente, para os plantios de 20/OUT e 20/NOV em comparação aos plantios de 20/DEZ (102 dias) e 20/JAN (79 dias).

### **5.5 - Acúmulo de nutrientes na matéria seca total da cúrcuma:**

O potencial de absorção, basicamente, está condicionado à disponibilidade dos nutrientes no solo e às características do vegetal que determinam a demanda da planta, ou seja, da força do dreno (Malavolta, 1980 e Faquin, 1994). Considerando-se que a disponibilidade dos nutrientes no solo foi trabalhada para que fosse a mesma à todos os tratamentos, tem-se então, que a força do dreno (neste caso, primeiramente representado pela parte aérea e depois pelos rizomas, segundo a evolução ontogênica da planta), constituiu-se no fator decisivo para ditar a variação da quantidade acumulada dos nutrientes.

No presente trabalho, pôde-se visualizar a instalação de um ciclo de coerência na planta, da seguinte forma: Plantas sob maior estresse fisiológico (cuja intensidade foi estabelecida pela interação época e densidade de plantio), apresentaram menor produção de matéria seca total (MST) comparativamente às plantas sob menor estresse. Em virtude desta menor evolução ou acúmulo de matéria seca, houve uma menor demanda (menor força do dreno) por nutrientes, a fim de atender suas exigências metabólicas e estruturais em relação às plantas de maior crescimento (maior força de dreno). Fechando o ciclo, a menor absorção de nutrientes determinada pelas condições de cultivo, por sua vez, não permitia maiores investimentos da planta em sua arquitetura e conseqüentemente, o acúmulo de nutrientes era minimizado.

Esta situação está de acordo com Mengel e Kirkby (1987) os quais salientam que se a taxa de produção de fotossintatos é alta, a quantidade de nutrientes inorgânicos precisa também ser correspondentemente alta para converter os fotossintatos em numerosos metabólitos requeridos para o crescimento vegetativo.

Foi observado que plantas com maior produção de MST (menor estresse fisiológico) apresentaram, quase que invariavelmente, maior acúmulo de todos os nutrientes, que por sua vez, apresentaram produções de rizomas condizentes com o estado nutricional do vegetal.

A seguir são apresentados as discussões relativas à cada nutriente.

### Nitrogênio:

Verifica-se no quadro 7A a interação significativa ( $P < 0,01$ ) dos fatores em avaliação, no acúmulo de nitrogênio na MST da planta.

A figura 15 mostra que a maior quantidade de nitrogênio acumulada pela planta (2865,44 mg/planta) ocorreu no plantio em 20/NOV com espaçamento de 36,5 cm entre plantas na leira. Este valor foi superior em 60,4% e 130,7% aos valores máximos observados nos plantios de 20/OUT e 20/DEZ e em 242,9% à média acumulada no plantio em 20/JAN, onde não houve diferença significativa entre os espaçamentos.

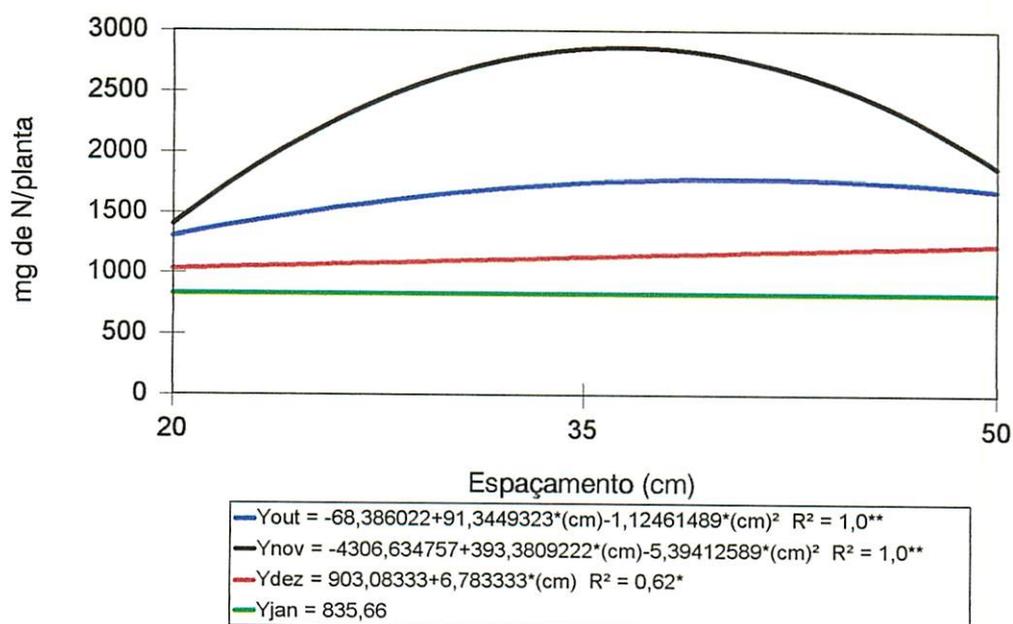


FIGURA 15. Acúmulo de nitrogênio pela planta de cúrcuma, nos plantios de 20/OUT, 20/NOV, 20/DEZ e 20/JAN, em função dos espaçamentos empregados entre plantas, na linha de plantio. Lavras - MG, 1996.

Conforme salientado em que o acúmulo de nutrientes acompanha a produção de matéria seca pela planta, nota-se que as diferenças de máxima quantidade de nitrogênio acumulada na planta são tanto maiores quanto mais tardio foi o plantio, condição esta que propiciou menor produção de MST (parte aérea e rizomas).

Avaliando-se somente o plantio em 20/NOV, em que verificou-se maior acúmulo de nitrogênio pela cúrcuma, observa-se uma grande variação na quantidade nutriente na planta decorrente dos espaçamentos empregados, tendo sido constatado, respectivamente, quando da utilização de 20 e 50 cm entre plantas, cerca de 49% e 66% do máximo (2865,44 mg/planta) acumulado nesta época.

Da mesma forma que observado para o plantio de 20/NOV, com exceção do plantio em 20/JAN onde não houve diferença significativa dos espaçamentos empregados no acúmulo de nitrogênio pela planta, nas demais épocas avaliadas o menor acúmulo de nitrogênio sempre ocorreu quando do emprego de 20 cm entre plantas, evidenciando o maior estresse fisiológico decorrente de efeitos diretos (menor espaço físico para crescimento da parte aérea e dos rizomas) e indiretos (menor disponibilidade de luz e menor exploração do solo) causados pela maior competição entre os indivíduos da comunidade.

A significativa superioridade do plantio em 20/NOV e espaçamento de 36,5 cm entre plantas para acúmulo total de nitrogênio pela planta pode ser assim explicado: maiores valores de AFT e MSPA (itens 5.3.2 e 5.3.3) verificados aos 40 e 37,7 cm no plantio de 20/NOV, propiciadas pelas melhores condições de cultivo, como num "feedback" determinaram para situações muito próximas à elas (20/NOV x 36,5cm) o acúmulo de nitrogênio na parte aérea. Tal fato retrata o relato de Faquin (1994) o qual diz que cerca de 90% do nitrogênio total da planta encontra-se na forma orgânica e é assim que desempenha as suas funções, seja como componente estrutural de macromoléculas ou constituinte de enzimas. Neste sentido, plantas com maior MSPA e AFT, naturalmente, apresentaram maior quantidade de nitrogênio acumulado.

Soma-se, ainda, além da participação do nitrogênio em ácidos nucléicos, nucleotídeos e fitormônio auxina, relacionados com processos de divisão e alongamento celular, diferenciação (perfilhamento), compostos energéticos, um outro processo bastante associado à produção de MSPA e AFT pelas plantas e conseqüentemente, do expressivo diferencial no acúmulo de nitrogênio no plantio de 20/NOV e espaçamento de 36,5 cm entre plantas. Trata-se, provavelmente, da síntese e ação mais intensiva das giberelinas, as quais segundo Salisbury e Ross (1992) são

fitormônios relacionados com a expansão celular. Embora não tenham sido quantificadas, provavelmente, o menor estresse fisiológico, decorrente de temperatura média mais alta no período, conjugado ao espaçamento mais adequado, tenha favorecido os processos de síntese e ação do fitormônio concorrendo para o maior crescimento da área foliar. Consequentemente, gerou-se uma maior demanda por nutrientes, entre eles de nitrogênio.

Concomitantemente, tendo-se verificado maior absorção e acúmulo de nitrogênio, acredita-se que tal condição pode ter favorecido ao maior armazenamento de giberelinas, evitando ou diminuindo sua degradação, uma vez que Metivier (1979) relata a capacidade das giberelinas de se conjugarem a compostos nitrogenados, principalmente, aminoácidos e proteínas, permitindo, possivelmente, um efeito mais acentuado ou prolongado do fitormônio na constituição da parte aérea da planta.

Embora de importância incontestável, o acúmulo do nitrogênio (859,84 mg) na MSPA da planta representou apenas 30% do total acumulado pela planta. Portanto, percebe-se que há um forte acúmulo do nutriente nos rizomas. Acredita-se que tal expressão seja devido, além da maior participação (75%) da MSRi na MST da planta, à participação do nitrogênio nos processos de organogênese e crescimento dos rizomas (divisão e alongamento celular), em compostos nitrogenados tais como ácidos nucléicos, nucleotídeos (energia) e citocininas. Estas foram relacionadas por Metivier (1979) e Salisbury e Ross (1992) como fitormônio responsável pela libertação das gemas laterais da dominância apical, efeito este que pode ser visualizado na estrutura rizomatosa da cúrcuma. Também atribui-se à participação na síntese do amido, composto energético de reserva encontrado no rizoma da cúrcuma (Simmonds, 1979 e Pruthi, 1980), seja na enzima sintetase do amido ou como base nitrogenada UDP ou ADP que se ligam às moléculas de glicose.

### **Fósforo:**

Verifica-se no quadro 7A a interação significativa ( $P < 0,01$ ) dos fatores em avaliação, no acúmulo de fósforo na MST da planta.

Na figura 16 verifica-se que a maior quantidade de fósforo acumulada pela planta (550,50 mg) ocorreu no plantio em 20/NOV com espaçamento de 36,5 cm entre plantas na leira. Este valor foi superior em 61,6% e 205,1%, respectivamente, aos valores máximos observados nos plantios de 20/OUT e 20/JAN e em 208,1% à média acumulada no plantio em 20/DEZ, onde não houve diferença significativa entre os espaçamentos.

Mais uma vez, observa-se que onde o espaçamento teve efeito significativo sobre o acúmulo de fósforo, o espaçamento de 20 cm entre plantas sempre apresentou a menor quantidade do nutriente acumulada pela planta em relação aos outros espaçamentos estudados.

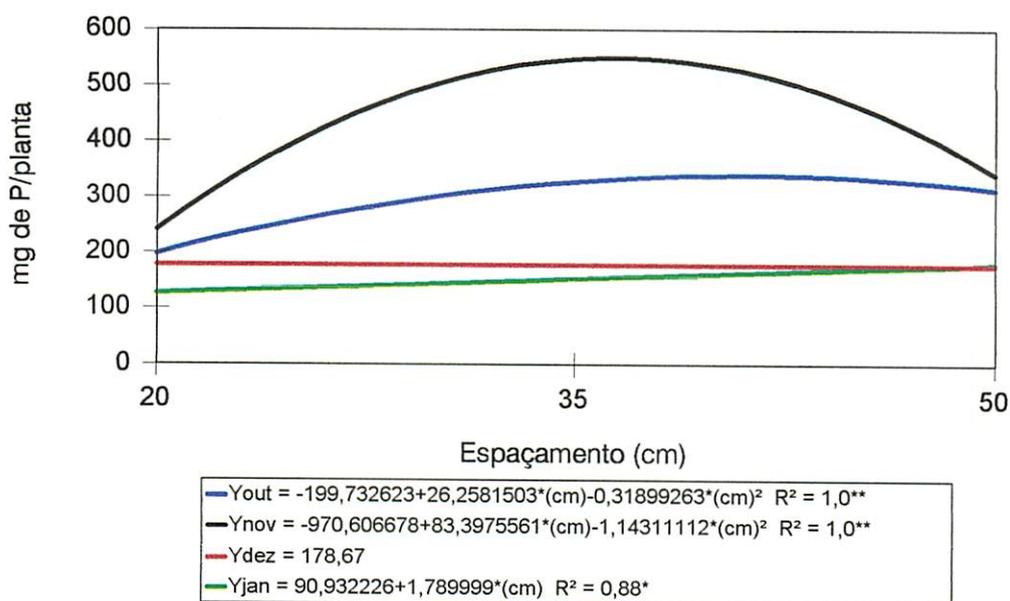


FIGURA 16. Acúmulo de fósforo pela planta de cúrcuma, nos plantios de 20/OUT, 20/NOV, 20/DEZ e 20/JAN, em função dos espaçamentos empregados entre plantas, na linha de plantio. Lavras - MG, 1996.

Embora a quantidade máxima acumulada de fósforo na MSPA tenha sido pequena (78,4 mg), cerca de 14% do total acumulado, esta quantidade foi superior em 180% à média de fósforo acumulada na MSPA, dos diferentes espaçamentos (diferença não significativa) do plantio em 20/OUT e em 90% e 177,5% aos valores

máximos observados, respectivamente, nos plantios de 20/DEZ e 20/JAN. Esta superioridade, com certeza, teve reflexos positivos sobre processos fisiológicos tais como, perfilhamento, absorção de nutrientes, produção e translocação de fotossintatos para enchimento de órgãos de reserva subterrâneos, processos estes que requerem energia química.

### **Potássio:**

Verifica-se no quadro 7A a interação significativa ( $P < 0,01$ ) dos fatores em avaliação, no acúmulo de potássio na MST da planta.

A figura 17 mostra que a maior quantidade de potássio acumulada pela planta (2693,60 mg) ocorreu no plantio em 20/NOV com espaçamento de 36,9 cm entre plantas na leira. Este valor foi superior em 125,7% à média de potássio acumulada pelas plantas dos diferentes espaçamentos (diferença não significativa) do plantio em 20/OUT e em 122% e 150% aos valores máximos observados de potássio acumulado nos plantio, respectivamente, de 20/DEZ e 20/JAN.

Assim como observado para o nitrogênio, houve grande variação da quantidade acumulada de potássio em função dos espaçamentos empregados na melhor época de cultivo da cúrcuma (20/NOV). Os acúmulos de potássio nos espaçamentos de 20 e 50 cm entre plantas corresponderam, respectivamente, a 46,7% e 67,9% do máximo observado no espaçamento de 36,9 cm.

A quantidade acumulada de potássio pela cúrcuma independente do tratamento, sempre esteve muito próxima da quantidade de nitrogênio acumulada pela planta (relação N:K de 1,06:1, no tratamento mais produtivo), ainda que com períodos de maior absorção e acúmulo um pouco diferentes.

Embora com importante participação na atividade fotossintética (Mengel e Kirkby, 1987, Marschner, 1990 e Faquin, 1994) e portanto, na formação da parte aérea, seu acúmulo na planta teve forte incremento no período de crescimento dos rizomas. Do total de potássio acumulado pela planta, somente 21% (563,32 mg) chegou a ser acumulado na MSPA, quantidade esta que mais ao final do ciclo, com a evolução da senescência, foi sendo redistribuído aos rizomas. Desta forma, quase 80% do potássio

acumulado pela planta esteve envolvido com reações de síntese, translocação e acúmulo de amido e pigmentos nos rizomas, não sendo mais acumulado na parte aérea.

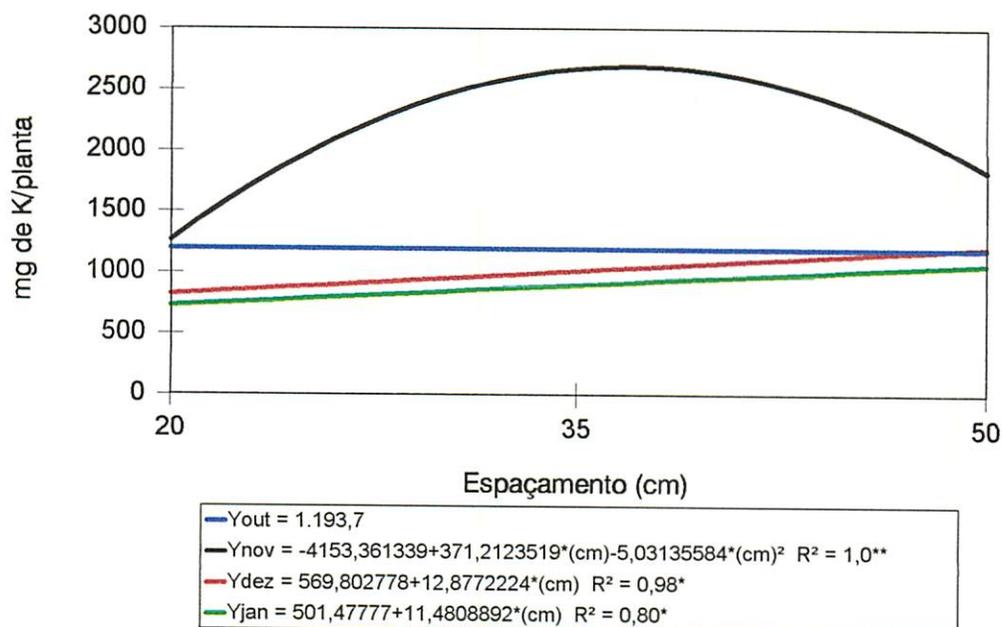


FIGURA 17. Acúmulo de potássio pela planta de cúrcuma, nos plantios de 20/OUT, 20/NOV, 20/DEZ e 20/JAN, em função dos espaçamentos empregados entre plantas, na linha de plantio. Lavras - MG, 1996.

### Cálcio:

Verifica-se no quadro 7A a interação significativa ( $P < 0,01$ ) dos fatores em avaliação, no acúmulo de cálcio na MST da planta.

A figura 18 mostra que a maior quantidade de cálcio acumulada pela planta (1085,30 mg/planta) ocorreu no plantio em 20/NOV com espaçamento de 40,4 cm entre plantas na leira. Este valor foi superior em 81,5%, 172,8% e 341,5% aos valores médios de acúmulo de cálcio observados, respectivamente, nos plantios de 20/OUT, 20/DEZ e 20/JAN, nas quais não se verificou diferença significativa entre os espaçamentos avaliados. Porém, os 1085,3 mg por planta observados no plantio de 20/NOV e espaçamento de 40,4 cm foram superiores em 157,7% e 16%,

respectivamente, aos espaçamentos de 20 e 50 cm entre plantas na leira, para a mesma época de plantio.

Contrário aos nutrientes N, P e K discutidos anteriormente, o acúmulo de cálcio na MSPA (940,6 mg) da planta foi muito expressiva (cerca de 87%) e constatou-se, portanto, pequena contribuição dos rizomas no acúmulo total deste nutriente.

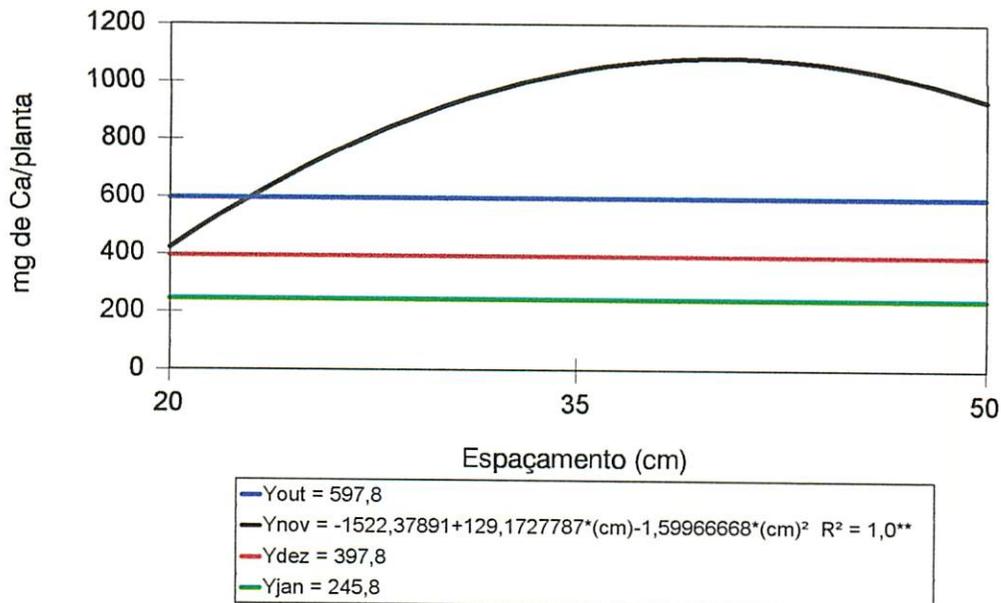


FIGURA 18. Acúmulo de cálcio pela planta de cúrcuma, nos plantios de 20/OUT, 20/NOV, 20/DEZ e 20/JAN, em função dos espaçamentos empregados entre plantas, na linha de plantio. Lavras - MG, 1996.

Surpreendentemente, os valores de acúmulo de cálcio observados na MSPA dos quatro tratamentos mais produtivos situaram-no como o nutriente em maior quantidade nos pecíolos e folhas da cúrcuma.

Atribui-se ao elevado acúmulo de cálcio à boa fertilidade do solo onde foi realizado o experimento (4,0 meq de Ca/100 cm<sup>3</sup> de solo), à adubação de plantio (item 4.3, pág. 15) a qual correspondeu à aplicação de mais 1050 mg de cálcio por cova e principalmente, conforme Malavolta (1980) e Faquin (1994) devido sua baixíssima mobilidade na planta favorecendo seu acúmulo na parte aérea.

Outro fator relativo à nutrição do cálcio merecedor de destaque é que embora a literatura cite a ocorrência da inibição competitiva do cálcio (Malavolta, 1980 e Faquin, 1994), quando em alta concentração no meio, sobre a absorção do potássio, no presente estudo parece não ter ocorrido tal fato, ou o foi de forma muito modesta, uma vez que a absorção de potássio aconteceu de forma crescente com a evolução do desenvolvimento da planta, atendendo sua exigência e atingindo ao final um valor bastante expressivo de 2693,6 mg de K por planta. Certamente, a não constatação da inibição se deve ao alto teor de potássio no solo (Quadro 2, pág. 16), somado ainda à adubação realizada, mantendo-se um equilíbrio adequado entre os cátions no solo.

### **Magnésio:**

Verifica-se no quadro 8A a interação significativa ( $P < 0,05$ ) dos fatores em avaliação, no acúmulo de magnésio na MST da planta.

Na figura 19 verifica-se que a maior quantidade de magnésio acumulada pela planta (823,04 mg/planta) ocorreu no plantio em 20/NOV com espaçamento de 38,4 cm entre plantas na leira. Assim como observado para o cálcio, não houve diferença significativa entre os espaçamentos, para acúmulo de magnésio na MST, nas épocas de plantio de 20/OUT, 20/DEZ e 20/JAN, sendo o valor de 823,04 mg de Mg por planta superior em 85%, 187% e 220,3% aos valores médios de acúmulo do nutriente nas respectivas épocas de plantio.

Contrariamente ao N, P e K que tiveram seus acúmulos significativamente favorecidos com o crescimento dos rizomas e semelhante ao cálcio, os 670,70 mg de magnésio acumulados na MSPA representaram cerca de 80% do total acumulado pela planta, no plantio de 20/NOV e espaçamento de 38,4 cm. Este fato parece estar de acordo com Malavolta (1980) e Faquin (1994) onde atribuem ao magnésio importante participação na síntese protéica, fotossíntese e atividade enzimática. Desta forma, é natural verificar-se expressiva quantidade de magnésio na parte aérea da planta, onde ocorre um intenso metabolismo, materializado no incremento de matéria seca (processo fotossintético e no perfilhamento da planta).

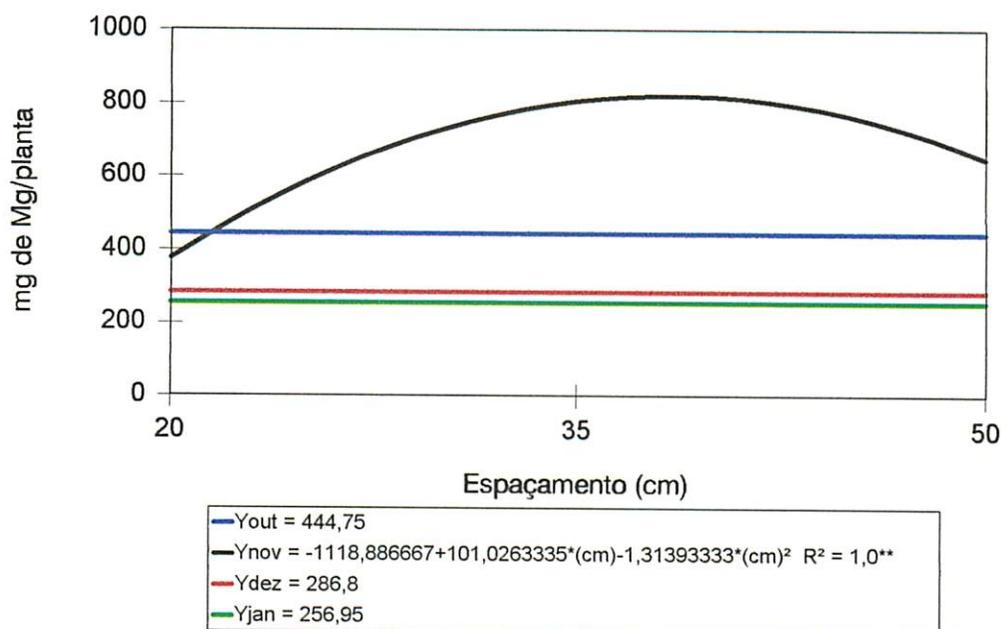


FIGURA 19. Acúmulo de magnésio pela planta de cúrcuma, nos plantios de 20/OUT, 20/NOV, 20/DEZ e 20/JAN, em função dos espaçamentos empregados entre plantas na linha de plantio. Lavras - MG, 1996.

Também foi observado que a quantidade de magnésio acumulada pela planta esteve sempre muito próxima da quantidade de cálcio (relação Ca:Mg variável entre 0,96 a 1,45:1). Outra relação estreita foi observada entre magnésio e potássio. Segundo Malavolta (1980) a relação K:Mg na planta geralmente varia de 7 a 10. Entretanto, valores muito diferentes foram observados neste trabalho, os quais situaram-se na faixa de 0,83 a 1,69:1 para a relação K:Mg na parte aérea e de 2,68 a 4,23:1 na MST, tendo-se verificado para o tratamento mais produtivo uma relação de 0,96:1 na parte aérea e de 3,27:1 na MST da planta.

Cecílio Filho *et al.*, (1995) avaliando acúmulo de nutrientes na cúrcuma (planta-mãe), em casa-de-vegetação, também constatou significativo acúmulo de magnésio inclusive, nesta oportunidade, sendo superior em 7% (425/396 mg por planta-mãe) ao acúmulo de cálcio. Os autores observaram ainda relação K:Mg de 1,56:1 na MST.

Desta forma, a cúrcuma mostra ser uma espécie bastante exigente em magnésio, assemelhando-se à bananeira (*Musa sp.*) que embora de famílias

diferentes, pertencem à mesma ordem Zingiberales ou atualmente chamada de Scitamineae (Tomlinson, 1969).

### Enxofre:

Verifica-se no quadro 8A a interação significativa ( $P < 0,01$ ) dos fatores em avaliação, no acúmulo de enxofre na MST da planta.

Na figura 20 verifica-se que a maior quantidade de enxofre acumulada pela planta (90,11 mg/planta) ocorreu no plantio em 20/NOV com espaçamento de 38 cm entre plantas na leira. Este valor foi superior em 40,3% e 65,3% aos valores máximos observados nos plantios de 20/OUT e 20/JAN e em 44,9% à média acumulada no plantio em 20/DEZ, onde não houve diferença significativa entre os espaçamentos.

De todos os nutrientes discutidos até o momento, o enxofre foi aquele que apresentou menores diferenças nas quantidades acumuladas em cada época de plantio.

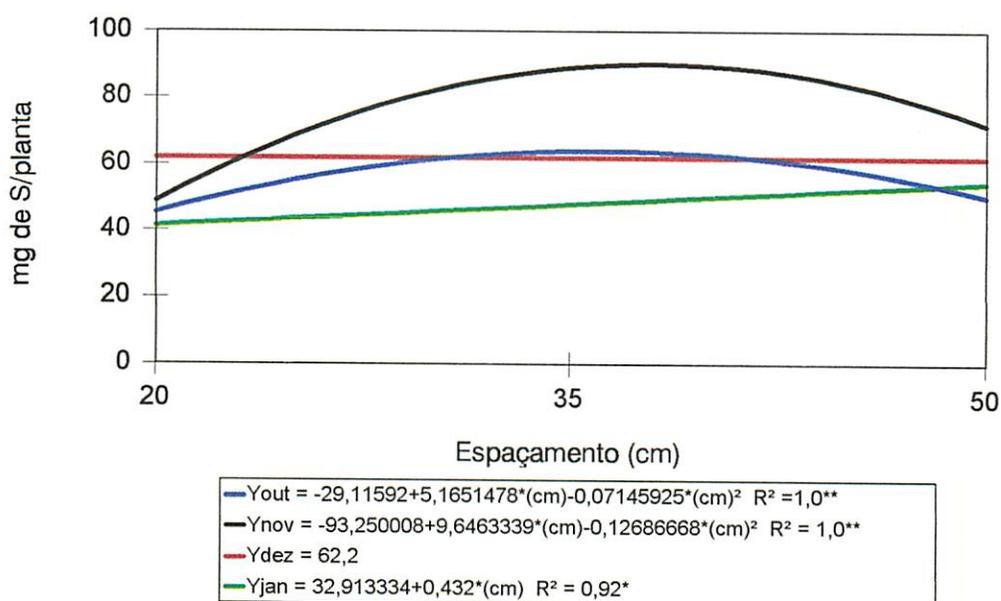


FIGURA 20. Acúmulo de enxofre pela planta de cúrcuma, nos plantios de 20/OUT, 20/NOV, 20/DEZ e 20/JAN, em função dos espaçamentos empregados entre planta, na linha de plantio. Lavras - MG, 1996.

Corroborando com estas evidências, foi a constatação de deficiência de enxofre (atribuída em função do amarelecimento de folhas mais novas) nas plantas, principalmente, dos plantios de 20/OUT e 20/NOV, cerca de 30 a 45 dias antes da colheita, quando a taxa de incremento dos rizomas era alta. A intensidade da deficiência foi diretamente proporcional ao acúmulo de MSPA e MSRi e portanto, foi visualmente mais significativa nos plantios de 20/OUT e 20/NOV quando empregou-se espaçamento de 35 e 50 cm entre plantas. Nas plantas do plantio de 20/JAN, não foi constatado o sintoma visual de deficiência, enquanto no plantio de 20/DEZ houve manifestação atenuada da deficiência.

Sabendo-se da participação do enxofre em um número grande de compostos com funções estruturais e metabólicas (Malavolta, 1980 e Faquin, 1994), e por ser componente da acetil-CoA influenciando todo o metabolismo de gorduras e carboidratos (Vitti, Malavolta e Ferreira, 1988) sua deficiência, certamente, afetou negativamente a fotossíntese e possivelmente, deve ter favorecido um acúmulo de carboidratos solúveis, com conseqüente elevação da relação C solúvel / C amido. Estes distúrbios fisiológicos, muito provavelmente, devem ser os responsáveis pelos pequenos incrementos na produção de rizomas por planta nos últimos 30 dias do ciclo, dos tratamentos que expressaram maior severidade da carência nutricional de enxofre. Nestes tratamentos, a média de incremento foi de 6,75% nos últimos 30 dias do ciclo, comparado a um incremento médio de 19,4% verificado no mesmo período nos plantios em 20/OUT e 20/NOV porém, no menor espaçamento (20 cm entre plantas) os quais manifestaram visualmente deficiência menos severa.

#### **Boro:**

Verifica-se no quadro 8A a interação significativa ( $P < 0,05$ ) dos fatores em avaliação, no acúmulo de boro na MST da planta.

A figura 21 mostra que a maior quantidade de boro acumulada pela planta (1,64 mg/planta) ocorreu no plantio em 20/NOV com espaçamento de 38 cm entre plantas na leira. Este valor foi superior em 114% e 31,5% aos valores de boro acumulado nos espaçamentos de 20 e 50 cm, respectivamente, ambos do plantio de 20/NOV. Para os

plantios de 20/OUT, 20/DEZ e 20/JAN, nos quais não foram observadas diferenças significativas entre os espaçamentos avaliados, os valores médios de acúmulo de boro foram de 0,763 mg, 0,532 mg e 0,38 mg por planta, respectivamente. Estes valores correspondem a 46,5%, 32,4% e 23,2% do acúmulo de boro verificado nas plantas decorrentes do plantio em 20/NOV e 38 cm entre plantas.

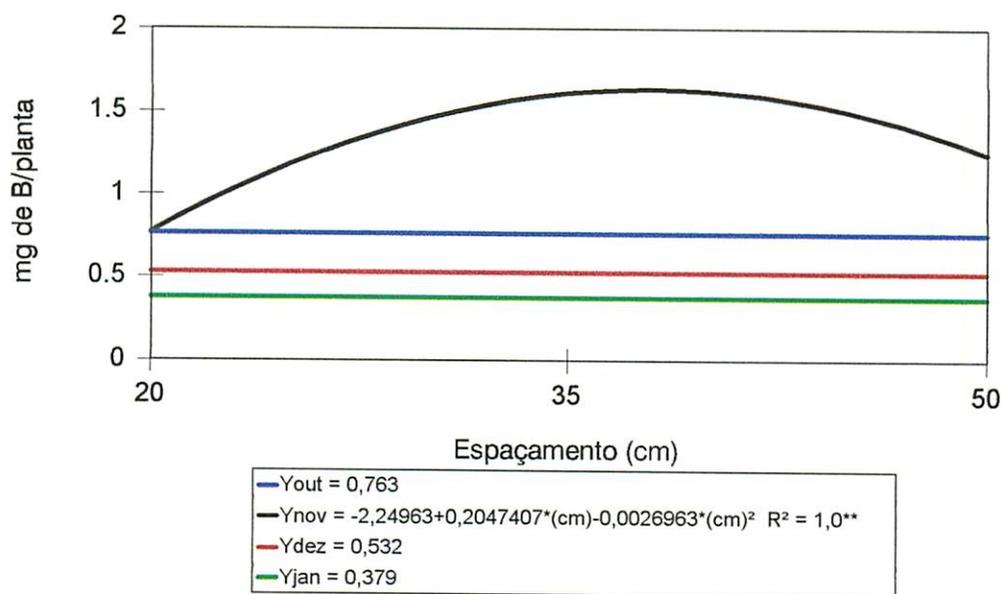


FIGURA 21. Acúmulo de boro pela planta de cúrcuma, nos plantios de 20/OUT, 20/NOV, 20/DEZ e 20/JAN, em função dos espaçamentos empregados entre plantas, na linha de plantio. Lavras - MG, 1996.

A quantidade de boro acumulada na parte aérea, por ser um nutriente de baixa mobilidade na planta (Faquin, 1994), tal como o cálcio, representou na média dos tratamentos, 67% do total de boro acumulado pela planta.

Embora não tenha sido constatada deficiência de boro, o maior acúmulo do nutriente em plantas de certos tratamentos (destaque para o plantio em 20/NOV e espaçamento de 38 cm entre plantas) com certeza auxiliou no incremento da produtividade destas plantas pois, conforme Dechen, Haag e Carmello (1991) o boro participa na biossíntese de carboidratos, bem como no transporte destes através do floema, o que no caso da cúrcuma é de significativa importância, por se tratar de uma espécie acumuladora de reservas em órgãos subterrâneos. Somam-se, ainda, sua

exigência na síntese da base nitrogenada uracila, a qual é componente essencial do RNA e desta forma, afeta a síntese protéica e divisão celular.

### **Zinco:**

Verifica-se no quadro 8A a interação significativa ( $P < 0,01$ ) dos fatores em avaliação, no acúmulo de zinco na MST da planta.

A figura 22 mostra que a maior quantidade de zinco acumulada pela planta, assim como para todos os outros nutrientes discutidos, ocorreu no plantio em 20/NOV.

O espaçamento entre plantas em que foi maximizada a quantidade de zinco acumulada (12,53 mg/planta) foi de 36,6 cm.

Esta quantidade foi superior em 59,2% e 160% aos maiores acúmulos de zinco verificados nos plantios de 20/OUT e 20/JAN, respectivamente, e em 194% à média acumulada no plantio em 20/DEZ, onde não houve diferença significativa entre os espaçamentos.

Ao contrário do micronutriente boro, a média de acúmulo de zinco na parte aérea situou-se próximo aos 30% do Zn total da planta. Entretanto, foi para este nutriente e na parte aérea da planta que se constatou a maior diferença relativa (379%) entre acúmulos de zinco nos tratamentos avaliados.

Provavelmente, porque o zinco é essencial à síntese do triptofano, que por sua vez, é o precursor do ácido indol-acético, responsável pelo incremento do volume celular (crescimento) (Malavolta, 1980 e Faquin, 1994) e desta forma importante na formação da parte aérea da planta (MSPA). Outro fator relatado pelos pesquisadores é a participação do zinco no nível de RNA: o nutriente é componente da RNA polimerase e também atua na regulação da enzima RNAase, afetando portanto, a síntese protéica e, conseqüentemente, a divisão celular.

Também relacionado a estes dois processos influenciados pela auxina, alongamento e divisão celular, está a maior produção de rizomas conseguida pelo tratamento que maior quantidade de zinco acumulou.

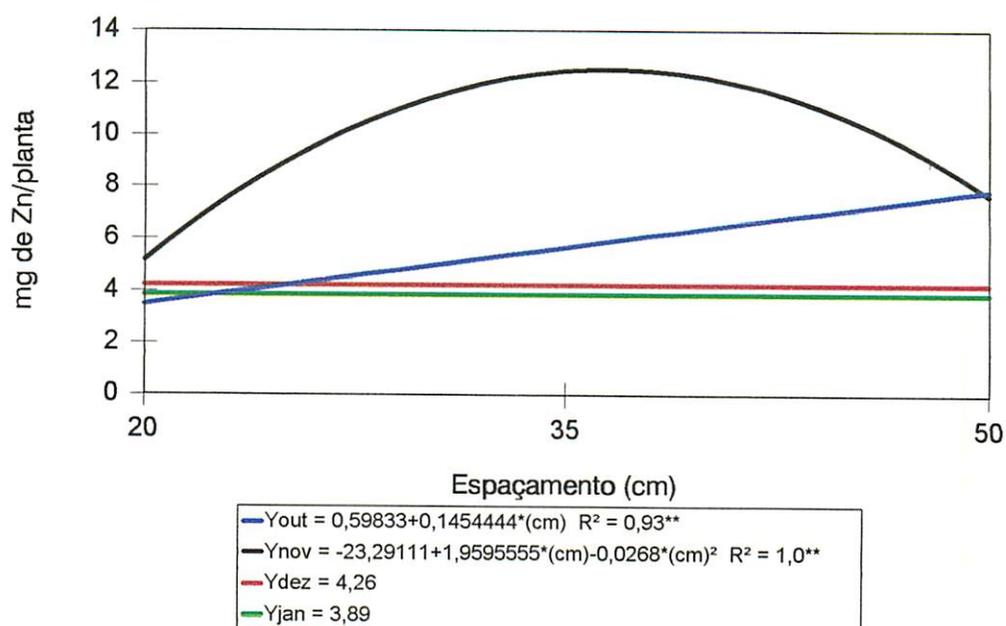


FIGURA 22. Acúmulo de zinco pela planta de cúrcuma, nos plantios de 20/OUT, 20/NOV, 20/DEZ e 20/JAN, em função dos espaçamentos empregados. Lavras - MG, 1996.

Portanto, vê-se que além de outras ativações enzimáticas apresentadas por Dechen, Haag e Carmello (1991), os processos fisiológicos anteriormente relatados mostram que o zinco está envolvido com o crescimento da planta. Desta forma, em decorrência do estresse ambiental (temperatura e fotoperíodo decrescente) sobre as plantas do plantio de 20/JAN e agravado pela forte competição entre plantas, espaçamento de 20 cm, assim como para todos os outros nutrientes anteriormente abordados, o zinco foi acumulado em quantidades muito menores em relação aos plantios realizados mais cedo e que puderam se expressar fenotipicamente melhor quando adotado de uma população mais apropriada, concorrendo para assegurar diferenças no acúmulo de MSPA, proporcionais a seu conteúdo na planta e por conseguinte, no potencial produtivo.

## 5.6 - Produtividade de rizomas por planta e por área:

No quadro 9A observa-se que houve interação significativa ( $P < 0,01$ ) dos fatores em avaliação, na produção de rizomas por planta, na colheita final.

A figura 23 mostra que a maior quantidade de rizomas produzidos pela planta (673,13 gramas) foi no plantio de 20/NOV, no espaçamento de 36,6 cm. Este valor foi superior em 41% ao valor máximo (476,99 gramas/planta) verificado no plantio de 20/OUT e espaçamento de 37,7 cm e em 170,8% e 277% aos valores médios de produção de rizomas por planta observados, respectivamente, nos plantios de 20/DEZ (248,50 gramas) e 20/JAN (178,5 gramas).

Estes resultados de produção de rizomas por planta, retratam os comportamentos apresentados pelas características altura, AFT, MSPA e MSPe das plantas de cúrcuma em função dos fatores época e densidade de plantio.

O fator época de plantio influenciou significativamente o início e duração do estágio de perfilhamento, o qual para a cúrcuma, apresenta-se como uma etapa decisiva na quantidade de MSPA a ser acumulada pela planta, bem como na constituição do dossel fotossintético e período de crescimento vegetativo (PCV).

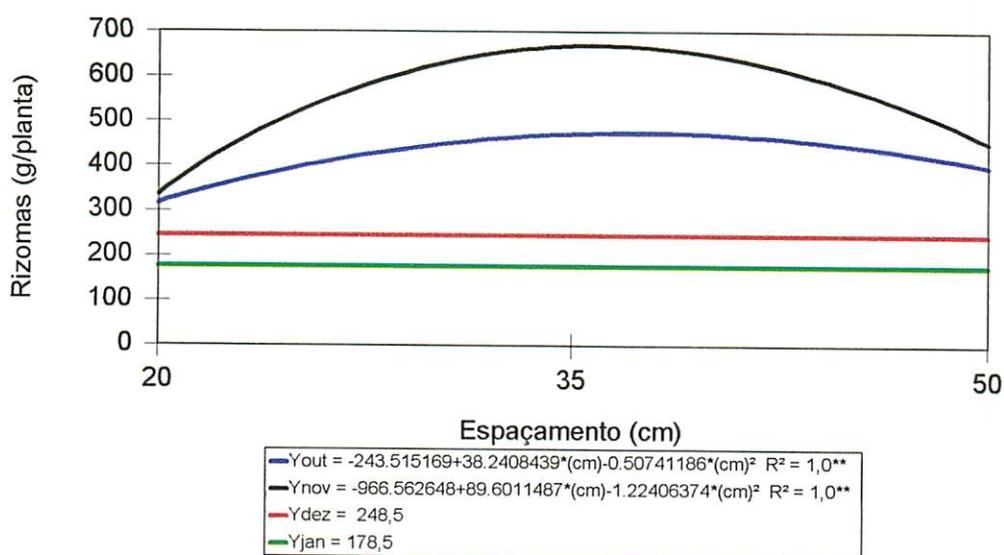


FIGURA 23. Produção de rizomas de cúrcuma, em gramas por planta, nos plantios de 20/OUT, 20/NOV, 20/DEZ e 20/JAN, em função dos espaçamentos empregados entre plantas, na linha de plantio. Lavras - MG, 1996.

Em síntese, o efeito da época de plantio foi proporcionado pelas melhores condições climáticas, principalmente, térmicas propiciadas em favor do plantio mais cedo (até 20/NOV) em comparação, principalmente, aos períodos correspondentes aos plantios de 20/DEZ e 20/JAN. Esta diferença pôde ser quantificada pelo acúmulo de graus-dia para cada período de crescimento vegetativo, ou seja, de calor efetivo a ser utilizado pela planta na constituição da MSPA e AFT, conseqüentemente, no acúmulo de nutrientes, comprovadamente importantes na expressão do potencial produtivo da planta (Castro, 1987; Mengel e Kirkby, 1987; Mondin, 1988; Marschner, 1990 e Squire, 1990). Neste sentido, foi constatado para os plantios de 20/OUT, 20/NOV, 20/DEZ e 20/JAN, respectivamente, o acúmulo de 2425, 2053, 1831 e 1501 graus-dia.

Estes dados refletem observações de Jha, Sharma e Maurya (1983) e Randhawa *et al* (1984) que avaliando épocas de plantio da cúrcuma, na Índia, concluíram que o atraso no plantio resulta em menor período de efetivo crescimento da parte aérea e enchimento dos rizomas, pois no inverno as baixas temperaturas induzem a paralisação do crescimento e redução da atividade fotossintética das folhas e conseqüentemente, menor quantidade de reservas são acumuladas nos rizomas. As baixas temperaturas que determinaram a paralisação do investimento por parte da planta na sua arquitetura, induzindo-a à senescência, ocorreram mesmo antes do inverno, mais precisamente, a partir do terço final do outono (20 de maio) o que tornou mais significativo o efeito depressivo dos plantios mais tardios.

Outro fator que somado ao desenvolvimento vegetativo, expresso pelas características de crescimento, altura, MSPA, MSPe e AFT, que auxilia no estudo da produção de rizomas por planta é o período de crescimento dos rizomas.

Conforme apresentado no item 5.1.2 (pág. 29), a extensão do período de crescimento dos rizomas também foi uma característica influenciada pela época de plantio, tendo sido observado valores de 147, 124, 102 e 79 dias, respectivamente, para os plantios de 20/OUT, 20/NOV, 20/DEZ e 20/JAN. Nestes períodos, foram constatados com base no diferencial de temperatura ambiente e temperatura base da

planta, uma disponibilidade de calor, respectivamente, de 1359, 1059, 766 e 553 graus-dia, energia esta potencialmente utilizável pela planta, uma vez que sua utilização depende de outros fatores tais como nutrição mineral da planta e disponibilidade hídrica do solo. Desta forma, nota-se ter havido uma diferença de 552 e 506 graus-dia nos períodos de crescimento vegetativo e de rizomas, entre a melhor época de plantio (20/NOV) e a menos adequada (20/JAN).

Para algumas espécies cultivadas, a maior ou menor disponibilidade de unidades de calor, promove a antecipação ou atraso da colheita, com conseqüente influência no encerramento do ciclo produtivo (Mota, 1983) e algumas vezes do ciclo biológico. Entretanto, estas situações para cúrcuma promoveram, respectivamente, maior ou menor produtividade de rizomas. Isto porque o produto de interesse econômico da cúrcuma, os rizomas, são dependentes em número e tamanho, do crescimento vigoroso da parte aérea e do seu período de enchimento, para os quais um maior acúmulo de graus-dia mostrou-se adequado em virtude de ter propiciado maior extensão e diferencial entre temperatura ambiente e temperatura base da planta nos períodos anteriormente citados, favorecendo atividades metabólicas da planta.

Contudo, há de se destacar também, o efeito da densidade de plantio sobre a produção das plantas. Analisando-se a figura 23 (pág. 65) verifica-se que no plantio em 20/NOV (melhor época para produção de rizomas) a cúrcuma apresentou resposta quadrática da produção de rizomas em função da densidade de plantio, obedecendo todo um comportamento traçado pelas características MSPA, MSPe, AFT e altura das plantas, discutido em seus respectivos itens.

Ao contrário do que se esperava inicialmente, conforme apresentado na segunda hipótese (item 3, pág. 12), o plantio em 20/OUT não proporcionou a maior produção de rizomas por planta. Embora tendo apresentado maior ciclo, períodos de crescimento vegetativo e de rizomas, e portanto, com maior acúmulo de graus-dia nos períodos anteriormente descritos, não se verificou proporcionalidade direta destes com a produção de rizomas, assim como constatado para as outras épocas de plantio avaliadas. Verificou-se a importância de se fazer o plantio de rizomas-semente brotados, a fim de permitir rápida emergência das plantas e evitar posteriormente,

conforme observado por Squire (1990), a ocorrência de distúrbios fisiológicos comprometendo o metabolismo da planta, exteriorizado no presente trabalho, pelo menor acúmulo de MSPA, MSPe, AFT e altura de plantas, em relação às plantas do plantio de 30 dias mais tarde.

Portanto, em resumo tem-se que tal conjunto de condições favoráveis (temperatura, densidade de plantio e extensão dos períodos de crescimento vegetativo e de rizomas) permitiram ao plantio da cúrcuma em 20/NOV a máxima produção de rizomas por planta (673,1 g/planta) quando do emprego de 36,6 cm entre plantas na linha de plantio. Este valor representou uma taxa de produção de 5,43 gramas de rizomas/planta/dia, o que correspondeu ao incremento diário de pouco mais de um rizoma-semente plantado.

Esta taxa foi superior em 100% à taxa de produção de rizomas apresentada pelas plantas do próprio plantio de 20/NOV porém, com espaçamento de 20 cm entre plantas e superior em 100%, 122% e 140% à taxa média de produção de rizomas observadas, respectivamente, nos plantios de 20/OUT, 20/DEZ e 20/JAN.

Quanto à produção de rizomas por área, também foi observado interação significativa ( $P < 0,01$ ) dos fatores em avaliação (QUADRO 9A).

A figura 24 mostra que houve um comportamento quadrático da produção de rizomas por área em função do espaçamento entre plantas, para os plantios de 20/OUT e 20/NOV. Nas demais épocas avaliadas, houve redução linear da produção de rizomas à medida em que aumentou-se o espaçamento entre plantas na linha de plantio.

A maior produtividade (24.678,82 kg/ha) foi obtida no plantio de 20/NOV e espaçamento entre plantas de aproximadamente 30 cm (30,3 cm), sendo superior em 20%, 88% e 148% às maiores produtividades obtidas, respectivamente, nos plantios de 20/OUT, 20/DEZ e 20/JAN.

Verifica-se que ao contrário do constatado para a produção de rizomas por planta, onde houve visível correlação entre as características MSPA, MSPe, AFT e altura de plantas com a produção individual de rizomas, a decisiva participação do estande na definição do comportamento da produção de rizomas por área.

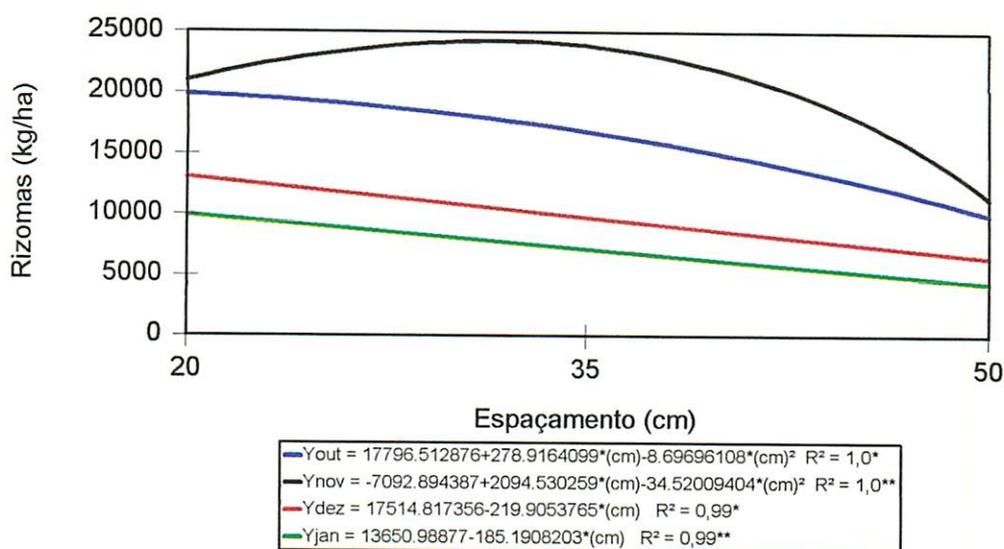


FIGURA 24. Produção de rizomas de cúrcuma, em kg/ha, nos plantios de 20/OUT, 20/NOV, 20/DEZ e 20/JAN, em função dos espaçamentos empregados entre plantas, na linha de plantio. Lavras - MG, 1996

Somente foi constatada semelhança entre os comportamentos da produção de rizomas por planta e por área no plantio de 20/NOV. Nesta época e sob espaçamento entre plantas de 36,6cm a expressão das características de crescimento e de produção por planta foi tão superior em relação às plantas dos outros espaçamentos avaliados (20 e 50 cm) que o diferencial de estande não conseguiu reverter o comportamento individual.

Entretanto, mesmo tendo-se mantido o comportamento quadrático de resposta ao espaçamento empregado entre plantas na linha de plantio, houve alteração no espaçamento que proporcionou o valor máximo de produção por área. Neste caso, a otimização da produção ocorreu no espaçamento de 30 cm entre plantas na linha de plantio, ao invés dos 36,6 cm verificados para maximização da produção de rizomas por planta. Nota-se, então, que o espaçamento que proporcionou a maior produção de rizomas por área encontra-se muito próximo do espaçamento entre plantas (30,5 cm) necessário para obter-se máximo índice de área foliar (IAF).

Esta constatação está de acordo com Magalhães, 1979; Mota, 1983; Philip e Nair, 1983; Mengel e Kirkby, 1987; Castro, 1987 e Marschner, 1990), os quais relatam que é preciso otimizar o IAF para se ter maximizada a produção econômica, no caso da cúrcuma, de rizomas. Por este motivo e resultante de observações no decorrer deste trabalho, acredita-se que novos estudos devam ser realizados principalmente com densidade de plantio trabalhando-se o espaçamento entre linhas, a fim de tornar mais adequado (otimizar) o IAF, o que sem dúvida possibilitará incrementos na produtividade.

Contudo, a maior produtividade (24.678,82 kg/ha) obtida no presente trabalho encontra-se muito próxima às produtividades de rizomas conseguidas na Índia, como por exemplo, 22.910 kg/ha (Shah e Muthuswami, 1981), 13.130 kg/ha (Ponnuswamy e Muthuswami, 1981), 28.125 kg/ha (Philip, 1983a), 6.632 a 50.086 kg/ha constatadas por Philip e Nair (1983) na avaliação de 19 germoplasma e conforme Ramachandran e Muthuswami (1984) rendimentos que variaram de 23.600 a 52.250 kg/ha em função da densidade e sistema de plantio (em camalhão ou não).

Há de se ressaltar, entretanto, pelo menos um fator que parece ter contribuído para maiores produtividades na Índia. Trata-se da grande diferença de estande entre as situações. Neste trabalho a máxima produtividade ocorreu num estande de 41.666 plantas/ha, dentro de uma amplitude de 25.000 a 62.500 plantas/ha em avaliação, densidade esta, bastante inferior em relação às densidades empregadas naquele país, onde normalmente são adotados estandes superiores a 110.000 plantas/ha, ratificando-se desta forma, a sugestão de se realizarem novos estudos quanto à densidade de plantio.

Por outro lado, os resultados obtidos neste trabalho em função dos fatores avaliados, época e densidade de plantio, evidenciam junto às características de condução deste experimento, a expressão do potencial produtivo desta espécie em resposta à tecnologia de produção adotada. Neste sentido, nota-se que a produtividade de 24.678,82 kg/ha é muito superior à produtividade média de 12.000 kg/ha do município de Mara Rosa, em Goiás (Açafrão...,1994). A diferença mostra-se ainda maior quando é considerado a densidade de plantio e o ciclo de cultivo entre as duas

situações. No município goiano o plantio é realizado com espaçamento de 50 cm entre linhas e 20 plantas por metro linear, o que perfaz um estande de 400.000 plantas por hectare e um período médio de condução da cultura, entre plantio e colheita, de 18 meses (Açafrão...,1994). Em contra partida, a maximização da produtividade de rizomas no presente estudo aconteceu num estande de 41.666 plantas/ha, cerca de 10% da densidade adotada pelos produtores de Mara Rosa (GO) e num ciclo de oito meses.

Contudo, é necessário ressaltar a grande diferença no sistema de condução entre as duas situações, onde no presente caso foram realizadas irrigações, fertilização química e controle de plantas daninhas.

Em termos de rendimento de pó-de-cúrcuma, a máxima produtividade de rizomas (24.678,82 kg/ha) obtida no plantio de 20/NOV e espaçamento de 30 cm entre plantas na linha de plantio, permite a obtenção de 5.360,24 kg/ha de pó, resultante da constatação de taxa de conversão\* de rizoma *in natura* à pó de 21,72%.

### **5.7 - Teor de curcumina nos rizomas e rendimento por área:**

Pelo quadro 9A observa-se que houve efeito significativo ( $P < 0,01$ ) somente do fator época de plantio sobre o teor (%) do corante curcumina nos rizomas.

Na figura 25 observa-se uma redução linear do teor do corante a medida em que mais tardio foi realizado o plantio.

Entre o plantio de 20/OUT e o de 20/JAN constata-se uma redução de 18,2% no teor de curcumina presente nos rizomas. Esta observação confirma a hipótese levantada no início do trabalho (item 3, pág. 12). Provavelmente, este fato é devido a uma taxa de síntese e acumulação de pigmentos em intensidades maiores com a evolução do ciclo da planta e conseqüentemente dos rizomas, pois conforme Goodwin (1983), embora avaliando carotenóides em cenoura, observou que a concentração destes pigmentos nas raízes aumentou com o crescimento do órgão de reserva, atingindo o máximo aos 100 dias após o plantio, ou seja, bem próximo à colheita.

---

\* Pó-de-cúrcuma obtido pela seca e moagem dos rizomas, segundo metodologia descrita no item 4.4.3.5.

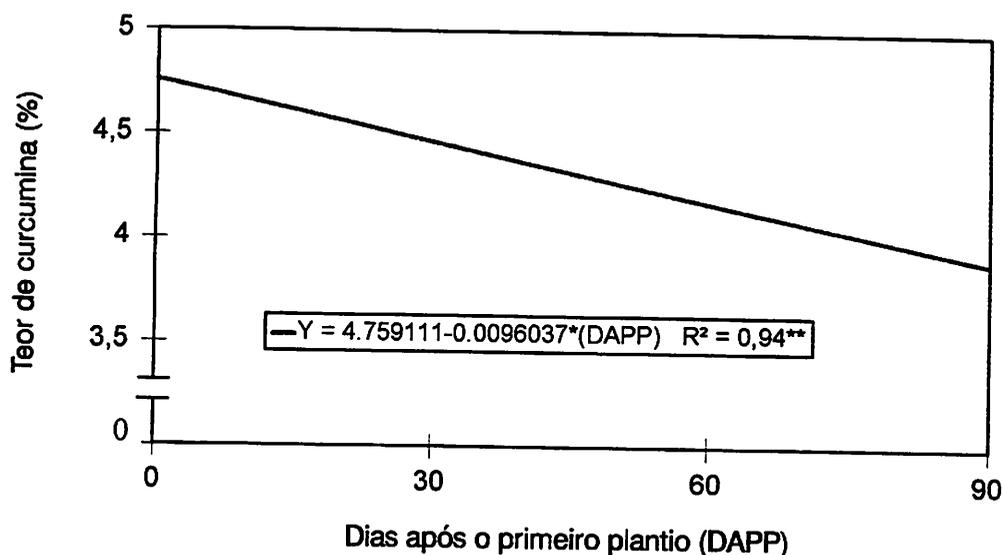


FIGURA 25. Teor (%) do corante curcumina nos rizomas da cúrcuma, em função da época de plantio (0, 30, 60 e 90 dias após o primeiro plantio, correspondem respectivamente aos plantios de 20/OUT, 20/NOV, 20/DEZ e 20/JAN). Lavras - MG, 1996.

Embora não tenham sido realizadas análises do teor do corante durante o período de crescimento dos rizomas, visualmente percebeu-se que a cor interna destes foi se acentuando com o aumento de seu tamanho.

Como o atraso no plantio proporcionou menores períodos de crescimento dos rizomas (item 5.1.2, pág. 29) houve portanto, menor período para síntese e acúmulo do corante, pelo menos proporcionalmente à taxa de crescimento do rizoma que vinha sendo praticada.

Verifica-se a necessidade de um programa de melhoramento para a espécie, aqui no Brasil, no qual serão conseguidos, certamente, ganhos substanciais no teor do corante nos rizomas de cúrcuma, uma vez que a concentração média de 4,76% do corante nos rizomas do plantio de 20/OUT encontra-se bem abaixo dos maiores teores, 7,58% observado por Philip (1983a) em avaliação de germoplasma de cúrcuma.

Para rendimento de curcumina (kg/ha) verifica-se que houve interação significativa ( $P < 0,01$ ) dos fatores época e densidade de plantio (QUADRO 9A).

Na figura 26 observa-se que o maior rendimento do corante (243,40 kg/ha) foi obtido no plantio em 20/NOV e espaçamento de 30 cm entre plantas na linha, no qual também foi constatada a maior produtividade de rizomas por área. Este rendimento encontra-se próximo à valores obtidos por pesquisas conduzidas na Índia, tais como Philip (1983a) que avaliando o germoplasma obteve rendimento médio de 222,83 kg/ha ( $\pm 65,11$  kg/ha) de curcumina por hectare.

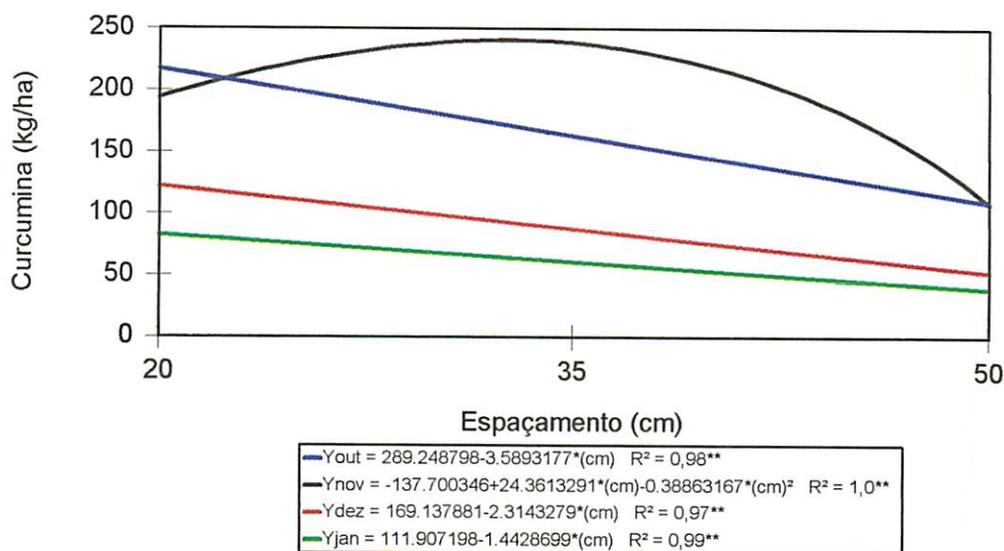


FIGURA 26. Produção do corante curcumina, em kg/ha, nos plantios de 20/OUT, 20/NOV, 20/DEZ e 20/JAN, em função dos espaçamentos empregados entre plantas, na linha de plantio. Lavras - MG, 1996

O mesmo comportamento entre rendimento do corante e produtividade de rizomas foi observado nas demais épocas de plantio nas quais, com o emprego de maiores espaçamentos entre plantas na linha de plantio (menores populações) foram observadas menores produtividades de rizomas e conseqüentemente, do corante. Nota-se que entre o maior rendimento (243,40 kg/ha) do corante e o menor (39,76kg/ha) verificado no plantio mais tardio (20/JAN) e menor densidade de plantio (50 cm entre plantas) a superioridade chega a ser de 512%.

Esta diferença é devida além do próprio diferencial de estande verificado nesta situação, 41666 plantas/ha para o plantio de 20/NOV e 30 cm entre plantas em relação

às 25000 plantas/ha do plantio de 20/JAN e 50cm entre plantas, às características peculiares das épocas de plantio avaliadas, que determinaram em função destas condições maiores ou menores MSPA, MSPe, AFT e PCV das plantas de cúrcuma concorrendo para correspondentes produções de rizoma por planta e por conseguinte, do acúmulo do pigmento. Outro fator que também auxilia na explicação de tão grande diferença observada no rendimento do corante entre as épocas, é que os pigmentos parecem ser sintetizados e acumulados em maior intensidade à medida em que se tem maior maturidade da planta ou do órgão de reserva.

Neste sentido, como plantios mais tardios apresentaram redução do período de crescimento de rizomas, além de condições termo-fotoperiódicas mais críticas para desenvolvimento da planta, e que a síntese e acúmulo dos pigmentos parece ocorrer em intensidade proporcional ao crescimento do órgão de reserva, os plantios realizados mais cedo beneficiaram-se por apresentarem um maior período de crescimento dos rizomas, permitindo assim, um maior período de síntese e acúmulo do corante. Entretanto, ao contrário do observado para teor de curcumina, em que foi nítido o efeito da época de plantio, ou seja, da extensão do ciclo, maior produtividade do corante foi determinada pela marcante diferença entre as produtividades de rizomas por área, expressas pelos fatores em avaliação, contrariando em parte a terceira hipótese levantada.

#### **5.8 - Marcha de absorção, exigência nutricional e exportação de nutrientes da combinação dos fatores que proporcionou maior produtividade de rizoma e do corante curcumina:**

Na figura 27 observam-se as marchas de absorção de nutrientes na parte aérea, rizomas e total, do plantio de 20/NOV e espaçamento de 30 cm entre plantas, que proporcionou maior produtividade de rizomas e curcumina.

Verifica-se para todos os nutrientes que no estágio inicial do crescimento da planta, período de pré-perfilhamento, as quantidades acumuladas dos nutrientes são em termos gráficos, praticamente desprezíveis em relação ao total acumulado.

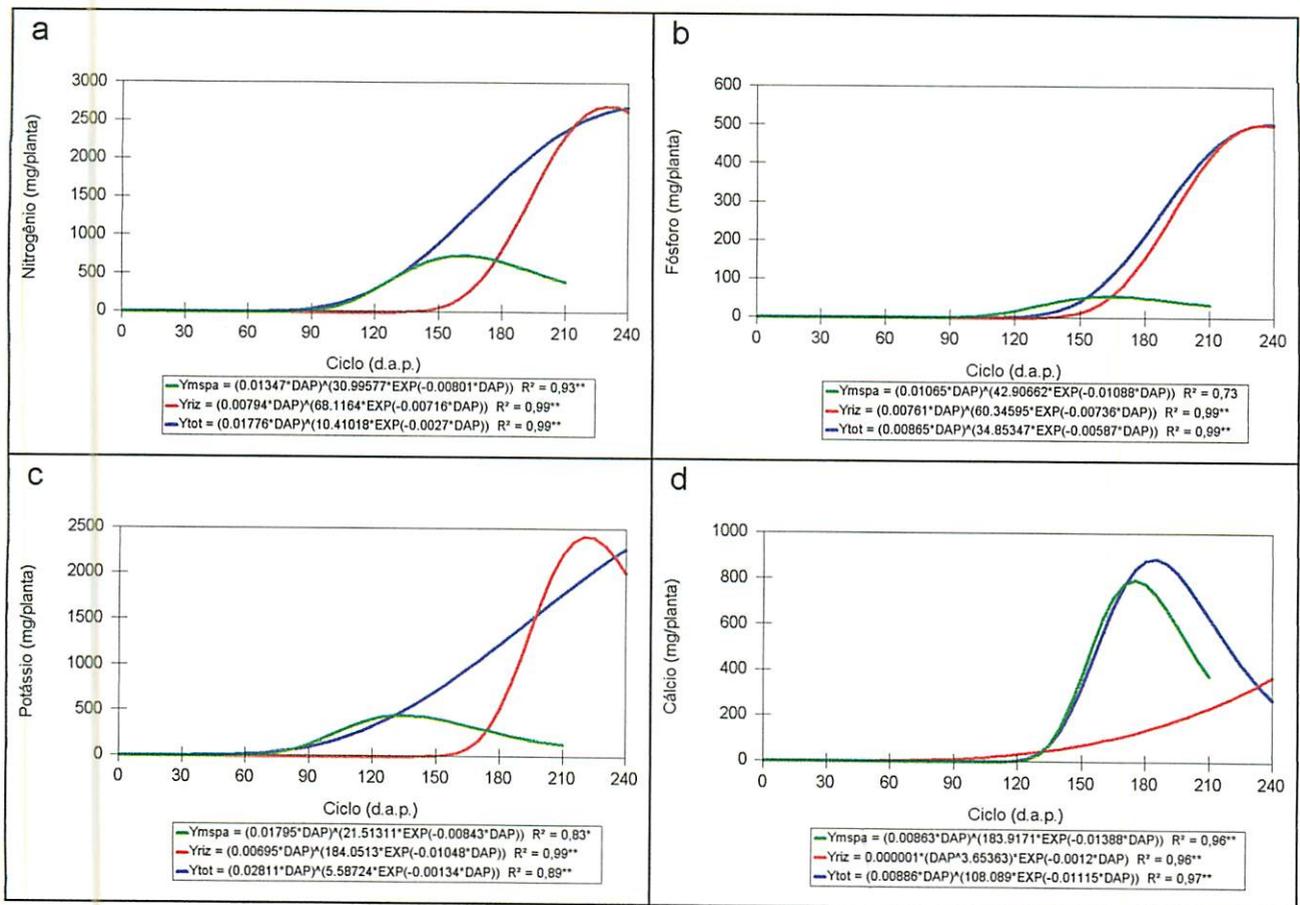


FIGURA 27. Marcha de absorção, em mg/planta, de nitrogênio (a), fósforo (b), potássio (c) e cálcio (d), pela cúrcuma durante o seu ciclo (dias após o plantio - d.a.p.). Lavras - MG, 1996.

Para os nutrientes considerados móveis na planta (N, P, K e Mg) o acúmulo destes na parte aérea foi crescente até o momento em que a produção de rizomas passou a ser o dreno principal da planta.

Na figura 27 a, b e c, observa-se que os pontos de máximo acúmulo dos nutrientes N, P e K, na parte aérea, encontram-se muito próximo do estágio da planta em que a matéria seca da parte aérea foi maximizada (FIGURA 28). Não obstante, nota-se na mesma figura, que a partir de então, o incremento na produção de rizomas

foi acelerado, caracterizando o redirecionamento de drenos. Neste período, foi constatada uma redução nas quantidades acumuladas dos três nutrientes na parte aérea, resultante da redistribuição destes para os rizomas, órgão da planta que encontrava-se em maior atividade metabólica. Tal redistribuição foi estimulada nos últimos 60 dias (FIGURA 27 a, b e c) do ciclo quando observou-se uma progressiva redução da matéria seca da parte aérea (FIGURA 28) devido à ocorrência de baixas temperaturas, as quais, conforme discutido no item 5.1.1 (pág. 21), determinaram a senescência da planta.

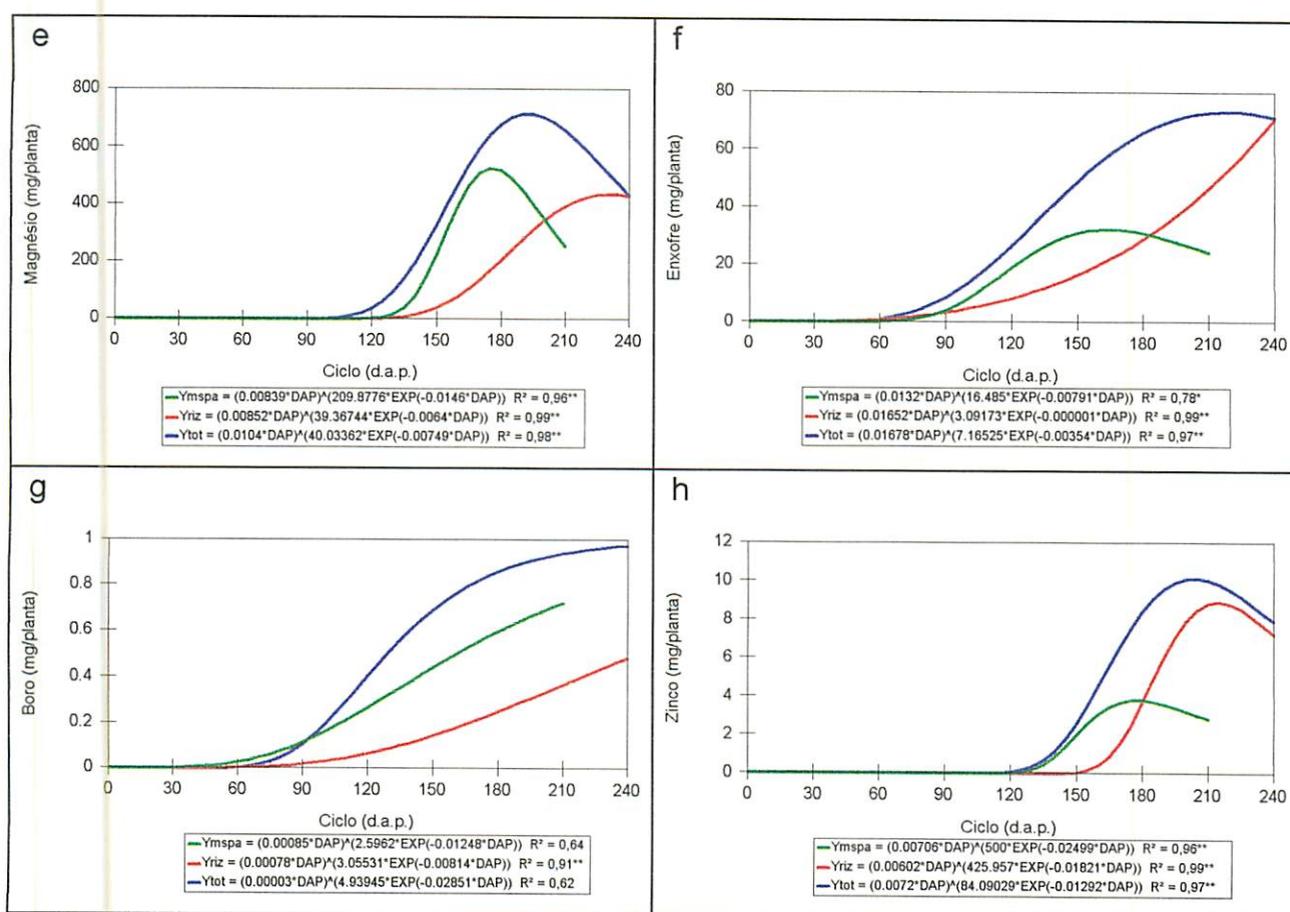


FIGURA 27 (Continuação). Marcha de absorção, em mg/planta, de magnésio (e), enxofre (f), boro (g) e zinco (h), pela cúrcuma durante o seu ciclo (dias após o plantio - d.a.p.). Lavras - MG, 1996.

Para N, P e K verifica-se na figura 27 a, b e c que nos últimos 80 a 90 dias, cerca de 35% do ciclo, que o acúmulo total praticamente foi determinado pela absorção e acúmulo nos rizomas. Então, foi observado que para a maximização da matéria seca da parte aérea e conseqüentemente do dossel fotossintético, é necessário a disponibilidade destes nutrientes até os primeiros 150 dias após o plantio.

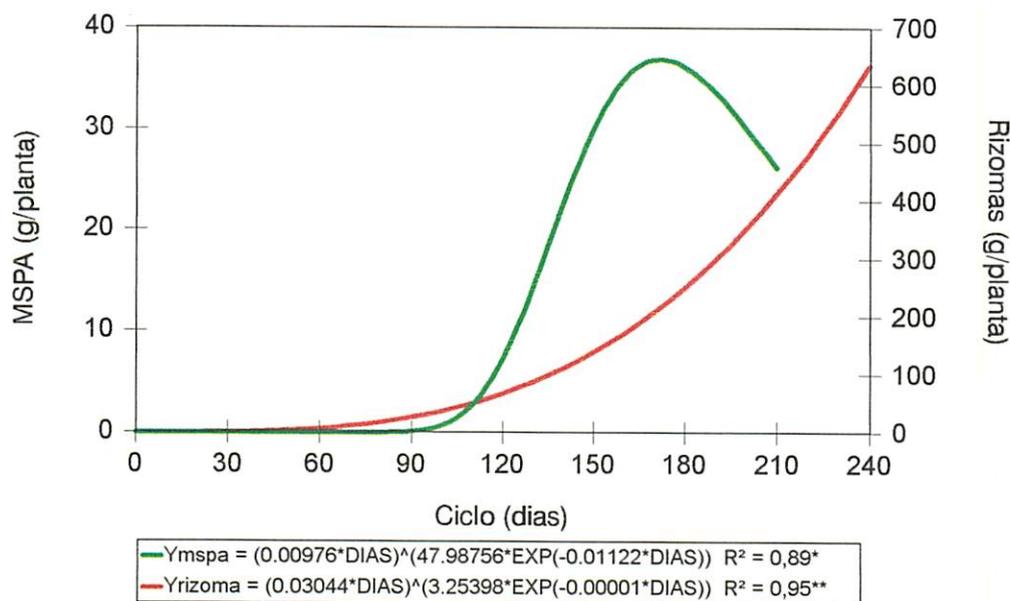


FIGURA 28. Acúmulo de MSPA e produção de rizomas por planta de cúrcuma, durante seu ciclo (dias após o plantio - d.a.p.) do plantio em 20/NOV e espaçamento de 30 cm entre plantas.

Peculiar aos nutrientes pouco móveis (Zn e S) ou praticamente imóveis nas plantas (B e Ca) não se percebe a redistribuição dos nutrientes. Ao contrário, para o cálcio e o boro (Figura 27 d e g), verifica-se um acúmulo sempre maior na matéria seca da parte aérea do que nos rizomas. Ainda na figura 27 d, visualiza-se uma queda acentuada do acúmulo total de cálcio na planta nos últimos 60 dias. Como o cálcio concentra-se na parte aérea devido à sua baixa mobilidade, este fato pode ser explicado pela perda de folhas pelas plantas no final do ciclo. Assim, na colheita final, a matéria seca da parte aérea correspondeu a menos de 3% da matéria seca total da

planta, portanto, o acúmulo final de cálcio e também de todos os nutrientes, praticamente correspondeu ao acúmulo na matéria seca dos rizomas.

Com relação ao enxofre (Figura 27 f), observa-se um constante crescimento em seu acúmulo nos rizomas. A cúrcuma apresentou deficiência deste nutriente na fase final de seu ciclo, caracterizando a forte demanda do nutriente no período de crescimento dos rizomas, por estar envolvido com várias reações do metabolismo de gorduras e carboidratos (Vitti, Malavolta e Ferreira, 1988) e portanto, na biossíntese de amido e substâncias voláteis e pungentes da cúrcuma. Neste sentido vê-se a necessidade de serem realizados estudos com a aplicação de enxofre no período de crescimento dos rizomas, principalmente a partir dos 150 dias após o plantio, quando o incremento na produção dos rizomas alcança maiores valores.

Avaliou-se, também, a extração total de nutrientes pela cúrcuma, no plantio em 20/NOV e espaçamento de 30 cm entre plantas, que proporcionou maior produtividade de rizomas (24.678,84 kg/ha) e curcumina (243,40 kg/ha) (Quadro 7).

QUADRO 7. Extração total e exportação de macronutrientes (kg/ha) e micronutrientes (g/ha) e percentagem da extração que foi exportada pela cultura da cúrcuma, para a máxima produção, por hectare, de rizoma e curcumina. Lavras, MG, 1996.

Macronutrientes						Micronutrientes	
N	P	K	Ca	Mg	S	B	Zn
Extração							
111,83	21,04	95,08	37,03	29,78	3,06	40,0	420,0
Exportação							
109,66	18,94	84,28	13,02	17,87	2,92	20,17	328,0
Exportação/Extração (%)							
98	90	89	35,2	60	95,4	50	78

Entretanto, a quantidade extraída trata-se de um valor aproximado, visto que não foram considerados nutrientes acumulados nas raízes, bem como nas folhas e pecíolos que senesceram e se desprenderam das plantas antes da colheita.

Com base nestes dados, a sequência decrescente de exigência dos nutrientes avaliados foi N, K, Ca, Mg, P, S, Zn e B. Chama atenção o baixo valor observado para o enxofre. Esta constatação corrobora com a observação de sintomas de deficiência do nutriente, visto que para a maioria das culturas, as exigências de enxofre praticamente se equivalem às de fósforo (Faquin, 1994).

Com relação à exportação de nutrientes, verifica-se pelo quadro 7 que com exceção dos nutrientes B, Ca e Mg, os valores são elevados, principalmente, para N, P, K e S, os quais tiveram seus acúmulos bastante favorecidos durante o crescimento dos rizomas.

## 6 - CONCLUSÕES

Nas condições em que foi desenvolvido o trabalho, os resultados permitem as seguintes conclusões:

- 1 - A produtividade e a qualidade da cúrcuma foram influenciadas pela época e densidade de plantio, sendo os rendimentos de rizoma e de curcumina maximizados no plantio em 20 de novembro e espaçamento de 30 centímetros entre plantas na linha de plantio;
- 2 - O plantio antecipado da cúrcuma com o uso de rizomas-semente antes de sua comprovada quebra de dormência não é recomendado;
- 3 - A produção de 24.678,82 kg/ha de rizomas obtida no plantio em 20 de novembro e espaçamento de 30 centímetros entre plantas, promoveu exportação de 109,66, 18,94, 84,28, 13,02, 17,87, 2,92, 0,02 e 0,328 kg/ha, respectivamente, dos nutrientes N, P, K, Ca, Mg, S, B e Zn.

4 - Dos 70 aos 90 dias após o plantio, a cúrcuma iniciou uma grande extração de N e K, época adequada para a realização de coberturas com estes nutrientes;

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AÇAFRÃO - O ouro da cozinha. Globo Rural, Rio de Janeiro, n.110, p.38-43, dez. 1994.
- ALVARENGA, A.A.de. **Estudo de alguns aspectos do desenvolvimento do feijão Jacatupé (*Pachyrrizus tuberosus* (Lam.) Spreng.** Campinas, Unicamp, 1987. 174p. (Tese de Doutorado em Fisiologia Vegetal).
- ARISMENDI, L.G. **Efeito de métodos de produção de mudas e população no rendimento de repolho (*Brassica oleracea* var., *capitata*).** Viçosa, UFV. 1975. 50p. (Dissertação de Mestrado em Fitotecnia).
- ASSOCIATION FRANÇAISE DE NORMALISATION. **Épices et aromates \_ Curcuma \_ Détermination du pouvoir colorant.** Paris: AFNOR, 1982. 3p.
- BENINCASA, M.M.P. **Análise de crescimento de plantas.** Jaboticabal: FUNEP, 1988. 42p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Departamento Nacional de Meteorologia. **Normais Climatológicas - 1961 a 1990.** Brasília. 1992. 84p.

- CASTRO,P.R.C. **Ecofisiologia da produção agrícola**. Piracicaba, Potafos, 1987. 249p.
- CASTRO NETO,P. SEDIYAMA,G.C.; VILELA,E de A. Probabilidade de ocorrência de períodos chuvosos em Lavras, Minas Gerais. **Ciência e Prática**, Lavras, v.4, n.1, p.56-65, jan/jun 1980.
- CECÍLIO FILHO,A.B.; BASTOS,A.R.R.; CÂMARA,R.N.; CARVALHO,J.G de; SOUZA, R.J. de. Extração de macronutrientes pela cúrcuma (*Curcuma longa* L.). **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.13, n.1, p.76, maio 1995.
- CHOAIRY,S.A.; FERNANDES,P.D. Densidades de plantio na cultura do abacaxi. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.18, n.9, p.985-8, set 1983.
- DECHEN,A.R.; HAAG,H.P.; CARMELLO,Q.A. de C. Funções dos micronutrientes nas plantas. In: FERREIRA,M.E.; CRUZ,M.C.P. da. **Micronutrientes na Agricultura**. Piracicaba: Potafos/CNPq, 1991. p.65-78.
- DRAPER,N.R.; SMITH,H. **Applied regression analysis**. New York: John Wiley, 2. ed., 1981. 709p.
- DUARTE,R.D.; BOVI,O.A.; MAIA,N.B. Corantes - Programa de pesquisa do Instituto Agrônomo de Campinas. In: SEMINÁRIO DE CORANTES NATURAIS PARA ALIMENTOS, 1. Campinas, 1989. Anais... Campinas: ITAL, 1989.p.45-53.
- FAQUIN,V. **Nutrição mineral de plantas**. Lavras: ESAL/FAEPE, 1994. 227p.

- GOMES, J.A.; HAAG, H.P.; NÓBREGA, A.C. Acumulação de matéria seca e micronutrientes pela planta matriz da bananeira cv. Prata, em diferentes estádios de desenvolvimento. **Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz**, Piracicaba, v.45, n.1, p.341-57. 1988.
- GOODWIN, T.W. Carotenoids. In: BELL, E.A.; CHARLWOOD, B.V. **Enciclopedia of plant Physiology: Secondary plant products**. Berlin: Springer-Verlag, 1993. v.8, p.257-287.
- GOTO, R. **Épocas de plantio, adubação fosfatada e unidades térmicas em cultura de açafrão (*Curcuma longa* L.)**. Jaboticabal: UNESP, 1993. 93 p. (Tese Doutorado em Produção Vegetal).
- GOVINDARAJAN, V.S. Turmeric: chemistry, technology and quality. **Critical Review Food Science Nutrition**. Boca Raton, v.12, n.3, p.199-301. 1980.
- GUIMARÃES, D.P.; CASTRO, L.H.R. **Análise de funções de crescimento**. Planaltina: CPAC/EMBRAPA, 1986. 21p. (Boletim de Pesquisa, 29).
- HERTWIG, I.F. Von. Curcuma. In: \_\_\_\_\_. **Plantas aromáticas e medicinais**. São Paulo: Icone, 1986. p.254-265.
- HOLMES, R.M.; ROBERTSON, G.W. **Heats units and crop growth**. Ottawa: Canada Department of Agriculture. 1959. p.35. (Publicação 1042).
- JHA, R.C.; SHARMA, N.N.; MAURYA, K.R. Effect of sowing dates and mulching on the yield and profitability of turmeric (*Curcuma longa* L.). **Bangladesh Horticulture**. Bangladesh, v.11, n.1, p.1-4. 1983.

- KUNDU,A.L.; CHATTERJEE,B.N. Growth analysis of turmeric as a sole crop and in mixture with other crops. **Indian Journal Agricultural Science**. New Delhi, v.52, n.9, p.584-589. 1982.
- LARCHER,W. Utilização de carbono e produção de matéria seca. In:\_\_\_\_\_. **Ecofisiologia Vegetal**. São Paulo: EPU. 1986. p.74-160.
- LEOPOLD,A.C.; KRIEDEMANN,P.E. **Plant growth and development**. New York, Mc Graw-Hill, 1975. 545p.
- LUCCHESI,A.A. Utilização prática da análise vegetal. **Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz**, Piracicaba, v.41, p.181-201. 1984.
- LUCCHESI,A.A.; MINAMI,K.; KALIL FILHO,A.N.; KIRYU,J.N.; PERRI JUNIOR,J. Produtividade do rabanete (*Raphanus sativus* L.) relacionado com a densidade de população. **Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz**, Piracicaba, v.33, p.577-83.1976.
- MACHADO,E.C.; PEREIRA,A.R.; FAHL,J.I.; ARRUDA,H.V.; CIONE,J. Índices biométricos de duas variedades de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília,v.17, n.9, p.1323-29 set 1982.
- MAIA,N.B. A cúrcuma como corante. In: SEMINÁRIO DE CORANTES NATURAIS, 2. Campinas, ITAL, 1991. p.65.
- MAIA,N.B; BOVI,O.A.; DUARTE,F.R.; SORIA,L.G.; ALMEIDA,J.A.R.de. Influência de tipos de rizomas de multiplicação no crescimento de *Curcuma longa* L. (Cúrcuma). **Bragantia**. Campinas, v.54, n.1, p. 33-37.1995.

- MAGALHÃES,A.C.N. Análise quantitativa de crescimento. In: FERRI,M.G (Coord.). **Fisiologia Vegetal**. São Paulo: EPU e EDUSP, 1979. v.1, p.331-50.
- MALAVOLTA,E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. 251p.
- MALAVOLTA,E ; VITTI,G.C.; OLIVEIRA,S.A.de. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba, Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1989.210 p.
- MARSCHNER,H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic Press. 1990. 674p.
- MARTINS,M.C.; RUSIG,O. Cúrcuma: um corante natural. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas: ITAL, v.26, n.1, p.56-65, 1992.
- MENDONZA,J.F.B. Efeitos de poda e população de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). In: MULLER,J.J.V. e CASALI,V.W.D. (ed). **Seminários de Olericultura**. Viçosa: UFV. 1982. v.4, p.122-40.
- MENGEL,K.; KIRKBY,E.A. **Principles of plant nutrition**. Bern: International Potash Institute, 1987. 687p.
- METIVIER,J.R. Giberelinas. In: FERRI, M.G (Coord.). **Fisiologia Vegetal**. São Paulo: EPV/EDUSP, v.2, p.129-61. 1979
- MONDIN,M. **Influência de espaçamentos, métodos de plantio e de sementes nuas e peletizadas, na produção de duas cultivares de alface (*Lactuca sativa* L.)**. Lavras, ESAL, 1988. 59p. (Dissertação de Mestrado em Fitotecnia).

- MOTA, F.S.da. **Meteorologia agrícola**. São Paulo: Nobel 1983. 376p.
- NOVA, N.A.V.; SANTOS, J.M. dos. **Agrometeorologia**. Piracicaba: ESALQ, [19..?]. 109p.
- OMETTO, J.C. **Bioclimatologia vegetal**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1981. 413p.
- ORTOLANI, A.A.; CAMARGO, M.B.P.de. Influência dos fatores climáticos na produção. In: CASTRO, P.R.C. **Ecofisiologia da produção agrícola**. Piracicaba: Potafos, 1987. p.71-81.
- PEREIRA, A.R.; MACHADO, E.C. **Análise quantitativa de crescimento de comunidades de vegetais**. Campinas: IAC, 1987. 33p. (Boletim técnico, 114)
- PHILIP, J. Studies on growth, yield and quality components in different turmeric types. **Indian Cocoa, Arecanut and Spices Journal**, Kerala: v.6, n.4, p.93-97. 1983a.
- PHILIP, J. Effect of different planting materials on growth, yield and quality of turmeric. **Indian Cocoa, Arecanut and Spices Journal**. Kerala: v.7, n.1, p.8-11. 1983b.
- PHILIP, J. Effect of plant density on yield and yield components of turmeric. **Indian Cocoa, Arecanut and Spices Journal**. Kerala: v.8, n.4, p.93-96. 1985.
- PHILIP, J.; NAIR, P.C.S. Morphological and yield characters of turmeric types. **Indian Cocoa, Arecanut and Spices Journal**. Kerala: v.7, n.3, p. 61-67. 1983.

- PONNUSWAMY,V.; MUTHUSWAMI,S. Influence of spacings on yield and yield components of turmeric (*Curcuma longa* L). **South Indian Horticulture**. Coimbatore: v.29, n.4, p.229-230. 1981.
- PRUTHI, J.S. **Spices and Condiments: Chemistry, Microbiology, Technology**. New York: Academic Press, 1980. 434 p.
- PURSEGLOVE,J.W. Zingiberaceae. In:\_\_\_\_\_. **Tropical crops - Monocotyledons**. London: Willian Cloves & Sons, v. 2, p.519-44. 1972.
- RAMACHANDRAN,M.; MUTHUSWAMI,S. Studies on the influence of method of planting and spacing on yield and quality of turmeric. **South Indian Horticulture**, Coimbatore, v.32, n.3, p.143-145. 1984.
- RANDHAWA,G.S.; MAHEY,R.K.; GILL,S.R.S.; SIDHU,B.S.; SAINI,S.S. Performance of turmeric (*Curcuma longa* L.) under different dates and methods of sowing. **Journal Research Punjab Agricultural University**, Ludhiana, v.21, n.4, p.489-495. 1984.
- RODRIGUES FILHO, F.S.O.; GODOY, I.J.de; FEITOSA, C.T. Acúmulo de matéria seca e nutrientes em plantas de amendoim, cultivar Tatuí-76. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.10, n.1, p.61-66. jan/abr. 1986.
- RUSIG, O.; MARTINS, M.C. Efeito da temperatura, do pH e da luz sobre extratos de oleoresina de cúrcuma (*Curcuma longa* L.) e curcumina. **Revista Brasileira de Corantes Naturais**, Viçosa, v.1, n.1, p.158-164.1992.
- SALISBURY, F.B.; ROSS, C. **Plant Physiology**. Belmont: Wadsworth Publishing Company, 1992. p.425-443.

- SCHIMANN,W.; NEPTUNE, A.M.L.; SABINO,N.P. Acumulação de macronutrientes pelo amendoim, cultivado em outono na época da seca. **Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz**, Piracicaba, v.27. p.393-409, 1970.
- SFREDO,G.J.; SARRUGE,J.R.; HAAG,H.P. Absorção de nutrientes por duas cultivares de girassol (*Helianthus annuus* L.) em condições de campo.IV. Acúmulo de micronutrientes. **Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz**, Piracicaba, v.40, n.2, p.1219-1246. 1983.
- SHAH,H.A.; MUTHUSWAMI,S. Studies on the influence of nitrogen on the yield and yield components of turmeric (*Curcuma longa* L.). **South Indian Horticulture**. Coimbatore: v.29, n.1, p.9-10. 1981.
- SIMMONDS,N.W. Turmeric. In:\_\_\_\_\_. **Evolution of crop plants**. Edinburgh: Longman, 1979. p.323.
- SOARES,J.G. **Crescimento do Inhame (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) em duas condições agroclimáticas, em seis níveis de água e cobertura morta**. Viçosa: UFV, 1991. 91p. (Tese de Mestrado em Fitotecnia).
- SQUIRE,G.R. **The physiology of tropical crop production**. Wallingford: CAB International, 1990. 236p.
- STONE,L.F.; STEINMERTZ,S. Índice de área foliar e adubação nitrogenada em arroz. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.14, n.1, p.25-28.1979.
- SUGAYA,A. Micropropagation of turmeric (*Curcuma domestica* Valet.) and other *Curcuma* species. In: BAJAJ,Y.P.S. **Biotechnology in Agriculture and Forestry: High-tech and micropropagation III**. s.l.: Springer-Verlag, 1992. v.19, p.277-294.

- TAKAHASHI, M.Y. **Monografias de corantes naturais para fins alimentícios: padrões de identidade e qualidade**. 2. ed. São Paulo: M.Y.Takahashi, 1987. 17p.
- TOMLINSON, P.B. Classification of the Zingiberales (Scitamineae) with special reference to anatomical evidence. In: \_\_\_\_\_. **Anatomy of the monocotyledons - III. Commelinales - Zingiberales**. Oxford: Clarendon Press, 1969. p.295-391.
- YOSHIDA, S. Physiological aspects of grain yield. **Annual Review of Plant Physiology**. Palo Alto, v.23, p.437-464. 1972.
- WATSON, D.J. The physiological basis of variation in yield. **Advanced Agronomy**, New York, n.4, p.101-145, 1952.
- WENT, F.W. The response of plants to climate. **Science**, California, v.112, n.1/2, p.489-494, 1950.
- VÁLIO, I.F.M. Auxinas. In: FERRI, M.G (Coord.). **Fisiologia Vegetal**. São Paulo: EPU, 1979. v.1. p.39-72.
- VERNETTI JÚNIOR, F. de J.; VERNETTI, F. de J. Resposta de três cultivares de soja a três espaçamentos e três densidades de semeadura, em Pelotas, RS. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.18, n.5, p.519-26, maio 1983.
- VITTI, G.C.; MALAVOLTA, E.; FERREIRA, M.E. Respostas de culturas anuais e perenes à aplicação de enxofre. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO, 17; Simpósio sobre enxofre e micronutrientes na agricultura brasileira. **Anais...** Londrina: EMBRAPA-CNPSO/IAPAR/SBCS, 1988. p.61-86.

## **ANEXOS**

QUADRO 1A. Quadrados médios e nível de significância (Teste F) das características aparecimento do primeiro perfilho, máxima produção de matéria seca da parte aérea (MSPA) e início do período de crescimento dos rizomas, em função dos fatores em avaliação. Lavras, MG, 1996.

Causas de variação	Quadrados Médios		
	1º Perfilho	Máximo MSPA	Início do PCRi
Bloco	42,5833	39,0456	295,8611
Época	2384,9167**	848,4202**	1055,1852*
Resíduo (A)	23,4722	17,7122	136,8240
Espaçamento	18,0833	419,2924**	347,6944
Época*Espaçam.	8,5278	146,0504**	124,5463
Resíduo (B)	12,1667	12,7889	270,3333
C.V. parcela (%)	5,8	23,0	12,0
C.V. sub-parcela (%)	3,6	16,9	14,7

\* Teste F significativo ao nível de 5% de probabilidade.

\*\* Teste F significativo ao nível de 1% de probabilidade.

QUADRO 2A. Quadrados médios e nível de significância (Teste F) para as épocas do ciclo da cúrcuma, em que foram observados os valores máximos de matéria seca da parte aérea (MSPA) e índice de área foliar (IAF), em função dos fatores em avaliação.

Causas de variação	Quadrados Médios	
	máxima MSPA	máximo IAF
Bloco	24,3333	177,0529
Época	7317,7407**	10821,2629**
Resíduo (A)	187,7407	308,3337
Espaçamento	995,2500**	771,6483**
Época*Espaçam.	75,5463	107,7336
Resíduo (B)	98,8055	87,2478
C.V. parcela (%)	9,6	12,5
C.V. sub-parcela (%)	6,0	10,8

\* Teste F significativo ao nível de 5% de probabilidade.

\*\* Teste F significativo ao nível de 1% de probabilidade.

QUADRO 3A. Valores diários de precipitação (mm) e de temperaturas (°C) médias, mínimas e máximas, ocorridos durante o período experimental (20/10/94 a 17/07/95). Lavras, MG, 1996.

Dia	Outubro				Novembro			
	Min.	Máx.	Méd.	Precip.	Min.	Máx.	Méd.	Precip.
1					16.7	30.3	23.6	0.0
2					16.8	31.1	23.8	2.0
3					19.9	31.3	23.8	0.0
4					19.8	32.6	25.4	0.0
5					18.6	32.2	24.7	0.0
6					20.1	33,0	25.1	0.0
7					19.1	32.4	23.5	12.8
8					17.4	32.4	23.7	0.0
9					17.7	32.8	24.1	2.0
10					19.5	30.5	24.0	0.0
11					18.4	33,0	24.5	0.0
12					18.2	33.6	25.4	0.0
13					18.4	33,0	20.6	14.0
14					18.2	24.6	21.2	8.6
15					18.6	24.1	22.7	0.0
16					18.2	28.3	24.0	0.0
17					19.6	30.6	24.0	4.4
18					18.9	25.9	19.5	32.2
19					18.5	21.6	19.5	38.6
20	18.1	32.4	25.3	0.0	16.2	23.2	18.2	0.0
21	19.1	28.5	22.9	16.6	14.4	23.1	17.5	0.0
22	20.1	30.7	24.4	0.0	15.1	20.5	17.6	0.0
23	17.4	30.9	23.2	0.0	14.3	20.1	16.7	0.0
24	15.9	30.5	23.4	0.0	15.3	23.1	18.1	0.0
25	18.9	28.1	23.0	0.0	13.2	24.3	19.1	0.0
26	18.9	30.3	22.7	10.4	15.9	26.7	20.3	0.0
27	18.9	25.5	20.8	25.6	16.9	22.3	19.8	0.0
28	18.3	27.9	21.0	39.8	18.1	27.1	20.6	8.8
29	17.5	24.6	19.6	0.4	17.7	23.9	20.4	4.0
30	15.2	20.4	17.4	0.0	17.7	30.3	23.1	0.0
31	14.9	25.3	20.3	0.0				

Continua

## Continuação QUADRO 3A.

Dia	Dezembro				Janeiro			
	Min.	Máx.	Méd.	Precip.	Min.	Máx.	Méd.	Precip.
1	17.2	28.9	22.4	0.0	18.2	25.0	21.7	40.0
2	18.3	29.0	23.0	0.0	19.5	29.2	22.6	0.0
3	17.6	30.1	23.0	0.0	19.4	28.9	22.6	16.2
4	16.9	30.1	23.3	0.0	17.2	27.3	22.3	8.6
5	18.2	31.3	23.2	0.0	19.3	29.0	23.6	0.0
6	18.1	28.1	22.2	23.4	19.7	30.0	24.0	0.0
7	18.7	29.9	22.2	29.4	20.2	31.3	25.0	0.0
8	18.6	27.9	21.7	17.8	18.9	32.4	25.0	0.0
9	17.7	27.3	21.9	0.0	19.5	31.9	25.0	0.0
10	17.6	29.7	22.5	6.0	19.2	32.0	25.6	0.0
11	18.9	29.9	22.6	0.0	19.1	32.1	25.0	0.0
12	17.6	30.7	23.6	28.6	18.6	30.9	23.5	10.4
13	18.6	30.9	23.2	0.0	19.2	31.9	25.2	0.0
14	17.8	30.9	23.7	0.0	18.3	31.5	24.4	0.0
15	19.7	30.9	23.4	0.0	17.9	32.8	25.1	0.0
16	19.9	31.6	23.9	0.0	18.2	33.4	25.9	0.0
17	19.9	29.1	22.4	0.0	19.1	33.6	25.7	0.0
18	19.4	28.3	21.5	27.4	20.6	33.5	25.2	0.0
19	19.1	27.9	22.2	24.6	19.5	33.1	24.2	3.2
20	15.8	28.3	22.7	0.0	18.8	33.0	23.6	17.2
21	18.2	28.4	23.7	0.0	19.0	30.3	23.9	2.0
22	19.6	29.9	20.9	20.0	18.0	28.9	21.2	0.0
23	19.5	24.7	20.9	48.4	17.9	30.3	23.5	3.0
24	16.6	24.5	22.9	33.6	18.2	31.3	24.2	20.0
25	19.3	29.9	23.2	0.0	19.3	31.6	25.2	0.0
26	17.0	28.5	21.1	45.2	19.1	29.9	23.2	19.0
27	16.9	25.9	20.4	10.2	19.2	30.3	24.3	0.0
28	17.7	28.7	22.3	1.0	20.3	29.5	23.2	0.0
29	18.6	29.9	23.5	1.2	19.9	25.1	21.3	6.2
30	17.8	30.2	23.9	0.0	18.1	28.5	21.8	7.0
31	19.6	30.5	24.3	0.0	19.1	21.4	20.0	47.4

Continua

## Continuação QUADRO 3A.

Dia	Fevereiro				Março			
	Min.	Máx.	Méd.	Precip.	Min.	Máx.	Méd.	Precip.
1	18.9	27.6	22.3	12.8	18.5	32.5	24.7	0.0
2	20.5	26.6	22.5	18.4	18.6	32.3	25.0	0.0
3	19.3	24.4	21.0	9.8	18.3	33.0	25.1	0.0
4	19.1	27.2	22.6	18.4	18.1	30.5	22.9	28.6
5	18.6	28.9	22.9	0.0	18.0	30.7	26.2	0.0
6	18.2	28.9	22.4	0.0	18.9	31.6	22.4	12.0
7	18.5	22.4	19.9	42.6	18.3	27.0	22.1	27.4
8	18.5	21.9	19.8	24.6	18.2	27.3	22.1	0.0
9	18.8	24.9	21.1	24.4	18.7	32.1	24.4	0.8
10	18.2	29.4	22.1	5.8	18.7	30.9	24.4	0.0
11	18.9	29.5	22.7	15.4	19.3	30.5	23.3	0.0
12	19.7	25.1	21.2	8.8	18.1	30.7	23.9	0.0
13	18.3	29.1	22.0	15.0	18.4	29.0	23.2	0.0
14	19.3	28.8	22.7	10.4	17.0	21.3	21.2	7.0
15	19.4	24.8	21.7	28.6	16.8	24.3	18.3	4.1
16	18.3	28.8	22.6	39.2	15.5	28.3	19.2	0.0
17	19.1	27.7	22.0	13.8	14.8	29.3	21.0	0.0
18	18.9	28.9	22.2	5.7	17.1	29.5	22.0	0.0
19	18.2	29.5	22.2	18.4	17.4	28.3	22.6	0.0
20	19.0	27.2	22.6	27.4	19.1	31.4	22.5	0.0
21	20.4	29.5	24.1	0.0	18.9	28.2	24.4	0.0
22	15.4	31.6	23.3	0.0	17.6	25.0	21.5	8.6
23	15.4	31.5	24.0	0.0	18.5	29.2	20.5	0.3
24	17.3	32.8	24.9	0.0	19.4	25.1	23.0	0.0
25	18.6	33.5	26.0	0.0	18.3	29.4	21.0	23.6
26	18.7	32.9	25.4	0.0	16.3	26.5	21.5	0.0
27	18.6	31.3	23.7	0.0	19.9	26.7	21.0	0.0
28	18.4	32.8	24.7	0.0	19.1	29.2	21.5	0.0
29					18.1	30.2	22.8	0.0
30					19.2	28.2	22.7	0.4
31					17.9	24.9	23.0	12.0

Continua

## Continuação QUADRO 3A.

Dia	Abril				Maio			
	Min.	Máx.	Méd.	Precip.	Min.	Máx.	Méd.	Precip.
1	18.8	28.8	21.7	37.8	12.7	28.6	21.0	0.0
2	19.0	28.3	22.3	2.0	12.9	29.1	21.0	0.0
3	17.9	29.1	21.6	7.2	15.0	28.3	20.0	0.0
4	16.1	26.7	20.3	0.0	15.9	26.5	20.0	0.0
5	15.9	25.8	20.0	0.0	15.0	20.9	19.0	10.4
6	16.3	25.3	20.0	0.0	17.7	22.2	19.0	14.2
7	17.0	27.3	21.7	0.0	17.1	26.1	20.5	0.0
8	16.6	28.5	20.2	0.0	16.8	27.6	21.3	0.0
9	17.4	28.5	21.0	7.2	17.9	23.1	18.9	0.0
10	16.4	26.9	20.4	0.0	17.2	24.5	15.4	26.2
11	15.9	28.9	21.8	1.0	15.3	25.9	20.2	0.0
12	17.8	25.5	20.1	0.0	16.5	25.1	19.8	0.0
13	12.4	26.3	17.9	7.0	15.9	28.2	21.0	0.0
14	13.1	26.5	19.0	0.0	15.4	27.3	21.2	0.0
15	13.6	26.8	19.0	0.0	17.0	26.9	20.5	0.0
16	14.6	26.5	19.0	0.0	17.2	28.1	21.2	0.0
17	15.2	27.2	20.0	0.0	15.9	27.5	19.0	0.0
18	13.4	28.4	20.5	0.0	15.2	23.5	17.2	0.0
19	17.2	29.6	22.4	0.0	15.4	23.1	16.0	14.8
20	17.9	27.7	21.6	0.0	11.8	18.9	15.5	0.0
21	19.0	27.9	22.4	2.4	12.2	24.9	17.8	0.0
22	16.9	27.9	21.4	0.0	13.5	23.9	18.0	0.0
23	18.6	27.9	21.9	0.0	14.7	26.7	19.5	0.0
24	16.9	28.7	21.8	0.0	15.6	25.5	18.4	0.0
25	18.3	28.3	22.2	0.0	15.7	22.7	16.5	0.0
26	15.3	27.3	20.0	0.0	14.1	22.9	16.0	0.0
27	13.6	27.2	19.4	0.0	12.5	23.1	15.9	0.0
28	14.9	26.5	19.0	0.0	12.3	24.2	16.3	0.0
29	13.2	27.0	19.0	0.0	9.7	24.1	17.7	0.0
30	13.1	28.7	21.0	0.0	12.0	24.2	16.5	0.0
31					11.9	24.2	16.3	0.0

Continua



QUADRO 4A. Quadrados médios e nível de significância (Teste F) das características ciclo, período de desenvolvimento pós-emergência (PDPE), altura máxima de plantas de cúrcuma, em função dos fatores em avaliação. Lavras, MG, 1996.

Causas de variação	Quadrados Médios		
	Ciclo	PDPE	Altura de plantas
Bloco	0,0030	3,1111**	128,1207*
Época	13497,4990**	7328,2500**	599,8942**
Resíduo (A)	0,0039	0,0001	19,7402
Espaçamento	0,0001	3,1111	49,9295
Época*Espaçam.	0,0016	0,0001	16,7145
Resíduo (B)	0,0093	1,1111	31,6113
C.V. parcela (%)	0,01	0,01	9,3
C.V. sub-parcela (%)	0,05	0,52	10,2

\* Teste F significativo ao nível de 5% de probabilidade.

\*\* Teste F significativo ao nível de 1% de probabilidade.

QUADRO 5A. Quadrados médios e nível de significância (Teste F) das características área foliar total (AFT), índice de área foliar (IAF) e extensão do período de desenvolvimento da AFT das plantas de cúrcuma, em função dos fatores em avaliação. Lavras, MG, 1996.

Causas de variação	Quadrados Médios		
	Máximo de AFT	Máximo de IAF	Desenv. da AFT
Bloco	180571,2421	0,0364	11,1111
Época	14461522,6528**	1,8998**	8770,1852**
Resíduo (A)	322697,7483	0,0333	242,9629
Espaçamento	6123644,7727**	1,4408**	522,6944*
Época*Espaçam.	1727243,8052**	0,1623**	42,1018
Resíduo (B)	237847,6468	0,0283	92,2500
C.V. parcela (%)	19,4	16,0	5,5
C.V. sub-parcela (%)	14,4	12,9	5,1

\* Teste F significativo ao nível de 5% de probabilidade.

\*\* Teste F significativo ao nível de 1% de probabilidade.

QUADRO 6A. Quadrados médios e nível de significância (Teste F) das características período de crescimento vegetativo (PCV), matéria seca de perfilhos (MSPe), altura da planta no início do perfilhamento e matéria seca de rizomas (MSRi), em função dos fatores em avaliação. Lavras, MG, 1996.

Causas de variação	Quadrados Médios			
	PCV	MSPe	Altura da planta	MSRi
Bloco	24,3333	2,6659	30,4919	205,1053
Época	7317,7407**	399,0588**	171,9041**	8285,1468**
Resíduo (A)	187,7407	10,0623	23,2816	105,9037
Espaçamento	995,2500**	180,3750**	9,6078	2941,3000**
Época*Espaçam.	75,5463	90,2528**	14,8041	718,7770**
Resíduo (B)	98,8055	5,6930	24,1596	46,8241
C.V. parcela (%)	9,6	33,4	15,0	16,7
C.V. sub-parcela (%)	6,0	21,8	13,2	9,6

\* Teste F significativo ao nível de 5% de probabilidade.

\*\* Teste F significativo ao nível de 1% de probabilidade.

QUADRO 7A. Quadrados médios e nível de significância (Teste F) das características acúmulo de nitrogênio, fósforo, potássio e cálcio na matéria seca total das plantas de cúrcuma, em função dos fatores em avaliação. Lavras, MG, 1996.

Causas de variação	Quadrados médios			
	Nitrogênio	Fósforo	Potássio	Cálcio
Bloco	62763,7553	1429,9697	38889,53	31144,87
Época	2504421,2676**	93924,6483**	1877542,02**	521058,50**
Resíduo (A)	38823,3897	1205,2587	18136,84	6914,87
Espaçamento	948739,5297**	41806,6717**	98196,51**	159433,44**
Época*Espaçam.	308169,9432**	16781,8459**	288625,24**	78558,61**
Resíduo (B)	10334,4728	775,8459	32419,10	14505,86
C.V. parcela (%)	16,2	16,2	12,3	18,8
C.V. sub-parcela (%)	7,3	11,3	14,3	23,6

\* Teste F significativo ao nível de 5% de probabilidade.

\*\* Teste F significativo ao nível de 1% de probabilidade.

QUADRO 8A. Quadrados médios e nível de significância (Teste F) das características acúmulo de magnésio, enxofre, boro e zinco na matéria seca total das plantas de cúrcuma, em função dos fatores em avaliação. Lavras, MG, 1996.

Causas de variação	Quadrados médios			
	Magnésio	Enxofre	Boro	Zinco
Bloco	12645,0172	6,4880	0,0162	4,0203
Época	238593,5757**	839,3122**	1,1775**	38,4834**
Resíduo (A)	11096,2775	42,8506	0,0174	1,5698
Espaçamento	70373,6688*	993,5355**	0,3547**	34,5202**
Época*Espaçam.	34541,6909*	224,5029**	0,1059*	8,6267**
Resíduo (B)	12290,5495	32,2472	0,0354	0,8976
C.V. parcela (%)	30,4	13,5	21,1	25,9
C.V. sub-parcela (%)	27,7	9,7	26,0	17,0

\* Teste F significativo ao nível de 5% de probabilidade.

\*\* Teste F significativo ao nível de 1% de probabilidade.

QUADRO 9A. Quadrados médios e nível de significância (Teste F) das características produtividade de rizomas por planta e área, teor (%) de curcumina nos rizomas e rendimento por área das plantas de cúrcuma, em função dos fatores em avaliação. Lavras, MG, 1996.

Causas de variação	Quadrados médios			
	Prod./planta	Prod./área	Teor de curc.	Rend./área
Bloco	4347,6761	7221126,65	0,0332	618,1295
Época	175622,6789**	251525413,88**	1,3182**	29921,4707**
Resíduo (A)	2244,8738	3198799,92	0,0870	490,2291
Espaçamento	62347,5922**	208349969,20**	0,0022	19505,3697**
Época*Espaçam.	15236,1215**	18455235,01**	0,1813	2530,2542**
Resíduo (B)	992,5436	1405322,86	0,0999	300,9248
C.V. parcela (%)	16,7	17,1	7,9	20,7
C.V. sub-parcela (%)	9,6	9,2	7,3	14,0

\* Teste F significativo ao nível de 5% de probabilidade.

\*\* Teste F significativo ao nível de 1% de probabilidade.