

2.1.6.1.

ANÁLISE DE INTERAÇÃO DA DATA DE PLANTIO
 PROBABILIDADE DE CHUVAS E CONSUMO DE
 ÁGUA PELA CULTURA DO MILHO - Nota Preliminar

Joseph Baxter Goodwin*
 Luiz Marcelo Aguiar Sans**

SINOPSE

O objetivo deste trabalho foi interpretar e apresentar alguns resultados preliminares obtidos através da análise de dados de chuvas do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo, no período de 1940 a 1975. Foram consideradas seis diferentes datas de plantio em um período de 52 dias (de 1º de outubro a 21 de novembro) e foram feitas comparações entre o consumo de água pelo milho e a probabilidade de receber água suficiente para atingir a quantidade necessária. Baseado nos resultados de ROBIN e DOMINGO (1953), DENMEAD e SHAW (1960) e STEWART *et alii* (1975), os períodos de pendoamento, embonecamento e polinização, usualmente 60-80 dias após plantio, foram considerados como os mais susceptíveis a **stress** de umidade.

Os resultados indicam que o plantio, no intervalo de 1º a 11 de outubro, maximiza a probabilidade de haver chuva igual ou acima da evapotranspiração potencial durante o período de polinização. Por outro lado, deve-se evitar o plantio antes de 1º de outubro, devido à baixa probabilidade de ocorrer precipitação adequada durante o período vegetativo. Quando o plantio é feito após o período de 11 a 20 de outubro, isto é, 21-31 de outubro, 1-10, 11-20 e 21-30 de novembro, a probabilidade de a planta sofrer severo **stress** de umidade durante o período de polinização, aumenta continuamente. Para solos com alta capacidade de retenção e armazena-

* Professor Assistente, Universidade de Purdue, Economista Agrícola exercendo funções no Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo - CNPMS nos termos do acordo EMBRAPA/Purdue.

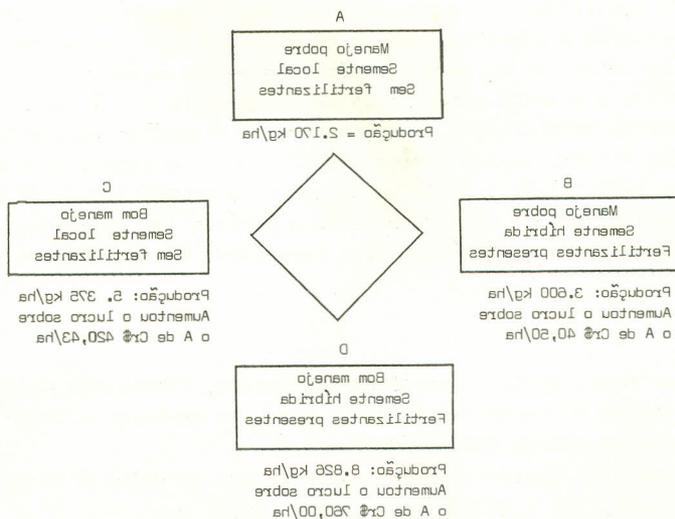
** Pesquisador do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo - CNPMS Caixa Postal, 151 - 35700 Sete Lagoas, MG.

mento de água, havendo inclusive excesso com relação à necessidade da planta, durante o período vegetativo, o déficit esperado, durante o período de polinização, pode ser superado. Para plantios mais tardios, mesmo havendo água suficiente no solo, durante o estágio de polinização, é esperada significativa redução de produção devido ao stress de água, na época de desenvolvimento da espiga. De acordo com os resultados de milho em áreas próximas a Sete Lagoas, geralmente entre 11 e 20 de outubro, para solos com baixa capacidade de retenção de água, podendo estender, no máximo, até 1º de novembro para solos com elevada capacidade de retenção de água.

INTRODUÇÃO

O meio ambiente de uma cultura é um complexo difícil de ser conhecido devido a seu dinamismo e variações constantes. Porém, sem importante papel no desenvolvimento e produção de plantas, não permite que seja desprezado quando se quer maximizar a produção agrícola. Assim como todas as culturas, o rendimento de grãos de milho, está intimamente ligado a fatores do meio, principalmente os meteorológicos e, dentre estes, o que tem atraído maior atenção é a precipitação pluviométrica. Tal fato se deve, principalmente, à baixa condição de o agricultor poder utilizar irrigação, daí constituírem as chuvas um fator limitante da produção. Esta limitação é normalmente condicionada, não pela quantidade total de chuvas, mas sim pela sua má distribuição.

Portanto, operações realizadas em épocas adequadas tem sido um fator importante na determinação da produção. Por exemplo, ALLAN e HARRISON (STREETER, 1973) em ensaios com milho no Kenya, verificaram que o manejo feito oportunamente (plantio e capina), foi mais importante que níveis de insumos na determinação de resultados econômicos oriundos de práticas avançadas. Usando o que chamaram de gráfico diamante, esquematizaram o seguinte:



Resultados similares obtidos na Universidade de Purdue, mostram que em um ano normal é esperado que a produção de milho dos fazendeiros de Indiana, decresça de 9.100 kg/ha para 6.151 kg/ha, quando o plantio deixa de ser realizado no período de 26 de abril a 9 de maio e é feito no período de 31 de maio a 6 de junho. Estes resultados confirmam que operações feitas no tempo apropriado, principalmente o plantio, são da maior importância para atingir o máximo da produção potencial. Mostram ainda que, se a colheita bem como o plantio, não forem feitos no tempo conveniente, os benefícios provenientes de novos e aperfeiçoados sistemas podem ser perdidos, não por que os sistemas sejam inapropriados mas por que as operações não são executadas com bases adequadas e oportunas.

Estes diferentes em rendimento, não refletem necessariamente em um manejo pobre mas pode representar um desbalanceamento entre tamanho de fazenda e nível de mecanização o que não poderia permitir ao fazendeiro de desempenhar as operações em bases favoráveis.

Época de plantio é um fator importante para determinação de produção. Isto se deve à interação entre data de plantio, exigência de água pela planta e distribuição de chuvas durante o ano agrícola. A fim de poder analisar esta interação, é necessário, também, identificar os períodos de crescimento quando a falta de chuva é mais crítica.

O propósito deste trabalho foi apresentar alguns resultados de pesquisa preliminar, em que se comparou a probabilidade de chuva e o consumo de água pela planta de milho e tentou-se relacionar estes dados com a época de plantio. Por outro lado, é uma tentativa de testar o modelo para que se possa, posteriormente, realizar este trabalho para outras regiões.

MATERIAL E MÉTODO

Foram utilizados para as estimativas, dados meteorológicos do período de 1940-1975, obtidos na estação Meteorológica do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG. As análises foram feitas pelo Departamento de Processamento de Dados da EMBRAPA, usando programas de computador.

Devido existir no Brasil muito poucos trabalhos referentes à evapotranspiração atual e potencial para milho, é que se utilizou a metodologia de WOLFE (1975) para estimar a evapotranspiração. A seleção desta metodologia se deve ao fato de ter sido desenvolvida em condições similares às da região de Sete Lagoas, ou seja, no Centro Nacional de Pesquisa de Cerrado, Planaltina, DF.

WOLFE (1975) estimou a evapotranspiração utilizando a seguinte metodologia:

1. Quando o balanço de água no solo (SWS) é maior ou igual a 28 mm e menor ou igual a 70 mm ($28 \leq \text{SWS} \leq 70$ mm) utilizou-se as fórmulas:

Estágio da cultura (dias)	ET (mm/dia)
1 - 34	1,7
35 - 50	1,7 + 0,127 (estágio da cultura - 35)
51 - 70	0,072 × (estágio da cultura)
71 - 108	5,1
109 - 120	5,1 × (estágio da cultura - 108) × 0,28
> - 120	1,7

2. Quando o balanço de água no solo (SWB) é maior ou igual a 6 e menor que 28 ($6 \leq \text{SWB} < 28$), empregou-se a fórmula:

$$ET = \frac{(\text{ET do estágio da cultura}) (\text{mm de água armazenada})}{28}$$

3. Quando o balanço de água no solo é inferior a 6 mm, a $ET = 1$.

Com o propósito de estimar a evapotranspiração potencial, somente foram utilizadas as primeiras fórmulas, pois valores do balanço de água no solo inferiores a 28 mm provocam **stress** de umidade nas plantas. Foram feitas as estimativas da evapotranspiração potencial para cada dez dias.

A estimativa da probabilidade de chuvas foi feita através da função gama de probabilidade, que, depois em trabalhos já realizados por BARGER & THOM (1949), FRIEDMAN & JANES (1957), HARGREAVES (1973) e VIVALDI (1973), deu bons resultados. A função densidade de probabilidade gama

$$F(x) = \frac{1}{B^{\hat{\gamma}} \Gamma(\hat{\gamma})} x^{\hat{\gamma}-1} e^{-x/B} \quad \begin{array}{l} B > 0 \quad 0 < X < \infty \\ \hat{\gamma} > 0 \end{array}$$

$X = \text{chuva em mm}$

é uma família de dois parâmetros de distribuição, sendo os parâmetros $\hat{\gamma}$ e B , $\hat{\gamma}$ e \hat{B} derivados por THOM (1968) através das fórmulas:

$$\hat{\gamma} = \frac{1 + \sqrt{1 + \frac{4}{3} (\ln \bar{X} - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \ln X_i)}}{4 (\ln \bar{X} - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \ln X_i)}$$

$$e \quad \hat{B} = \bar{X} / \hat{\gamma} > 0$$

Os dois parâmetros estatísticos $\hat{\gamma}$ e \hat{B} definem a distribuição estimada e podem ser empregados com tabelas de distribuição gama para dar a estimativa da probabilidade e quantificação.

Na análise inicial, os dados mensais foram divididos em três períodos de dez dias exceto para os meses de 31 dias, quando foram agrupados em dois períodos de dez dias e um de 11 dias. Esta divisão se deve ao fato de que períodos mais curtos possibilitam mudanças muito pequenas em quantidade de precipitação, facilitando com isto identificar, com maior preci-

são, probabilidade real. Por outro lado, os dados meteorológicos se encontram sumarizados a cada dez dias o que reduz os esforços para sua coleta.

A estimativa de probabilidade de chuvas foi feita apenas para o período de 1º de outubro a 31 de março, pois cobre todo o período de crescimento da planta.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A estimativa da evapotranspiração potencial apresentada no Quadro 1 mostra, para os primeiros quarenta dias de crescimento, que o consumo de água é consideravelmente baixo. Após 30 dias, cresce rapidamente até atingir o máximo no período de 71-80 dias, permanecendo aproximadamente constante até 110 dias, a partir dos quais o nível cai bruscamente, coincidindo com o fim do ciclo de crescimento.

Conhecendo estimativa do consumo de água pelas plantas, torna-se necessário estimar a probabilidade de chuvas para os períodos em estudo, a fim de comparar o consumo d'água com quantidade de chuva.

QUADRO 1. Estimativa da evapotranspiração potencial para milho em cada dez dias, no período do ciclo de crescimento

Estágios de crescimento da planta (dias)	Evapotranspiração potencial	
	(STP)	(mm)
1 - 10		17
11 - 20		17
21 - 30		17
31 - 40		18,9
41 - 50 p		30,3
51 - 60		40,0
61 - 70		47,2
71 - 80		51,0
81 - 90		51,0
91 - 100		51,0
101 - 110		50,2
111 - 120		30,0

Comparando o consumo de água nos vários estágios de crescimento da planta, a questão levantada é qual a melhor estimativa de água disponível. Alguém poderia comparar a exigência de água por período com a média de chuva para aquele período mas, em geral, é uma medida pobre, pois chuva é uma variável ao acaso que pode variar significativamente de ano para ano.

Geralmente, é melhor estimar uma função de probabilidade acumulativa para chuva dentro do período em que se quer determinar a probabilidade de obter várias quantidades de chuvas. Por outro lado, desde que chuva não é constante para todo o ano mas que tem variações estacionais, é necessário considerar este fato quando se compara o consumo de água em níveis de probabilidade.

Comparação entre evapotranspiração potencial e probabilidade de chuvas

O Quadro 2 mostra a função da probabilidade acumulativa estimada para cada período nos níveis selecionados de probabilidade. Observação cuidadosa dos dados mostra que, em geral, a probabilidade de ocorrer uma dada quantidade de chuva aumenta do período de 1-10 de outubro a 21-31 de dezembro e, reduzindo-se drasticamente para os meses de janeiro, fevereiro e março. Entretanto, há exceção dentro dos vários níveis de probabilidade os quais revelam que, para alguns períodos, a curva acumulativa cruza. Por exemplo, comparando a probabilidade para períodos de 11-20 e 21-30 de novembro, pode-se observar que na margem de probabilidade de 0-10% a chuva esperada é maior para 21-30 de novembro, enquanto que de 15% a 70% de probabilidade, a chuva esperada, é maior para o período de 11-20 de novembro. Para nível de probabilidade acima de 70% a chuva esperada é novamente maior no 1º período. Isto sugere que o período 11-20 de novembro, tem variabilidade de chuva total mais baixa, embora é mais provável ter quantidades de chuvas iguais a zero do que o período novembro 21-30, isto é, o período novembro 11-20 não terá chuva um ano em 20 anos, enquanto que para o período novembro 21-30 é menor do que um ano em 100 anos.

A estimativa de probabilidade de chuvas é de valor, mesmo quando examinada isoladamente, podendo ser muito mais valiosa quando combinada com outros dados. Relacionando probabilidade de chuva com evapotranspiração potencial estimada, é possível identificar a probabilidade com que a planta receberá umidade suficiente para alcançar evapotranspiração potencial e assim evitar **stress** de umidade e a baixa produção associada a ela. Desde que o quadro de probabilidade de chuva tem mostrado significativa mudança no ano agrícola, é necessário examinar a interação entre datas de plantio e probabilidade de atingir a evapotranspiração potencial.

O Quadro 3 é uma combinação dos resultados dos Quadros 1 e 2 para diferentes datas de plantio entre 1º de outubro e 21 de novembro. Apresenta a probabilidade de que as plantas de milho receberão chuva igual à evapotranspiração potencial.

Uma análise dos dados mostrou que a probabilidade de atingir a evapotranspiração, varia consideravelmente dentro e entre períodos. A fim de determinar a significância dos números, é necessário identificar quais são os períodos mais críticos de crescimento quando há **deficit** de água ou **stress** de umidade. Pesquisas feitas por ROBINS & DOMINGO (1953), DENMEAD & SHAW (1960) e STEWART *et alii* (1975) entre outros, mostraram que, **stress** de umidade é mais prejudicial nos períodos de pendoamento, embonecamento e polinização. ROBINS & DOMINGO (1953) constataram ainda que severo **stress** de 1-2 dias durante pendoamento pode reduzir produção em mais de 20% e

QUADRO 2. Probabilidade de chuvas para Sete Lagoas, para períodos de 10 dias a partir de 1º de outubro até 20 de março, baseado em dados de 1940 a 1975.

Probabi- lidade	Chuva em mm por períodos de 10 dias																	
	Outubro			Novembro			Dezembro			Janeiro			Fevereiro			Março		
	1 - 10	11 - 20	21 - 31	1 - 10	11 - 20	21 - 30	1 - 10	11 - 20	21 - 31	1 - 10	11 - 20	21 - 31	1 - 10	11 - 20	21 - 28	1 - 10	11 - 20	21 - 31
0,99	0,00	0,29	0,00	0,00	0,00	1,62	3,86	7,83	7,23	0,00	0,00	0,00	-	0,00	-	0,00	0,00	-
0,97	0,00	0,92	0,00	0,51	0,00	4,05	7,93	13,97	13,80	0,00	0,00	0,09	-	0,00	-	0,00	0,00	-
0,95	0,00	1,58	0,00	3,49	0,00	6,25	11,19	18,47	18,76	0,00	0,00	1,65	-	0,00	-	0,00	0,00	-
0,90	0,00	3,34	5,44	8,49	8,42	11,42	18,16	27,48	28,96	2,44	3,43	6,17	-	1,86	-	0,00	3,29	1,45
0,85	0,00	5,23	9,73	12,82	18,59	17,48	24,45	35,18	37,90	6,26	8,06	11,21	1,09	4,98	0,54	2,39	6,94	3,36
0,80	2,23	7,26	13,58	16,98	25,84	21,59	30,53	42,35	46,33	10,69	13,15	16,71	6,26	8,71	3,52	9,66	10,68	5,58
0,75	5,14	9,43	17,53	21,11	32,26	26,84	31,55	49,28	54,48	15,68	18,68	22,67	11,65	12,97	6,72	15,19	14,57	8,11
0,70	7,89	11,77	21,41	25,31	38,33	32,30	42,65	56,16	62,85	21,22	24,69	29,12	17,27	17,77	10,11	20,33	18,67	10,58
0,65	10,65	14,29	25,40	29,64	44,28	38,05	48,93	63,12	71,26	27,36	31,21	36,13	23,25	23,12	13,62	25,39	23,03	14,23
0,60	13,50	17,03	29,54	34,17	50,27	44,14	55,45	70,26	79,95	34,14	38,32	43,77	29,66	29,09	17,66	30,52	27,68	17,90
0,55	16,49	20,02	33,90	38,95	56,40	50,66	62,32	77,67	89,02	41,67	46,10	52,13	36,60	36,74	21,93	35,82	32,71	22,08
0,50	19,67	23,30	38,55	44,06	62,77	57,69	69,63	85,48	98,61	50,05	54,69	61,35	44,20	43,20	26,61	41,38	38,17	26,76
0,45	23,11	26,94	43,57	49,58	69,51	65,38	77,50	93,80	108,89	59,46	64,23	71,60	52,64	51,59	31,76	47,32	44,18	32,19
0,40	26,88	31,01	49,05	55,63	76,75	73,87	86,10	102,79	120,04	70,11	74,95	83,12	61,82	61,15	37,51	53,75	50,85	38,41
0,35	31,07	35,65	55,15	62,37	84,64	83,39	95,63	112,67	132,35	82,33	87,17	96,24	72,28	72,14	44,00	60,85	58,39	45,65
0,30	35,84	41,01	62,06	70,00	93,45	94,28	106,40	123,75	146,20	96,60	101,33	111,45	84,24	85,02	51,46	68,83	67,05	54,28
0,25	41,39	47,36	70,08	78,89	103,52	107,04	118,89	136,47	162,17	113,64	118,14	129,52	98,71	100,46	60,43	78,07	77,24	64,72
0,20	48,10	55,15	79,74	89,58	115,45	122,50	133,87	151,62	181,24	134,72	138,80	151,71	11,33	119,59	71,42	89,05	89,67	90,38
0,15	56,62	65,21	91,97	103,14	130,34	142,25	152,81	170,58	205,22	162,15	165,54	180,45	139,11	144,57	85,65	102,97	105,53	95,13
0,10	68,47	79,42	108,91	121,94	150,62	169,82	178,95	196,51	238,15	201,19	203,37	221,10	171,23	180,23	105,75	122,11	128,04	120,42
0,05	88,43	103,77	137,28	153,44	183,94	216,43	222,57	239,29	292,75	268,67	268,32	290,92	226,48	242,04	140,36	153,98	166,16	154,54
0,03	102,96	121,75	157,85	176,29	207,73	250,48	254,10	269,93	332,02	318,82	316,35	342,57	281,99	288,09	169,35	177,00	194,14	214,54
0,01	133,89	160,49	201,46	224,77	257,45	323,16	320,72	334,09	414,58	427,52	420,00	454,00	354,36	388,12	220,65	225,58	254,16	270,04

QUADRO 3. Probabilidade de milho receber chuva igual a evapotranspiração quando plantado em diferentes datas.

Período de crescimento (dias)	Evapotranspiração potencial estimada	Probabilidade de obter chuvas igual a evapotranspiração potencial quando a data de plantio.					
		Out. 1	Out. 11	Out. 21	Nov. 1	Nov. 11	Nov. 21
1 - 10	17,0	54	60	76	80	86	84
11 - 20	17,0	60	76	80	86	84	91
21 - 30	17,0	76	80	86	84	91	96
31 - 40	18,9	78	84	83	89	94	95
41 - 50	30,3	77	72	80	88	88	63
51 - 60	40,0	63	71	82	83	56	58
61 - 70	47,2	66	76	78	52	54	58
71 - 80	51,0	73	77	49	53	56	46
81 - 90	51,0	77	49	52	56	46	46
91 - 100	51,0	49	53	56	46	46	30
101 - 110	50,2	53	57	46	46	30	43
111 - 120	30,0	70	59	59	46	60	67

quando atingiu 6 a 8 dias reduziu de mais de 50%. DENMEAD & SHAW (1959) verificaram que **stress** durante o embonecamento reduziu a produção de 50% e quando ocorria durante período vegetativo ou no estágio de formação de **es** piga reduzia somente de 15 - 20%. Estes resultados confirmam aqueles encontrados por STEWART *et alii* (1975), o qual constatou que, aumentando a percentagem da ET de 17% para 28% para 36% no período de polinização (com nenhum **deficit** no período vegetativo) houve uma redução da produção de 45%, 55% e 83%, respectivamente, comparando com somente 20 - 25% de redução quando **deficits** similares ocorreram em outros períodos de crescimento. Os resultados também **ubducaram** a possível existência de uma interação entre **stress** nos períodos vegetativo e de polinização. Quando as plantas estavam sujeitas a **stress** no período vegetativo assim como o período de **po** linização, a produção decrescia somente de 32%, comparado com 50% do **cita** do anteriormente quando o **stress** ocorria durante a polinização. A explicação dada foi que o decréscimo da produção era devido ao desenvolvimento de um melhorado sistema radicular devido ao **stress** no estágio vegetativo.

Conhecendo os períodos de crescimento em que o **deficit** de água reduz a produção, a estratégia será a de tentar minimizar o **stress** de umidade nestes períodos, que geralmente iniciam cerca de 60 dias após **plan** tío e continuam por três semanas. Entretanto, este período pode iniciar, **oca** sionalmente, de 55 a 65 dias após plantio e continuar até 76 - 86 dias. Daí ter-se considerado o período 60 - 80 dias após plantio como representativo dos três períodos críticos citados.

Voltando ao Quadro 3, observa-se que a época de plantio que **maxi** miza a probabilidade de ter suficiente água para satisfazer a ETP, durante a época de polinização, é de 11 de outubro, com uma segunda data em 1º de outubro e a terceira melhor data, 21 de outubro. No quadro, é aparente que há um drástico decréscimo na água disponível para plantios em novembro, havendo somente 52 - 58% da probabilidade de chuvas atingirem a ETP durante o período de polinização.

Também para data de plantio de 11 a 21 de outubro, há um brusco decréscimo de probabilidade de chuvas na segunda metade do período crítico (71 - 80 dias). A probabilidade de ter suficiente chuva para atingir e **e** vapotranspiração potencial cai de 77% para 49%. Com estes resultados, **tor** na-se possível aplicar, no Brasil, os resultados de STEWART *et alii* (1975) pois a época de plantio, em novembro, proporciona alta probabilidade de **cl** uva no período vegetativo e mais baixa probabilidade de chuva durante o período de polinização, resultando com isto uma grande depressão da **pro** dução.

Com plantio na 1ª metade de outubro, a planta entra no período crítico de polinização na última metade de dezembro e, no Quadro 2, é **apa** rente que há uma redução drástica da precipitação quando se vai dos últimos dez dias de dezembro até os dez primeiros dias de janeiro. Deste modo, plantios feitos antes de outubro 11 - 20, em geral terão ultrapassado o **pe** ríodo crítico de polinização antes da redução de chuva em janeiro. Plantios nos período outubro 11 - 20, em geral, terão somente os últimos dias do período crítico em janeiro. Plantios no período outubro 11 - 20, em ge-

ral, terão somente os últimos dias do período crítico em janeiro. Isto não quer dizer que a produção não sofrerá, como deveria, se a planta estivesse sob severo **stress** de umidade, mas a redução da produção seria menor. A dificuldade de plantio em novembro, se deve ao fato de que a planta entra no estágio de polinização justamente no período com probabilidade de chuvas em decréscimo, significativamente, aumentando assim, a probabilidade de severo **stress** de umidade.

Enquanto as datas de plantio na primeira metade de outubro maximizam a probabilidade de haver suficiente chuva durante o período crítico de polinização, a probabilidade de ter chuva suficiente para atingir a evapotranspiração potencial durante o período vegetativo é significativamente mais baixo que plantios no período de novembro.

No Quadro 4, compara-se a ETP e a estimativa da precipitação esperada ao nível de 70% para várias datas de plantio. Olhando primeiramente o período crítico de crescimento de 61-70 e 71-80 dias, pode-se observar que, em geral nas datas de plantio de 1º de outubro e 11 de outubro ocorre adequada chuva para atingir a ETP. Quando o plantio é feito em 21 de outubro, espera-se a adição de água mais que suficiente para a primeira metade do período crítico, mas na segunda metade espera-se uma substancial queda na disponibilidade de água. Se existir, no primeiro período, água em excesso, a planta pode utilizar no segundo período este excesso quando houver, no mesmo, falta de água. Como colocado anteriormente, a precipitação estimada dos dois períodos são independentes e não se pode esperar que a probabilidade estimada ocorra junto. Para superar este problema foram feitas as estimativas da probabilidade de chuvas para o total de 29 dias do período de polinização, os quais podem ser comparados com ETP deste período. Estas estimativas serão discutidas posteriormente. Retornando ao Quadro 4, a estimativa de chuva ao nível de 70% de probabilidade para plantio em novembro sugere um severo decréscimo entre precipitação esperada e ETP. Entretanto para data de plantio em 1º de novembro, os dados mostram que pode ocorrer um considerável excesso de umidade em todos os períodos de crescimento das plantas, anteriores ao período crítico de polinização. Portanto, somente é aconselhável plantio nesta época, em solos que têm alta capacidade de retenção de água, cuja disponibilidade de excesso pode reduzir o nível de **stress** de umidade durante o período crítico. Mas, geralmente, para o caso de solos de cerrado, cujas características físicas, associadas às morfológicas, favorecem a baixa capacidade de retenção de água, geralmente não é possível reter água suficiente para cobrir o período de **stress** de umidade. Entretanto, para épocas mais tardias de plantio, em novembro, o período de deficit inicia 10-20 dias antes do período crítico de polinização e assim poderia ser esperado impacto muito mais severo.

Enquanto a data de plantio em novembro, apresenta problemas de deficit de água no período de polinização, o plantio mais cedo, de outubro, apresenta o problema de deficit nos primeiros 10-20 dias de crescimento de plantas. Particularmente, parece que o plantio em 1º de outubro seria, certamente, um risco pois parece ser, realmente, um problema a existência de água suficiente para sustentar a própria população de plan-

QUADRO 4. Comparação entre evapotranspiração e estimativa da precipitação esperada com uma probabilidade de 70% para várias datas de plantio.

Período de crescimento (dias)	Evapotranspiração estimada (mm)	Data de plantio					
		Chuva esperada a 70% de probabilidade (mm)					
		1 Out.	11 Out.	21 Out.	1 Nov.	11 Nov.	21 Nov.
1 - 10	17,0	7,89	11,77	21,41	25,31	38,33	32,30
11 - 20	17,0	11,77	21,41	25,31	38,33	32,30	42,65
21 - 30	17,0	21,41	25,31	38,33	32,30	42,65	56,16
31 - 40	18,9	25,31	38,33	32,65	56,16	56,16	62,85
41 - 50	30,3	38,33	32,30	42,65	56,16	62,85	21,22
51 - 60	40,0	32,30	42,65	56,16	62,85	21,22	24,69
61 - 70	47,2	42,65	56,16	62,85	21,22	24,69	29,12
71 - 80	51,0	56,16	62,85	21,22	24,69	29,12	17,27
81 - 90	51,0	62,85	21,22	24,69	29,12	17,27	17,77
91 - 100	51,0	21,22	24,69	29,12	17,27	17,77	10,11
101 - 110	50,2	24,69	29,12	17,77	17,77	10,11	20,33
111 - 120	30,0	29,12	17,27	17,77	10,11	20,33	18,67

tas e garantir que a planta não fique severamente fraca no início do estágio de crescimento. Mesmo para plantio em 11 de outubro a chuva esperada é de sete em 10 anos, para não atingir evapotranspiração nos primeiros dez dias do estágio vegetativo. Este **déficit** entretanto, pode, em parte, ser coberto por chuvas anteriores a 11 de outubro.

O **déficit** substancial de água, que geralmente é esperado no período após a polinização, possivelmente apresenta maior interesse que a quantidade de umidade adequada nos períodos vegetativos e de polinização.

Para datas de plantio de 1 e 11 de outubro pode haver água suficiente no solo para suprir a maioria destes **déficits**, nos períodos críticos. Isto parece menos provável para o plantio em 21 de outubro e muito menos para plantios em novembro. A produção também decresce quando há **déficit** de água durante o período de granação. O trabalho de pesquisa de ROBINS & DOMINGO (1953) mostrou redução na produção de acima de 20% quando **stress** de umidade ocorria durante o período de granação. Obviamente o máximo que o **déficit** de chuva reduz a produção no período de granação variara de acordo com níveis prévios de chuva e capacidade de retenção de água no solo.

Como mencionado anteriormente, dados de chuva apresentados no Quadro 4, foram estimados independentemente uns dos outros e, entretanto, dados para dois períodos não podem ser adicionados juntamente para comparar necessidade total de água com disponibilidades.

Para vencer esta dificuldade, os valores dados de precipitação para o período de 60-80 dias após o plantio, representando o período crítico de umidade para datas de plantio em 11 e 21 de outubro, 1, 11 e 21 de novembro, foram agrupados e re-estimada a probabilidade de chuvas. O Quadro 5 mostra a probabilidade de chuva esperada para um dado nível de probabilidade nos períodos de 20 dias é maior que a soma de períodos individuais apresentados no Quadro 4. Uma explicação para isto é que o padrão de chuva é tal que chuva reduzida, em nenhum período, é negativamente correlacionada com chuva em outro período, tal que com baixa média de chuva no período, pode-se esperar média ou acima da média de chuva no próximo período, tal que, até o máximo da redução no 1º período, é modificado.

Para o período de 61-80 dias após plantio, os resultados mostram que, ao nível de 70% de probabilidade, pode-se esperar 98,2 mm ou mais para plantio em 11 e 21 de outubro enquanto que em 1º de novembro mostra um **déficit** de quase 20 mm, ou aproximadamente 20% da ETP. Entretanto, para plantio em 11 de novembro, a redução é somente de 8 mm ou menos de 10%, enquanto que para 21 de novembro o **déficit** é de quase 30 mm ou acerca de 28%. O **déficit** esperado quando o plantio é feito em 11 de novembro é menor devido ocorrer nos primeiros dez dias de janeiro uma drástica redução de chuva esperada.

Contudo a chuva e probabilidade de chuva marginalmente melhora para os últimos dois períodos do mês. Este dado sugere que há uma alta expectativa de o veranico ocorrer durante o período mais cedo de janeiro.

Foi visto que para plantio em 11 de novembro, o **déficit** de água

QUADRO 5. Probabilidade de chuva para Sete Lagoas, baseado em dados meteorológicos do período de 1940 até 1975.

Probabilidade	Chuva em mm por períodos de 20 dias.				
	11 dezembro	21 dezembro	1º janeiro	11 janeiro	21 janeiro
	a 31 dezembro	a 10 janeiro	a 20 janeiro	a 31 janeiro	a fevereiro
0,99	35,03	22,82	6,76	10,06	4,05
0,97	52,30	36,95	14,18	19,38	9,64
0,95	63,70	46,74	20,20	26,54	14,56
0,90	84,70	65,46	33,20	41,39	25,86
0,85	101,44	80,87	45,05	54,48	36,69
0,80	116,33	94,86	56,51	66,88	47,52
0,75	130,27	108,17	67,94	79,05	58,55
0,70	143,76	121,19	79,55	91,26	69,96
0,65	157,09	134,20	91,51	103,72	81,89
0,60	170,51	147,41	103,98	116,60	94,48
0,55	184,21	161,01	117,12	130,08	107,89
0,50	198,41	175,21	131,13	144,35	122,33
0,45	213,32	190,23	146,25	159,64	138,05
0,40	229,23	206,35	162,77	176,27	155,37
0,35	246,48	223,95	181,12	194,64	174,74
0,30	265,56	243,54	201,88	215,32	196,83
0,25	287,22	265,90	225,98	239,19	222,64
0,20	312,66	292,33	254,93	267,74	253,86
0,15	344,09	325,21	291,56	303,67	293,65
0,10	386,44	369,82	342,17	353,05	349,03
0,05	455,06	442,76	426,76	435,05	442,40
0,03	503,47	494,59	487,99	494,08	510,45
0,01	603,33	602,35	617,50	619,35	655,35

era menor para o de 1º de novembro. Em compensação, para o plantio em 11 de novembro, o período crítico é mais seco, utilizando assim maior quantidade de excesso de água disponível no solo.

Em geral, os resultados do Quadro 5 confirmam que os resultados das análises prévias, isto é, o ótimo período de plantio para minimizar déficit de umidade durante o período de polinização é o de 11 - 21 de outubro. Os dados do Quadro 5 sugerem que, com uma data de plantio de 11 de outubro, mais que 17 anos em 20 anos, um fazendeiro poderá esperar receber suficiente umidade durante o período de polinização para atingir a ETP. Com uma troca na data de plantio para 21 de outubro o fazendeiro poderá somente esperar suficiente umidade em aproximadamente 15 em 20 anos, enquanto que com plantio em 1º de novembro, isto cai para 12 em 20 anos, 13 em 20 anos para 11 de novembro e somente de 10 em 20 anos para data de plantio de 21 de novembro.

LITERATURA CITADA

- BARGER, G. L. & THOM, H. C. S. Evaluation of drought hazard. Agron. J., Madison, 41(11):519-26, nov. 1949.
- DENMEAD, O. T. & SHAW, R. H. Evapotranspiration in relation to the development of the corn crop. Agron. J., Madison, 51(12):825-6, dec. 1959.
- _____. & _____. The effects of soil moisture stress at different stages of growth on the development and yield of corn. Agron. J., Madison, 52(5):272-4, may 1960.
- FRIEDMAN, D. G. & JANES, B. E. Estimation of rainfall probabilities. Storrs, Conn., Agricultural Experiment Station, 1957. (Bulletin, 332)
- HARGREAVES, G. H. Monthly precipitation probabilities for Northeast Brazil. [Logan] Utah State University, Department of Agricultural and Irrigation Engineering, 1973. 423p.
- ROBINS, J. S. & DOMINGO, C. E. Some effects of severe soil moisture deficits at specific growth stages in corn. Agron. J., Madison, 45 (12): 618-24, dec. 1953.
- STREETER, C. P. Reaching the development world's small farmers. New York, The Rockefeller Foundation, 1973. 73p.
- STEWART, J. I.; MISRA, R. D.; PRUITT, W. O.; HAGAN, R. M. Irrigating corn and grain sorghum with a deficient water supply. Trans ASAE, St. Joseph, Mich., 18(2):270-80, mar./apr. 1975.
- THOM, H. C. S. Direct and inverse tables of the gamma distribution. Maryland Silver Spring, 1973. 30p.

VIVALDI, L. J. Utilização da distribuição gama em dados pluviométricos. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1973. 71p. (Tese de mestrado).

WOLFE, J. M. Water constraints to corn production in Central Brazil. Cornell University, 1975. (Tese de doutoramento não publicada).