

ANTONIO CARLOS LÔLA DA COSTA

CONTRIBUIÇÃO AO ZONEAMENTO AGROCLIMÁTICO PARA A CULTURA DO SORGO
(Sorghum bicolor (L.) Moench) NO ESTADO DE MINAS GERAIS

Tese Apresentada à Universidade
Federal de Viçosa, como Parte das
Exigências do Curso de Meteorolo
gia Agrícola, para Obtenção do Tí
tulo de "Magister Scientiae".

551.584
C837 c
1988
ex. 01

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
DEZEMBRO - 1988

BIBLIOTECA
DEPTO. ENG. AGRÍCOLA

Ficha catalográfica preparada pela Área de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV

T

C837c
1988

Costa, Antônio Carlos Lôla da.

Contribuição ao zoneamento agroclimático para a cultura do sorgo (Sorghum bicolor (L.) Moench) no estado de Minas Gerais. Viçosa, UFV, 1988.
61p.

Tese (M.S.) - UFV

1. Climatologia agrícola. 2. Sorgo - Fenologia.
3. Sorgo - Unidades térmicas. 4. Sorgo - Estação de crescimento. 5. Sorgo - Plantio. I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 18.ed.: 630.2516

CDD 19.ed.: 630.2516


ANTONIO CARLOS LÔLA DA COSTA


CONTRIBUIÇÃO AO ZONEAMENTO AGROCLIMÁTICO PARA A CULTURA DO SORGO
(Sorghum bicolor (L.) Moench) NO ESTADO DE MINAS GERAIS

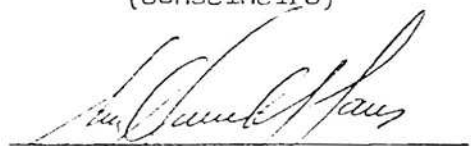
Tese Apresentada à Universidade
Federal de Viçosa, como Parte das
Exigências do Curso de Meteorolo-
gia Agrícola, para Obtenção do Tí-
tulo de "Magister Scientiae".

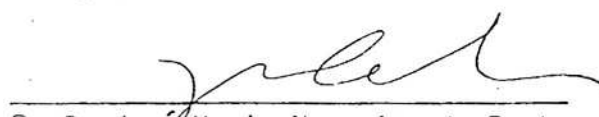
APROVADA: 23 de agosto de 1988


Prof. Rubens Leite Vianello


Prof. Celestino Aspiazu
(Conselheiro)


Prof. Hélio Alves Vieira


Dr. Luis Marcelo Sans Aguiar
(Conselheiro)


Prof. José Maria Nogueira da Costa
(Orientador)

À minha esposa,
Aos meus filhos,
Aos meus pais,
Aos meus irmãos.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal do Pará, pelo apoio financeiro.

À Universidade Federal de Viçosa, pela oportunidade concedida para a realização deste Curso.

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA, por intermédio do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo - CNPMS, pela disponibilidade dos dados fenológicos.

Ao Instituto Nacional de Meteorologia - INMET, através do 5.^o DISME, pelo fornecimento dos dados meteorológicos.

Ao Programa Nacional de Irrigação - PRONI, pelas facilidades concedidas para a execução deste trabalho.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq, pelo apoio dado na elaboração desta pesquisa.

Ao Professor José Maria Nogueira da Costa, pela orientação, não medindo esforços para que este trabalho viesse a ser realizado.

Aos meus conselheiros, Celestino Aspiazú e Luis Marcelo Sans Aguiar, pelas sugestões, pelo apoio e pela amizade.

À minha irmã Maria Antonia Lôla de Andrade, pelo apoio constante durante a realização deste trabalho.

A todas as pessoas que, direta ou indiretamente, contribuíram para a execução deste trabalho.

BIOGRAFIA

ANTONIO CARLOS LÔLA DA COSTA, filho de José Leandro da Costa e Antonia Maria Lôla da Costa, nasceu em Capanema, Estado do Pará, em 12 de junho de 1956.

Em 1978, iniciou o Curso de Bacharelado em Meteorologia na Universidade Federal do Pará, graduando-se em janeiro de 1982.

Em outubro de 1982, foi contratado pela Universidade Federal do Pará para exercer a função de Professor Auxiliar no Departamento de Geologia e Meteorologia.

Em agosto de 1985, ingressou no Curso de Pós-graduação em Meteorologia Agrícola, Mestrado, na Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa-MG.

CONTEÚDO

	Páginas
LISTA DE QUADROS	vii
LISTA DE FIGURAS	ix
EXTRATO	xi
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
3. MATERIAL E MÉTODOS	9
3.1. Localização da Região Estudada	9
3.2. Dados Utilizados	9
3.2.1. Dados Meteorológicos	9
3.2.2. Dados Fenológicos	9
3.3. Métodos Utilizados	10
3.3.1. Método WB 10/30	10
3.3.2. Método de Estresse Térmico Diário	11
3.3.3. Método de Brown	12
3.4. Avaliação dos Métodos de Cálculo de Unidades Térmicas ..	13
3.5. Caracterização Fenológica da Cultura	14
3.6. Determinação da Estação de Crescimento da Cultura	14
3.7. Climatologia de Unidades Térmicas	15
3.8. Escolha das Áreas e Épocas de Plantio	16

	Fáginas
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	17
4.1. Caracterização Fenológica de Cinco Cultivares de Sorgo Granífero, com Base em Três Métodos de Cálculo de Unidades Térmicas	17
4.2. Distribuição das Unidades Térmicas Médias nas Diversas Fases Fenológicas dos Cultivares de Sorgo Granífero ...	23
4.3. Estação de Crescimento da Cultura no Estado de Minas Gerais	24
4.4. Distribuição das Unidades Térmicas no Estado de Minas Gerais	37
4.5. Determinação das Épocas de Plantio	53
5. RÉSUMO E CONCLUSÕES	55
BIBLIOGRAFIA	58

LISTA DE QUADROS

	Páginas
1 Localização da Região Estudada	10
2 Total Médio de Unidades Térmicas Acumuladas nos Anos Agrícolas de 1981/1982, 1982/1983, 1984/1985, 1985/1986 e 1986/1987, nas Diversas Fases Fenológicas dos Cultivares de Sorgo Granífero Jade, Ranchero, Br 300, Pioneer B 815 e Ag 1011, e Respectivas Porcentagens do Total Acumulado, Utilizando-se os Métodos de Brown, WB 10/30 e Estresse Térmico Diário, para Sete Lagoas-MG	18
3 Total Médio de Unidades Térmicas Acumuladas nos Anos Agrícolas de 1982/1983, 1983/1984, 1984/1985 e 1985/1986, nas Diversas Fases Fenológicas dos Cultivares de Sorgo Granífero Jade, Ranchero, Br 300, Pioneer B 815 e Ag 1011, e Respectivas Porcentagens do Total Acumulado, Utilizando-se os Métodos de Brown, WB 10/30 e Estresse Térmico Diário, para Capinópolis-MG	20
4 Desvio-Padrão em Dias (Sd) e Coeficiente de Variação (C.V., %) da Soma das Unidades Térmicas, Obtidas pelos Três Métodos Aplicados nas Diversas Fases Fenológicas dos	

	Cultivares de Sorgo Granífero Jade, Ranchero, Br 300, Pioneer B 815 e Ag 1011, para Sete Lagoas-MG	21
5	Desvio- <u>Padrão</u> em Dias (Sd) e Coeficiente de Variação (C.V., %) da Soma das Unidades Térmicas, Obtidas pelos Três Métodos Aplicados nas Diversas Fases Fenológicas dos Cultivares de Sorgo Granífero Jade, Ranchero, Br 300, Pioneer B 815 e Ag 1011, para Capinópolis-MG	22
6	Unidades Térmicas Médias Acumuladas nas Diversas Fases Fenológicas dos Cultivares de Sorgo Granífero Jade, Ranchero, Br 300, Pioneer B 815 e Ag 1011, Utilizando-se o Método WB 10/30, para os Anos Comuns entre Sete Lagoas e Capinópolis-MG	25
7	Valores Normais de Unidades Térmicas Acumuladas Semanalmente em Mocambinho, Salinas, Paracatu, Pirapora, Capinópolis e Governador Valadares, Utilizando-se o Método WB 10/30 ...	40
8	Valores Normais de Unidades Térmicas Acumuladas Semanalmente em Sete Lagoas, Araxá, Frutal, Viçosa e Lavras, Utilizando-se o Método WB 10/30	43
9	Valores Médios de Unidades Térmicas Acumuladas Mensalmente para os Diversos Locais Estudados no Presente Trabalho, Utilizando-se o Método WB 10/30	46
10	Valores Médios de Unidades Térmicas Acumuladas Trimestralmente para os Diversos Locais Estudados no Presente Trabalho, Utilizando-se o Método WB 10/30	48
11	Épocas de Plantio Consideradas mais Adequadas para a Cultura do Sorgo Granífero, em 11 Diferentes Locais, no Estado de Minas Gerais	54

LISTA DE FIGURAS

	Páginas
1 Determinação da Estação de Crescimento Segundo o Critério de FRERE e POPOV	15
2 Distribuição Semanal Média de Precipitação (PRP) e Evap <u>o</u> transpiração Potencial (ETP) para Mocambinho, no Período de 1976 a 1978	26
3 Distribuição Semanal Média de Precipitação (PRP) e Evap <u>o</u> transpiração Potencial (ETP) para Salinas, no Período de 1975 a 1978	27
4 Distribuição Semanal Média de Precipitação (PRP) e Evap <u>o</u> transpiração Potencial (ETP) para Paracatu, no Período de 1973 a 1978	29
5 Distribuição Semanal Média de Precipitação (PRP) e Evap <u>o</u> transpiração Potencial (ETP) para Pirapora, no Período de 1976 a 1978	30
6 Distribuição Semanal Média de Precipitação (PRP) e Evap <u>o</u> transpiração Potencial (ETP) para Capinópolis, no Período de 1970 a 1978	31

7	Distribuição Semanal Média de Precipitação (PRP) e Evapo- transpiração Potencial (ETP) para Governador Valadares, no Período de 1961 a 1978	33
8	Distribuição Semanal Média de Precipitação (PRP) e Evapo- transpiração Potencial (ETP) para Sete Lagoas, no Período de 1961 a 1978	34
9	Distribuição Semanal Média de Precipitação (PRP) e Evapo- transpiração Potencial (ETP) para Araxá, no Período de 1971 a 1978	35
10	Distribuição Semanal Média de Precipitação (PRP) e Evapo- transpiração Potencial (ETP) para Frutal, no Período de 1961 a 1978	36
11	Distribuição Semanal Média de Precipitação (PRP) e Evapo- transpiração Potencial (ETP) para Viçosa, no Período de 1961 a 1978	38
12	Distribuição Semanal Média de Precipitação (PRP) e Evapo- transpiração Potencial (ETP) para Lavras, no Período de 1961 a 1978	39
13	Distribuição Média das Unidades Térmicas Acumuladas nos Me- ses de Dezembro, Janeiro e Fevereiro, no Estado de Minas Gerais, Utilizando-se o Método WB 10/30	49
14	Distribuição Média das Unidades Térmicas Acumuladas nos Me- ses de Março, Abril e Maio, no Estado de Minas Gerais, Uti- lizando-se o Método WB 10/30	50
15	Distribuição Média das Unidades Térmicas Acumuladas nos Me- ses de Junho, Julho e Agosto, no Estado de Minas Gerais, Utilizando-se o Método WB 10/30	51
16	Distribuição Média das Unidades Térmicas Acumuladas nos Me- ses de Setembro, Outubro e Novembro, no Estado de Minas Ge- rais, Utilizando-se o Método WB 10/30	52

EXTRATO

COSTA, Antonio Carlos Lôla da. M.S., Universidade Federal de Viçosa, dezembro de 1988. Contribuição ao Zoneamento Agroclimático para a Cultura do Sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) no Estado de Minas Gerais. Professor Orientador: José Maria Nogueira da Costa. Professores Conselheiros: Celestino Aspiazú e Luis Marcelo Sans Aguiar.

Neste trabalho ficou evidenciada a importância dos regimes térmicos e hídricos de uma região em relação ao desenvolvimento e à aptidão da cultura do sorgo.

Destacaram-se, entre os objetivos específicos do presente trabalho, a determinação das exigências térmicas nas diversas fases fenológicas de cinco cultivares de sorgo granífero e a seleção de áreas e de épocas de plantio consideradas mais adequadas para esta cultura, no Estado de Minas Gerais.

Dados fenológicos, referentes aos cultivares de sorgo granífero Jade, Ranchero, Br 300, Pioneer B 815 e Ag 1011, foram utilizados. Para o cálculo das unidades térmicas e a determinação da estação de crescimento da cultura, utilizaram-se dados diários de precipitação pluvial, temperaturas máximas e temperaturas mínimas do ar.

O método WB 10/30 foi selecionado para o cálculo das unidades térmicas recebidas nas diversas fases fenológicas dos cultivares

em estudo, assim como no acúmulo diário de unidades térmicas nos diferentes locais estudados, no Estado de Minas Gerais.

Na determinação das melhores épocas de plantio, levou-se em consideração, além das exigências térmicas da cultura, a distribuição média semanal das precipitações. Deste modo, tais épocas variaram desde o final do mês de setembro até o final do mês de fevereiro, em função do local estudado.

Após o traçado das isolinhas trimestrais de unidades térmicas no Estado, verificou-se uma tendência anual de os maiores potenciais térmicos manifestarem-se a partir do mês de outubro, nas microrregiões do Triângulo Mineiro e Norte do Estado de Minas Gerais.

1. INTRODUÇÃO

A distribuição da vegetação na superfície da Terra está intimamente relacionada com as condições climáticas existentes. Enquanto os fatores climáticos e edáficos limitam as regiões do Globo, onde uma cultura específica pode-se desenvolver satisfatoriamente, o tempo, por sua vez, determina a potencialidade de produção dessa cultura.

Cada cultura possui suas exigências climáticas, as quais precisam ser atendidas para que o seu potencial genético se manifeste na sua plenitude. Sendo assim, torna-se evidente a necessidade da escolha de áreas onde a cultura encontre as condições mais favoráveis de clima para o seu desenvolvimento, o que constitui um dos objetivos do zoneamento agroclimático.

Vários elementos climáticos condicionam o desenvolvimento e a aptidão das espécies agrícolas em uma região, sendo que, para fins de zoneamento agroclimático, as condições térmicas e hídricas apresentam-se como os dois parâmetros ambientais que mais afetam o estabelecimento e o desenvolvimento das culturas.

Para culturas irrigadas, as condições pluviais apresentam menor importância, pois as necessidades hídricas da planta podem ser supridas através de irrigação suplementar. No caso das culturas de sequeiro, o regime pluvial deve apresentar condições favoráveis para permitir o seu

desenvolvimento e produtividade. As condições térmicas apresentam grande influência no condicionamento das disponibilidades hídricas de uma região, uma vez que se relacionam diretamente com o consumo de água pela evapotranspiração e, conseqüentemente, com os resultados do balanço de umidade no solo.

Apesar de os atuais zoneamentos agroclimáticos proporcionarem grande subsídio na escolha das culturas a serem exploradas em determinada região, torna-se necessária a associação dos dados meteorológicos aos dados fenológicos da cultura, para melhor compreensão da relação entre as plantas e o ambiente.

Os estudos fenológicos permitem encontrar o significado das relações entre as variáveis meteorológicas e as respostas biológicas das plantas. Em razão do grande número de parâmetros ambientais e da complexidade de suas interações, os estudos fenológicos são conduzidos de maneira a facilitar o entendimento de tais relações, através da comparação do comportamento das plantas com um simples parâmetro climático, geralmente a temperatura do ar.

A relação entre as plantas e a temperatura do ar é bem conhecida. Dentre as tentativas de definir quantitativamente esta relação, estão os sistemas de unidades térmicas, que geralmente representam este relacionamento pelo acúmulo de temperaturas médias diárias do ar, acima de um valor considerado básico para a cultura.

Deste modo, os sistemas de unidades térmicas, se associados devidamente ao conhecimento das disponibilidades hídricas de uma região, poderiam propiciar a elaboração de um zoneamento agroclimático onde a interação entre a planta e o ambiente fosse melhor evidenciada.

Com base no mencionado anteriormente é que se propõe a realização do presente trabalho, que apresenta como principais objetivos:

- Caracterizar fenologicamente cinco cultivares de sorgo granífero, com base em sistemas de unidades térmicas.

- Contribuir para a identificação de áreas e épocas de plantio mais adequadas para a cultura do sorgo granífero no Estado de Minas Gerais, com base na sua caracterização fenológica e na duração da estação de crescimento.

2. REVISÃO DE LITERATURA

O sorgo (Sorghum bicolor (L.) Moench) é uma gramínea tropical que suporta melhor altas temperaturas e deficiência hídrica que muitas outras culturas. O seu sistema radicular fibroso é extenso e tem um ritmo de transpiração eficaz, bem como características foliares próprias das xerófitas, que atrasam a perda de água pela planta (1).

As maiores áreas produtoras de sorgo no mundo possuem precipitação anual que não excede 1.000 mm. Entretanto, em regiões onde a precipitação é inferior a 450 mm anuais, faz-se necessário o uso de irrigação, principalmente nas fases de germinação e floração (28). Durante o ciclo de desenvolvimento desta cultura, para que se obtenha máxima produção, a disponibilidade de água deve oscilar entre 450 mm e 550 mm, estando sujeita a variações, conforme as práticas culturais, cultivares, demanda evaporativa da atmosfera e retenção de água no solo, ressaltando-se que o consumo de água pela cultura aumenta em proporções diretas com a produção (9).

A cultura do sorgo, dependendo do estágio de desenvolvimento da planta e dos níveis de suprimento de água a que for submetida, apresentará diferentes respostas, em relação a crescimento vegetativo, reprodução e produção. Resultados obtidos por BARBOSA (5), em Sete Lagoas- MG, mostraram diferenças significativas na produção de grãos de cultivares

de sorgo sacarino, quando estes foram submetidos a diferentes suprimentos de água durante a sua estação de crescimento. COSTA et alii (9), investigando o comportamento de cultivares de sorgo granífero submetidos a diferentes níveis de potencial de água no solo, em Sete Lagoas, constataram aumento significativo na produção de grãos proporcional à aplicação suplementar de água para a cultura.

MAYAKI et alii (18), avaliando a profundidade e a distribuição do sistema radicular de vários cereais, inclusive do sorgo, para condições irrigadas e não-irrigadas, em Kansas, verificaram que aproximadamente 86% do peso total das raízes estavam localizadas até 30 cm de profundidade e que 95% deste total, entre 0 e 90 cm, para condições irrigadas. Em condições não-irrigadas, estas porcentagens foram de 79 e 91%, respectivamente. Segundo NAKAYAMA e van BAVEL (22), aproximadamente 90% da atividade total das raízes do sorgo encontram-se a profundidades inferiores a 90 cm.

KAIGAMA et alii (14), investigando a relação entre a profundidade e a distribuição do sistema radicular com o desenvolvimento morfológico da planta do sorgo sob condições irrigadas e não-irrigadas, em Kansas, verificaram que a máxima taxa de acúmulo de matéria seca das raízes e partes aéreas das plantas ocorria em condições irrigadas. No que se refere à produção média de grãos, esta foi máxima com o uso de irrigação. Resultados obtidos por MUSICK et alii (21) também mostraram, com tratamentos irrigados, grande aumento na produção de grãos.

Quanto aos tipos de solos mais adequados para o desenvolvimento da cultura do sorgo, variações na fertilidade e no equilíbrio de diversos nutrientes podem ser mais tolerados pela cultura, porém os rendimentos culturais decrescem à medida que os níveis de fertilidade vão sendo baixos e mal equilibrados (6). Solos de textura média, com teores de argila mais próximos dos 30-35%, são bem adequados, pois permitem uma penetração rápida da água da chuva ou da irrigação, além de apresentarem grande capacidade de absorção. Quanto à estrutura, a granular é muito bem adequada, por apresentar melhor circulação de água e ar, proporcionando melhor penetrabilidade e arejamento do sistema radicular. Solos

profundos e de topografia plana ou levemente ondulada são recomendados, pois, além de permitirem bom desenvolvimento da cultura, facilitam as operações mecanizáveis e são menos sujeitos aos efeitos nocivos da erosão (6).

Várias pesquisas têm sido desenvolvidas no sentido de se estabelecerem datas de plantios ideais relacionadas com a produção da cultura do sorgo (20, 27, 31). PAULI *et alii* (27), investigando o efeito do local, variedade e época de plantio sobre o desenvolvimento de seis cultivares de sorgo granífero em Kansas, constataram que as maiores diferenças ocorreram em razão da influência dos efeitos da época de plantio e do local. Tais diferenças foram atribuídas, principalmente, aos efeitos da temperatura do ar, aos quais a cultura foi submetida durante o seu desenvolvimento.

No Brasil, alguns trabalhos experimentais, objetivando determinar as melhores épocas de plantio para a cultura do sorgo granífero, têm sido conduzidos. MEIRA *et alii* (20), estudando a melhor época de plantio para três cultivares de sorgo granífero em diversas regiões do Estado de Minas Gerais, constataram que melhores resultados foram obtidos para plantios efetivados entre a segunda quinzena de outubro e a segunda de novembro. Resultados obtidos por VIANA (32) também evidenciaram a superioridade destas épocas de plantio em relação às demais, no que diz respeito à produção desta cultura. Entretanto, vale salientar que, em tais determinações, as condições climáticas não foram consideradas.

As pesquisas agronômicas com o sorgo envolvem várias fases fenológicas, geralmente designadas pelos dias após o plantio, dias após a emergência, altura da planta e muitos outros registros que, em muitos casos, têm pouca ou nenhuma relação com épocas de eventos morfofisiológicos da planta. Na tentativa de explicar as relações entre as variáveis meteorológicas e as respostas biológicas associadas, os estudos fenológicos são conduzidos de maneira a facilitar o entendimento global de tais interações, pelo uso de um simples parâmetro climático, geralmente a temperatura do ar (7).

Dentre as tentativas de quantificar as relações entre as plantas e a temperatura do ar, estão os sistemas de unidades térmicas, que representam esta interação pelo acúmulo de temperaturas médias diárias do ar acima de um valor considerado básico para a cultura (33). Os sistemas de unidades térmicas originaram-se com a idéia da constante térmica proposta por R.A.F. RÉAUMUR, em 1730, pela qual um determinado estágio fenológico seria alcançado quando a planta recebesse certa quantidade de unidades térmicas, desprezando-se o tempo envolvido (33).

Diversos pesquisadores utilizaram a idéia da constante térmica na tentativa de relacionar os processos fisiológicos das plantas com a temperatura do ar. Após a introdução de várias modificações, surgiram os atuais sistemas de unidades térmicas, que podem ser classificados em um dos seguintes métodos: método exponencial, método fisiológico e método residual (3).

O método exponencial foi derivado através da aplicação, nas plantas, do princípio de van't Hoff-Arrhenius, pelo qual a velocidade das reações químicas dobra para cada aumento de 10°C na temperatura. Neste método, a resposta das plantas em relação à temperatura do ar é considerada de natureza exponencial (15).

O método fisiológico foi desenvolvido inicialmente por B.E. LIVINGSTON, em 1916, utilizando observações feitas por P.A. LEHENBAUER, em 1914, sobre a taxa de alongação de platinhas de milho submetidas a diferentes regimes de temperatura do ar. Neste método, considera-se como parabólica a resposta das plantas em relação à temperatura do ar (3, 8).

O método residual é o mais simples e foi derivado da idéia original da constante térmica. Este método assume que a taxa de crescimento das plantas é diretamente proporcional ao aumento da temperatura (15).

Várias são as aplicações dos sistemas de unidades térmicas, destacando-se, entre outras, a classificação de maturação de cereais, o prognóstico da ocorrência de eventos fenológicos, a elaboração do calendário de plantio e o zoneamento agroclimático em função da disponibilidade térmica (10, 11, 13, 19, 26, 30).

GILMORE e ROGERS (13), estudando 15 métodos de cálculo de unidades térmicas aplicadas na classificação de maturação de híbridos de milho, no Texas, constataram que a introdução de correções para temperaturas extremas na utilização do método residual produzia resultados satisfatórios. Dentre os métodos testados, o WB 10/30 foi o que se apresentou mais adequado para o fim proposto. Este método considera que existe uma relação linear entre a taxa de crescimento da planta e a temperatura do ar, no intervalo entre 10 e 30°C.

CROSS e ZUBER (10), estimando as diferenças na maturação de híbridos de milho em Missouri, avaliaram 22 métodos de cálculo de unidades térmicas e confirmaram como sendo o melhor sistema para este fim aquele que considera 10 e 30°C como os valores de temperatura-base e ótima para a cultura, respectivamente. Dentre os métodos que apresentaram melhores resultados, estão o de estresse térmico diário e o de Brown, que assumem uma função parabólica à resposta das plantas em relação à temperatura do ar.

MEDERSKI *et alii* (19), aplicando seis métodos de cálculo de unidades térmicas na classificação de maturação de híbridos de milho em Ohio, constataram a superioridade destes sistemas em relação aos dias do calendário. Entre os métodos testados, o de Brown foi o que se apresentou menos variável.

ASPIAZU e SHAW (4), estudando seis métodos de cálculo de unidades térmicas com o objetivo de prognosticar a ocorrência de eventos fenológicos em híbridos de milho em Iowa, também constataram a superioridade do método de Brown sobre os demais, assim como destes métodos sobre os dias do calendário. Resultados obtidos por MUNEZ (26) também mostraram a superioridade do método de Brown na explicação dos efeitos da temperatura do ar sobre a ocorrência das fases fenológicas de três cultivares de milho em Viçosa-MG.

Embora vários métodos tenham sido propostos para a determinação das exigências térmicas durante as fases fenológicas de muitas culturas (10, 13, 19), tais métodos tem sido relativamente pouco aplicados para o sorgo (17, 23, 24). Modelos fenológicos, envolvendo sistemas de

unidades térmicas, foram utilizados por NEILD (24), para comparar a fenologia e a produção de híbridos de milho e sorgo no Sudeste de Nebraska. Através dos resultados obtidos, constataram-se diferenças na taxa de desenvolvimento das culturas durante certos períodos críticos. Enquanto o sorgo apresentou-se mais vulnerável a excessos de umidade e baixas temperaturas durante as fases de germinação e emergência, o milho, por sua vez, apresentou maior sensibilidade a estresse em altas temperaturas, por um período bem mais longo do que o sorgo. Durante as fases de formação de espiga, reprodução e enchimento de grãos, temperaturas superiores a 35°C foram prejudiciais a ambas as culturas.

NEILD *et alii* (23), analisando o tempo e a duração de estação de crescimento, assim como a resposta fenológica de híbridos de sorgo em latitudes temperadas e tropicais, verificaram grande influência da precipitação sobre a taxa de desenvolvimento desta cultura. Enquanto em regiões temperadas, com umidade adequada, o tempo e a duração da estação de crescimento eram determinados pela marcha sazonal da temperatura do ar, em regiões tropicais, onde as baixas temperaturas não constituem fatores limitantes, a estação de crescimento da cultura era governada pela distribuição sazonal da precipitação. Através destes e de outros resultados, fica evidente a necessidade da associação entre os fatores térmicos e hídricos na região tropical, para que se consiga melhor compreensão das interações planta versus ambiente.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Localização da Região Estudada

O presente trabalho foi desenvolvido no Estado de Minas Gerais, nos locais apresentados no Quadro 1. Na escolha destes locais, levaram-se em consideração, principalmente, a representatividade do Estado e a disponibilidade de dados climáticos.

3.2. Dados Utilizados

3.2.1. Dados Meteorológicos

No presente trabalho, utilizaram-se dados diários de temperatura máxima do ar, temperatura mínima do ar e precipitação. Tais dados foram obtidos no 5.^o Distrito de Meteorologia do Instituto Nacional de Meteorologia, em Belo Horizonte.

3.2.2. Dados Fenológicos

Os dados fenológicos referem-se a datas de plantio, floração e colheita dos cultivares de sorgo granífero Jade, Ranchero, Br 300,

Pioneer B 815 e Ag 1011. Estes dados foram obtidos no Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo-EMBRAPA, em Sete Lagoas-MG. Foram utilizados os anos agrícolas de 1981/1982, 1982/1983, 1984/1985, 1985/1986 e 1986/1987, para Sete Lagoas. Para Capinópolis, os anos utilizados foram os de 1982/1983, 1983/1984, 1984/1985 e 1985/1986.

QUADRO 1. Localização Geográfica da Região Estudada

Local	Sigla	Latitude	Longitude	Altitude (m)
Mocambinho	MC	15° 03'S	44° 01'W	452
Salinas	SN	16° 10'S	42° 17'W	471
Paraçatu	PC	17° 13'S	46° 56'W	711
Pirapora	PP	17° 19'S	44° 56'W	505
Capinópolis	CP	18° 40'S	49° 35'W	621
Gov. Valadares	GV	18° 51'S	41° 56'W	277
Sete Lagoas	SL	19° 28'S	44° 14'W	732
Araxá	AX	19° 34'S	46° 55'W	1004
Frutal	FT	20° 01'S	48° 55'W	544
Viçosa	VS	20° 45'S	42° 53'W	690
Lavras	LV	21° 13'S	45° 00'W	919

3.3. Métodos Utilizados

Foram utilizados os métodos de Brown, WB 10/30 e Estresse Térmico Diário.

3.3.1. Método WB 10/30

De acordo com este método, as unidades térmicas são calculadas, obedecendo à expressão seguinte:

$$UT = \frac{T_{\text{máx.}} + T_{\text{mín.}}}{2} - T_b, \quad (\text{Eq. 1})$$

em que:

$T_{\text{máx.}}$ é a temperatura máxima diária do ar ($^{\circ}\text{C}$);

$T_{\text{mín.}}$ é a temperatura mínima diária do ar ($^{\circ}\text{C}$); e

T_b é a temperatura-base da cultura, que para o sorgo será considerada igual a 10°C .

Considerações:

Se $T_{\text{máx.}} > 30^{\circ}\text{C}$, então $T_{\text{máx.}} = 30^{\circ}\text{C}$;

Se $T_{\text{mín.}} < 10^{\circ}\text{C}$, então $T_{\text{mín.}} = 10^{\circ}\text{C}$.

Este método foi desenvolvido por GILMORE e ROGERS (13), em 1956, e é uma modificação do método residual, sendo que as temperaturas de 10 e 30°C representam, respectivamente, os valores de temperaturas-base e ótima para a cultura. Admite-se neste método que, para temperaturas inferiores a 10°C , pequeno ou nenhum crescimento é verificado. Para temperaturas iguais ou superiores a 30°C , a taxa de crescimento apresenta razão máxima. Outra suposição feita é a de que existe uma relação linear entre a taxa de crescimento da planta e a temperatura do ar, para valores compreendidos entre 10 e 30°C (4, 11).

3.3.2. Método de Estresse Térmico Diário

De acordo com este método, as unidades térmicas são calculadas, obedecendo à expressão abaixo:

$$UT = \frac{H' + L'}{2}, \quad (\text{Eq. 2})$$

em que:

$H' = H$, se $H < 30^{\circ}\text{C}$;

$H' = 30^{\circ}\text{C} - (H - 30^{\circ}\text{C})$, se $H > 30^{\circ}\text{C}$;

$L' = L$, se $L > 10^{\circ}\text{C}$; e

$L' = 10^{\circ}\text{C}$, se $L < 10^{\circ}\text{C}$.

Sendo:

H a temperatura máxima diária do ar ($^{\circ}\text{C}$) e

L a temperatura mínima diária do ar ($^{\circ}\text{C}$).

Segundo CROSS e ZUBER (10), este método assume a resposta das plantas, em relação à temperatura do ar, como uma função parabólica, com pensando, deste modo, os efeitos prejudiciais das altas temperaturas pa ra a cultura.

3.3.3. Método de Brown

De acordo com este método, as unidades térmicas são calculadas, obedecendo à expressão abaixo:

$$UT = \frac{Y_{\text{máx.}} + Y_{\text{mín.}}}{2}, \quad (\text{Eq. 3})$$

em que:

$$Y_{\text{máx.}} = 3,33 (T_{\text{máx.}} - 10) - 0,084 (T_{\text{máx.}} - 10)^2; \text{ e} \quad (\text{Eq. 4})$$

$$Y_{\text{mín.}} = 1,8 (T_{\text{mín.}} - 4,4). \quad (\text{Eq. 5})$$

Sendo:

$T_{\text{máx.}}$ a temperatura máxima diária do ar ($^{\circ}\text{C}$) e

$T_{\text{mín.}}$ a temperatura mínima diária do ar ($^{\circ}\text{C}$).

Este método foi desenvolvido por D.M. Brown (8) em 1960, através de estudos em ambientes controlados, para a cultura da soja. Posteriormente, tal método foi simplificado (3), ficando os efeitos das temperaturas diurnas em função da temperatura máxima diária do ar. Quanto aos efeitos das temperaturas noturnas, estas foram relacionadas com as temperaturas mínimas diárias do ar. Neste método, considera-se como linear a resposta da cultura em relação às temperaturas noturnas. Quanto às temperaturas diurnas, esta resposta é não-linear (3, 26). As equações 4 e 5 representam, respectivamente, as contribuições diurnas e noturnas, para o cálculo das unidades térmicas diárias.

3.4. Avaliação dos Métodos de Cálculo de Unidades Térmicas

A escolha do método de cálculo de unidades térmicas mais adequado para o fim proposto baseou-se na variabilidade dos somatórios das unidades térmicas nas diversas fases fenológicas dos cultivares estudados. Admitiu-se como o melhor método aquele que apresenta menor variação no cálculo das unidades térmicas para uma fase fenológica específica.

A variabilidade dos três métodos empregados foi determinada, utilizando-se a relação proposta por ARNOLD (2) e modificada por ASPIAZÚ (3). Esta relação consiste no cálculo do desvio-padrão dos somatórios das unidades térmicas nas diversas fases fenológicas, expresso em dias, por meio da equação:

$$S_d = \frac{S_{ut}}{\bar{X}_{ut}}, \quad (\text{Eq. 6})$$

em que:

S_d é o desvio-padrão, expresso em dias;

S_{ut} é o desvio-padrão, expresso em unidades térmicas; e

\bar{X}_{ut} é a média diária das unidades térmicas em uma fase fenológica qualquer.

Foi determinado também o coeficiente de variação das unidades térmicas, para todos os métodos e fases fenológicas dos cinco cultivares de sorgo granífero, utilizando-se, para isto, a relação proposta por ARNOLD (2).

$$\frac{S_d}{CV} = \frac{\bar{X}}{100},$$

em que:

S_d é o desvio-padrão, em dias;

CV é o coeficiente de variação da soma das unidades térmicas; e

\bar{X} é o número médio de dias na fase fenológica considerada.

3.5. Caracterização Fenológica da Cultura

Com a finalidade de caracterizar fenologicamente os cultivares de sorgo granífero estudados, foi proposta a divisão do ciclo da cultura nas seguintes fases:

Fase 1 = Plantio-Floração

Fase 2 = Floração-Maturação

Fase 3 = Plantio-Maturação

Considerou-se ocorrer a floração quando 75% ou mais da parcela atingiu este estágio. No que se refere à maturação, admitiu-se que ela ocorreu justamente na época em que se realizou a colheita, para todos os cultivares.

De posse das unidades térmicas requeridas nas diversas fases fenológicas de todos os cultivares, obtidas pelo método WB 10/30, foram calculados os valores médios de tais unidades, utilizando-se, para isto, os anos comuns de dados entre Sete Lagoas e Capinópolis. Admitiu-se que estes valores médios representam as reais necessidades térmicas dos cultivares estudados para o Estado de Minas Gerais.

3.6. Determinação da Estação de Crescimento da Cultura

Para se determinar a estação de crescimento da cultura do sorgo granífero, foi utilizado o critério proposto por FREIRE e POPOV (12). Segundo este critério, o início da estação de crescimento é verificado quando a precipitação torna-se igual ou maior que a metade da evapotranspiração potencial. O final da estação de crescimento ocorre quando a precipitação se tornar menor que a metade da evapotranspiração potencial, somado ao tempo necessário para a retirada da umidade armazenada no solo para a cultura. Utilizaram-se valores médios semanais de precipitação e evapotranspiração potencial, para períodos variando em função da disponibilidade de dados em cada local. A evapotranspiração potencial foi determinada de acordo com o método proposto por LINACRE (16).

Este procedimento está esquematicamente ilustrado através da Figura 1, onde se representam as médias semanais de precipitação e de evapotranspiração potencial plotadas, destacando-se o início da estação de crescimento (a), o início do período úmido (b_1), o final do período úmido (b_2), o final da estação chuvosa (c) e o final da estação de crescimento (d).

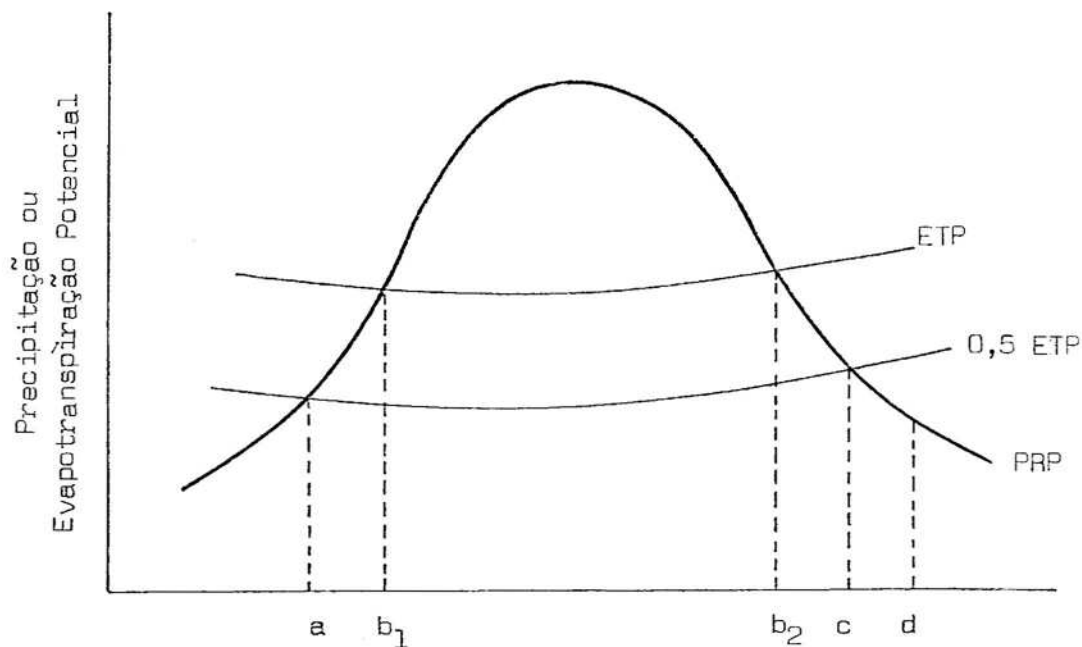


FIGURA 1. Determinação da Estação de Crescimento Segundo o Critério de FRERE e POPOV.

No que se refere à disponibilidade de água no solo, para a determinação do final da estação de crescimento da cultura adotou-se o valor de 100 mm, uma vez que, nos locais estudados, não se dispunham de tais dados. Este valor foi utilizado por LOGAN (17), em um estudo agroclimatológico com a cultura do sorgo em Nebraska, apresentando resultados satisfatórios.

3.7. Climatologia de Unidades Térmicas

Para o estudo climatológico de unidades térmicas no Estado de Minas Gerais, foi utilizado o método WB 10/30. Após o cálculo das unidades térmicas diárias, os valores normais semanais, mensais e trimestrais

foram tabulados. Com base nos valores trimestrais foram traçadas isoli
nhas deste parâmetro, para se ter uma visualização de sua distribuição
durante o ano, destacando-se as regiões com maior potencial térmico pa
ra o desenvolvimento da cultura no Estado.

3.8. Escolha das Áreas e Épocas de Plantio

Na escolha das áreas mais adequadas para a cultura do sorgo gra
nífero no Estado de Minas Gerais, levou-se em consideração a distribui
ção mensal e trimestral das unidades térmicas, bem como as exigências
térmicas dos cultivares em questão, determinada através de sua caracte
rização fenológica.

No que se refere à escolha das melhores épocas de plantio, um
dos principais fatores a serem considerados é a distribuição das preci
pitações na região, sendo recomendado o plantio no início da estação
chuvosa, de maneira que o ciclo da cultura coincida com a estação das
chuvas (29).

Em virtude da grande extensão do Estado, além de seu relevo mui
to acidentado em grande parte do território, o regime pluviométrico apre
senta-se bastante diversificado. Apesar da existência, ao longo dos
anos, de uma estação tipicamente chuvosa, que normalmente vai de outu
bro a março, para muitas regiões agrícolas do Estado é comum, também, a
ocorrência de períodos de estiagem na estação chuvosa, de duração variá
vel, conhecidos como "veranicos" (25). Nas regiões com este tipo de dé
ficit hídrico, o plantio deve ser planejado de modo que os períodos crí
ticos de umidade para a planta, tais como floração e enchimento de
grãos, ocorram antes ou após os "veranicos" (29).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Caracterização Fenológica de Cinco Cultivares de Sorgo Granífero, com Base em Três Métodos de Cálculo de Unidades Térmicas

No Quadro 2 estão apresentados os valores totais médios de unidades térmicas, assim como as respectivas porcentagens do total em cada fase fenológica dos cultivares de sorgo granífero Jade, Ranchero, Br 300, Pioneer B 815 e Ag 1011, para os anos agrícolas de 81/82, 82/83, 84/85, 85/86 e 86/87, utilizando-se os métodos de Brown, WB 10/30 e Estresse Térmico Diário, para Sete Lagoas. De acordo com estes resultados, observa-se que os valores das unidades térmicas obtidas pela utilização do método de Brown foram maiores que os dos demais métodos, em todas as fases fenológicas e para todos os cultivares estudados. Estes altos valores são atribuídos ao uso de duas temperaturas-base, uma para o período diurno (10°C) e outra para o período noturno ($4,4^{\circ}\text{C}$). Os menores valores de unidades térmicas foram encontrados com a utilização do método WB 10/30. Isto se deve ao fato de este método utilizar a subtração de uma temperatura-base, da temperatura média diária. Quanto ao método de Estresse Térmico Diário, os resultados obtidos foram intermediários, justificados pela não-subtração da temperatura-base em seus cálculos.

QUADRO 2. Total Médio de Unidades Térmicas Acumuladas nos Anos Agrícolas de 1981/1982, 1982/1983, 1984/1985, 1985/1986 e 1986/1987, nas Diversas Fases Fenológicas dos Cultivares de Sorgo Granífero Jade, Ranchero, Br 300, Pioneer B 815 e Ag 1011, e Respectiveas Porcentagens do Total Acumulado, Utilizando-se os Métodos de Brown, WB 10/30 e Estresse Térmico Diário, para Sete Lagoas-MG

Cultivares	Fases Fenológicas	Métodos					
		Brown		WB 10/30		Estresse Térmico	
		UTA	%	UTA	%	UTA	%
Jade	Plantio-Floração	1.946	61	895	60	1.557	61
	Floração-Maturação	1.242	39	585	40	1.003	39
	Plantio-Maturação	3.188	100	1.480	100	2.560	100
Ranchero	Plantio-Floração	2.052	64	944	64	1.639	64
	Floração-Maturação	1.136	36	536	36	921	36
	Plantio-Maturação	3.188	100	1.480	100	2.560	100
Br 300	Plantio-Floração	2.075	66	955	65	1.659	61
	Floração-Maturação	1.113	35	525	35	901	39
	Plantio-Maturação	3.188	100	1.480	100	2.560	100
Pioneer B 815	Plantio-Floração	2.000	63	922	62	1.596	62
	Floração-Maturação	1.188	37	558	38	964	38
	Plantio-Maturação	3.188	100	1.480	100	2.560	100
Ag 1011	Plantio-Floração	2.036	64	934	63	1.628	64
	Floração-Maturação	1.152	36	546	37	932	35
	Plantio-Maturação	3.188	100	1.480	100	2.560	100

O Quadro 3 apresenta os resultados dos totais médios de unidades térmicas, bem como as respectivas porcentagens do total em cada fase fenológica dos cultivares de sorgo granífero estudados nos anos agrícolas de 82/83, 83/84, 84/85 e 85/86, com a utilização dos métodos de Brown, WB 10/30 e Estresse Térmico Diário, para Capinópolis. De maneira similar àquela verificada para Sete Lagoas, os maiores valores de unidades térmicas foram obtidos com o emprego do método de Brown, seguido pelos métodos de Estresse Térmico Diário e WB 10/30.

Quanto à distribuição das porcentagens de unidades térmicas nas diversas fases fenológicas dos cultivares estudados, observa-se que, na fase de plantio-floração, para Sete Lagoas, esta variou de 60 a 65%, enquanto para Capinópolis este valor oscilou entre 52 e 57%. A provável causa de tais variações é a diferente distribuição das precipitações em ambos os locais, uma vez que o regime térmico não apresenta diferenças significativas.

Ao serem comparados os resultados das unidades térmicas acumuladas nas diversas fases fenológicas dos cultivares estudados em Sete Lagoas e Capinópolis, verifica-se que, para o último local, todos os métodos resultaram maiores valores de unidades térmicas na fase de plantio-maturação, embora na fase de plantio-floração menor quantidade de unidades térmicas tenha sido utilizada, para todos os cultivares.

Os valores do desvio-padrão, expressos em dias, assim como os do coeficiente de variação da soma das unidades térmicas, obtidas pelos métodos de Brown, WB 10/30 e Estresse Térmico Diário, para cada fase fenológica dos cultivares estudados em Sete Lagoas e Capinópolis, são apresentados nos Quadros 4 e 5, respectivamente. Para Sete Lagoas, na fase de plantio-floração o método de Brown apresentou os menores valores de desvio-padrão e coeficiente de variação, exceto para o cultivar Jade, cujos menores valores foram obtidos com a utilização do método WB 10/30. Na fase de floração-maturação, houve grande proximidade entre os valores de desvio-padrão obtidos por todos os métodos. Quanto ao coeficiente de variação, os menores valores foram obtidos pelo método de Estresse Térmico Diário, sendo que para os cultivares Pioneer B 815 e Ag 1011

QUADRO 3. Total Médio de Unidades Térmicas Acumuladas nos Anos Agrícolas de 1982/1983, 1983/1984, 1984/1985 e 1985/1986, nas Diversas Fases Fenológicas dos Cultivares de Sorgo Granífero Jade, Ranchero, Br 300, Pioneer B 815 e Ag 1011, e Respectiveas Porcentagens do Total Acumulado, Utilizando-se os Métodos de Brown, WB 10/30 e Estresse Térmico Diário, para Capinópolis-MG

Cultivares	Fases Fenológicas	Métodos					
		Brown		WB 10/30		Estresse Térmico	
		UTA	%	UTA	%	UTA	%
Jade	Plantio-Floração	1.723	52	817	52	1.360	52
	Floração-Maturação	1.572	48	766	48	1.264	48
	Plantio-Maturação	3.295	100	1.583	100	2.624	100
Ranchero	Plantio-Floração	1.821	55	866	55	1.438	55
	Floração-Maturação	1.474	45	717	45	1.186	45
	Plantio-Maturação	3.295	100	1.583	100	2.624	100
Br 300	Plantio-Floração	1.891	57	900	57	1.492	57
	Floração-Maturação	1.404	43	683	43	1.132	43
	Plantio-Maturação	3.295	100	1.583	100	2.624	100
Pioneer B 815	Plantio-Floração	1.784	54	848	54	1.408	54
	Floração-Maturação	1.511	46	735	46	1.216	46
	Plantio-Maturação	3.295	100	1.583	100	2.624	100
Ag 1011	Plantio-Floração	1.821	55	866	55	1.437	55
	Floração-Maturação	1.474	45	717	45	1.187	45
	Plantio-Maturação	3.295	100	1.583	100	2.624	100

QUADRO 4. Desvio- Padrão em Dias (Sd) e Coeficiente de Variação (C.V., %) da Soma das Unidades Térmicas Obtidas pelos Três Métodos Aplicados nas Diversas Fases Fenológicas dos Cultivares de Sorgo Granífero Jade, Ranchero, Br 300, Pioneer B 815 e Ag 1011, para Sete Lagoas-MG

Cultivares	Fases Fenológicas	Métodos					
		Brown		WB 10/30		Estresse Térmico	
		Sd	CV	Sd	CV	Sd	CV
Jade	Plantio-Floração	4,4	6,6	4,1	6,2	4,5	6,8
	Floração-Maturação	8,8	20,1	8,7	20,0	8,6	19,7
	Plantio-Maturação	9,7	8,8	10,0	9,1	9,8	8,9
Ranchero	Plantio-Floração	3,4	4,9	3,5	5,0	3,8	5,4
	Floração-Maturação	7,6	19,0	7,7	19,2	7,6	18,9
	Plantio-Maturação	9,7	8,8	10,0	9,1	9,8	8,9
Br 300	Plantio-Floração	2,9	4,1	3,1	4,3	3,3	4,6
	Floração-Maturação	8,7	22,2	8,7	22,3	8,7	22,2
	Plantio-Maturação	9,7	8,8	10,1	9,1	9,8	8,9
Pioneer B 815	Plantio-Floração	3,8	5,6	4,0	5,8	4,1	6,0
	Floração-Maturação	8,4	19,8	8,2	19,4	8,4	19,8
	Plantio-Maturação	11,0	9,9	11,1	10,0	11,2	10,1
Ag 1011	Plantio-Floração	4,7	6,7	5,2	7,4	5,0	7,1
	Floração-Maturação	10,4	25,1	10,2	24,6	10,4	25,2
	Plantio-Maturação	13,6	12,2	13,7	12,3	13,8	12,4

QUADRO 5. Desvio-Padrão em Dias (Sd) e Coeficiente de Variação (C.V., %) da Soma das Unidades Térmicas Obtidas pelos Três Métodos Aplicados nas Diversas Fases Fenológicas dos Cultivares de Sorgo Granífero Jade, Ranchero, Br 300, Pioneer B 815 e Ag 1011, para Capinópolis-MG

Cultivares	Fases Fenológicas	Métodos					
		Brown		WB 10/30		Estresse Térmico	
		Sd	CV	Sd	CV	Sd	CV
Jade	Plantio-Floração	1,4	2,5	2,2	4,0	1,4	2,6
	Floração-Maturação	6,6	12,9	6,8	13,2	5,3	10,4
	Plantio-Maturação	7,2	6,7	7,8	7,3	6,1	5,7
Ranchero	Plantio-Floração	2,2	3,7	3,0	5,1	2,3	3,9
	Floração-Maturação	6,9	14,4	7,0	14,6	5,6	11,6
	Plantio-Maturação	7,2	6,7	7,8	7,3	6,1	5,7
Br 300	Plantio-Floração	2,3	3,7	3,0	4,9	2,4	3,9
	Floração-Maturação	7,4	16,1	7,5	16,4	5,9	12,9
	Plantio-Maturação	7,2	6,7	7,8	7,3	6,1	5,7
Pioneer B 815	Plantio-Floração	2,1	3,6	2,9	5,0	2,2	3,8
	Floração-Maturação	6,1	12,4	6,3	12,7	4,9	9,9
	Plantio-Maturação	7,2	6,7	7,8	7,3	6,1	5,7
Ag 1011	Plantio-Floração	1,9	3,3	2,8	4,7	2,1	3,5
	Floração-Maturação	6,5	13,5	6,6	13,7	5,2	10,9
	Plantio-Maturação	7,2	6,7	7,8	7,3	6,1	5,7

o método WB 10/30 foi o menos variável. Para a fase de plantio-maturação, o método de Brown foi o que apresentou valores de desvio-padrão e coeficiente de variação ligeiramente menores que os demais.

Ao serem analisados os resultados do desvio-padrão e do coeficiente de variação para Capinópolis e Sete Lagoas, verifica-se que na fase de plantio-floração os menores valores foram obtidos com o uso do método de Brown, ao passo que nas fases de floração-maturação e plantio-maturação o método de Estresse Térmico Diário foi o que apresentou melhores resultados.

Apesar de os resultados obtidos nestes dois locais serem um pouco diferentes, observa-se que a variabilidade das porcentagens do total das unidades térmicas acumuladas nas diversas fases fenológicas dos cultivares estudados foi menor entre os métodos utilizados do que entre os próprios cultivares, constatando-se, assim, a aplicabilidade destes métodos no que diz respeito ao estudo fenológico da cultura do sorgo.

Em Sete Lagoas, apesar de não se terem constatado diferenças significativas entre os métodos testados, o método de Brown apresentou resultados ligeiramente melhores que os demais. Em razão da pequena diferença encontrada nos resultados obtidos com a aplicação dos três métodos de cálculos de unidades térmicas no estudo fenológico dos cultivares de sorgo granífero em questão, é que se decidiu, no presente trabalho, pelo uso do método WB 10/30, tanto no que se refere à classificação fenológica quanto à climatologia das unidades térmicas no Estado de Minas Gerais. Esta escolha deve-se à simplicidade de aplicação deste método e ao seu uso muito difundido em outros países, além da vasta literatura existente a respeito de sua aplicabilidade.

4.2. Distribuição das Unidades Térmicas Médias nas Diversas Fases Fenológicas dos Cultivares de Sorgo Granífero

Para o cálculo das unidades térmicas médias acumuladas nas diversas fases fenológicas dos cultivares de sorgo granífero Jade, Ranchero, Br 300, Pioneer B 815 e Ag 1011, foram utilizados os anos de dados

comuns entre Sete Lagoas e Capinópolis. O método empregado foi o WB 10/30, por razões já descritas no item 4.1. Os resultados destes cálculos são apresentados através do Quadro 6, onde se verifica que o menor acúmulo de unidades térmicas na fase de plantio-floração ocorreu para o cultivar Jade, com 870 unidades; quanto ao máximo, este foi acumulado para o cultivar Br 300, com 942 unidades térmicas. Na fase de floração-maturação, os menores valores foram acumulados pelo cultivar Br 300, que necessitou de 600 unidades térmicas, sendo o maior acúmulo verificado para o cultivar Jade, com 672 unidades. Quando se analisa esta distribuição na fase de plantio-maturação, observa-se que todos os cultivares receberam totais idênticos de unidades térmicas. A justificativa para isto está no fato de a colheita ter sido realizada simultaneamente para todos os cultivares, admitindo-se que, nesta ocasião, estes se apresentavam na fase de maturação fisiológica.

4.3. Estação de Crescimento da Cultura no Estado de Minas Gerais

Após a obtenção dos valores médios semanais de evapotranspiração potencial e de precipitação, nos diversos locais estudados no Estado de Minas Gerais, procedeu-se à determinação da estação de crescimento da cultura.

Para Mocambinho (Figura 2), a estação de crescimento teve seu início na segunda semana do mês de outubro, prolongando-se até a terceira semana de maio, com uma duração de 32 semanas (224 dias), durante as quais foram acumulados 3.380 unidades térmicas e 942 mm de precipitação. O período úmido ficou compreendido entre a última semana do mês de novembro e meados de fevereiro, com um total de 13 semanas (91 dias). Quanto à estação chuvosa, seu final ocorreu por volta da primeira semana de abril. Durante a estação de crescimento, a temperatura média semanal do ar variou de 13,8 a 33,6°C.

Para Salinas (Figura 3), o início da estação de crescimento foi na primeira semana do mês de novembro, prolongando-se até a terceira semana do mês de março, com duração de 21 semanas (147 dias). Durante este

QUADRO 6. Unidades Térmicas Médias Acumuladas nas Diversas Fases Fenológicas dos Cultivares de Sorgo Granífero Jade, Ranchero, Br 300, Pioneer B 815 e Ag 1011, Utilizando-se o Método WB 10/30, para os Anos Comuns entre Sete Lagoas e Capinópolis-MG

Cultivares	Fases Fenológicas	Local						Média
		Sete Lagoas			Capinópolis			
		82/83	84/85	85/86	82/83	84/85	85/86	
Jade	Plantio-Floração	865	884	987	806	814	863	870
	Floração-Maturação	649	411	672	629	869	802	672
	Plantio-Maturação	1.514	1.295	1.659	1.435	1.683	1.665	1.542
Ranchero	Plantio-Floração	919	911	1.026	862	860	924	917
	Floração-Maturação	595	384	633	573	823	741	625
	Plantio-Maturação	1.514	1.295	1.659	1.435	1.683	1.665	1.542
Br 300	Plantio-Floração	919	953	1.026	908	891	955	942
	Floração-Maturação	595	342	633	527	792	710	600
	Plantio-Maturação	1.514	1.295	1.659	1.435	1.683	1.665	1.542
Pioneer B 815	Plantio-Floração	892	884	1.000	822	843	908	892
	Floração-Maturação	622	411	659	613	840	757	650
	Plantio-Maturação	1.514	1.295	1.659	1.435	1.683	1.665	1.542
Ag 1011	Plantio-Floração	892	896	1.013	848	860	924	905
	Floração-Maturação	622	399	646	587	823	741	637
	Plantio-Maturação	1.514	1.295	1.659	1.435	1.683	1.665	1.542

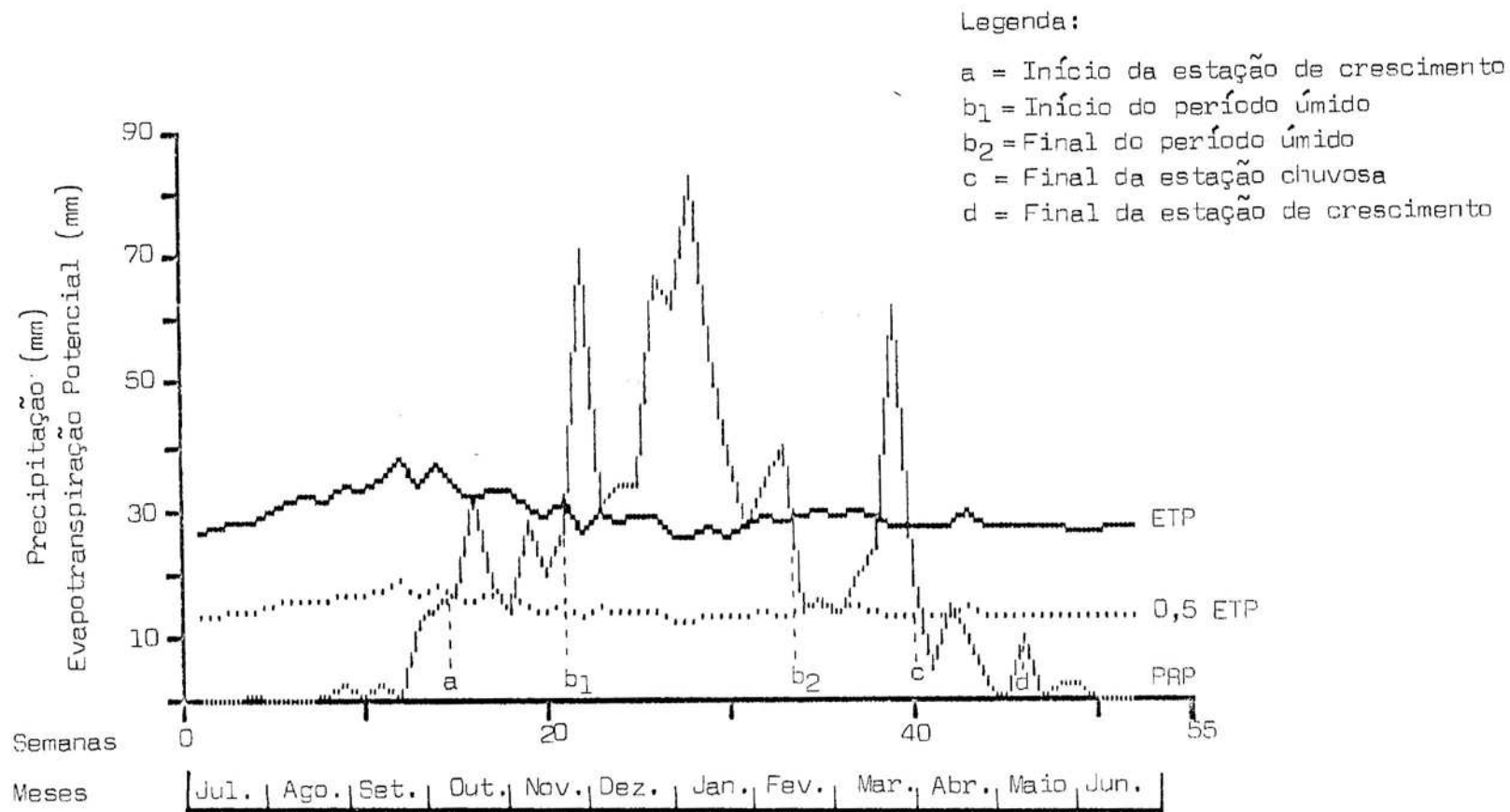


FIGURA 2. Distribuição Semanal Média de Precipitação (PRP) e Evapotranspiração Potencial (ETP) para Mocimbinho, no Período de 1976 a 1978.

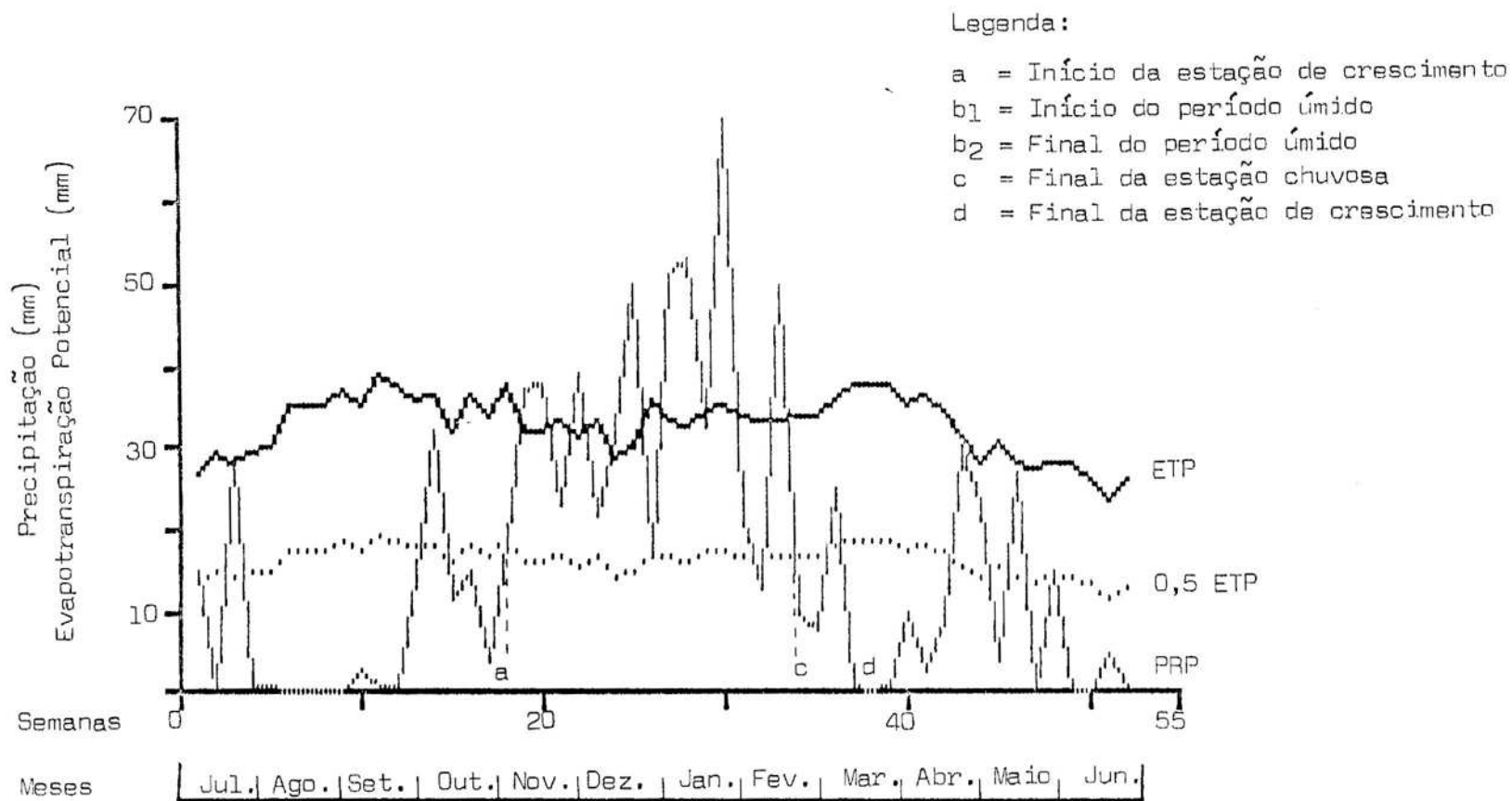


FIGURA 3. Distribuição Semanal Média de Precipitação (PRP) e Evapotranspiração Potencial (ETP) para Salinas, no Período de 1975 a 1978.

período foram acumulados 2.192 unidades térmicas e 610 mm de precipitação. Em virtude da grande irregularidade na distribuição da precipitação, não se constatou um período úmido bem definido neste local, entretanto se podem destacar alguns picos de precipitação em meados dos meses de dezembro e fevereiro, respectivamente, assim como em grande parte do mês de janeiro, sendo que tais precipitações têm suas ocorrências grandemente reduzidas após a terceira semana do mês de fevereiro. Durante a estação de crescimento neste local, a temperatura média semanal do ar variou de 24,3 a 26,6^oC.

Quando analisada a estação de crescimento em Paracatu (Figura 4), esta ficou compreendida entre o início do mês de outubro e a primeira semana do mês de junho, com duração de 35 semanas (245 dias), durante as quais foram acumulados 3.172 unidades térmicas e 1.159 mm de precipitação. No que se refere ao período úmido, este ficou compreendido entre o início do mês de novembro e a terceira semana de abril, muito embora tenha sido verificada a ocorrência de grandes déficits de precipitação em meados de janeiro e final de fevereiro, respectivamente, caracterizando, deste modo, a tendência do fenômeno de "veranico" nestas épocas, na região. A partir do final do mês de abril, as precipitações tornam-se praticamente inexistentes. Durante a estação de crescimento neste local, a temperatura média semanal do ar variou de 19,1 a 24,9^oC.

Em Pirapora (Figura 5), a estação de crescimento ficou compreendida entre o final dos meses de outubro e março, respectivamente, tendo uma duração de 22 semanas (154 dias), durante as quais foram acumulados 2.340 unidades térmicas e 703 mm de precipitação. Quanto ao período úmido, este se estendeu da segunda semana do mês de dezembro ao início do mês de fevereiro, totalizando oito semanas (56 dias). Quanto à estação chuvosa, esta teve seu final por volta da segunda semana de fevereiro. Durante a estação de crescimento, a temperatura média semanal do ar variou de 24,3 a 26,6^oC.

Para Capinópolis (Figura 6), a estação de crescimento ficou compreendida entre a primeira semana do mês de outubro e a última do mês de maio, com uma duração de 35 semanas (245 dias), durante as quais

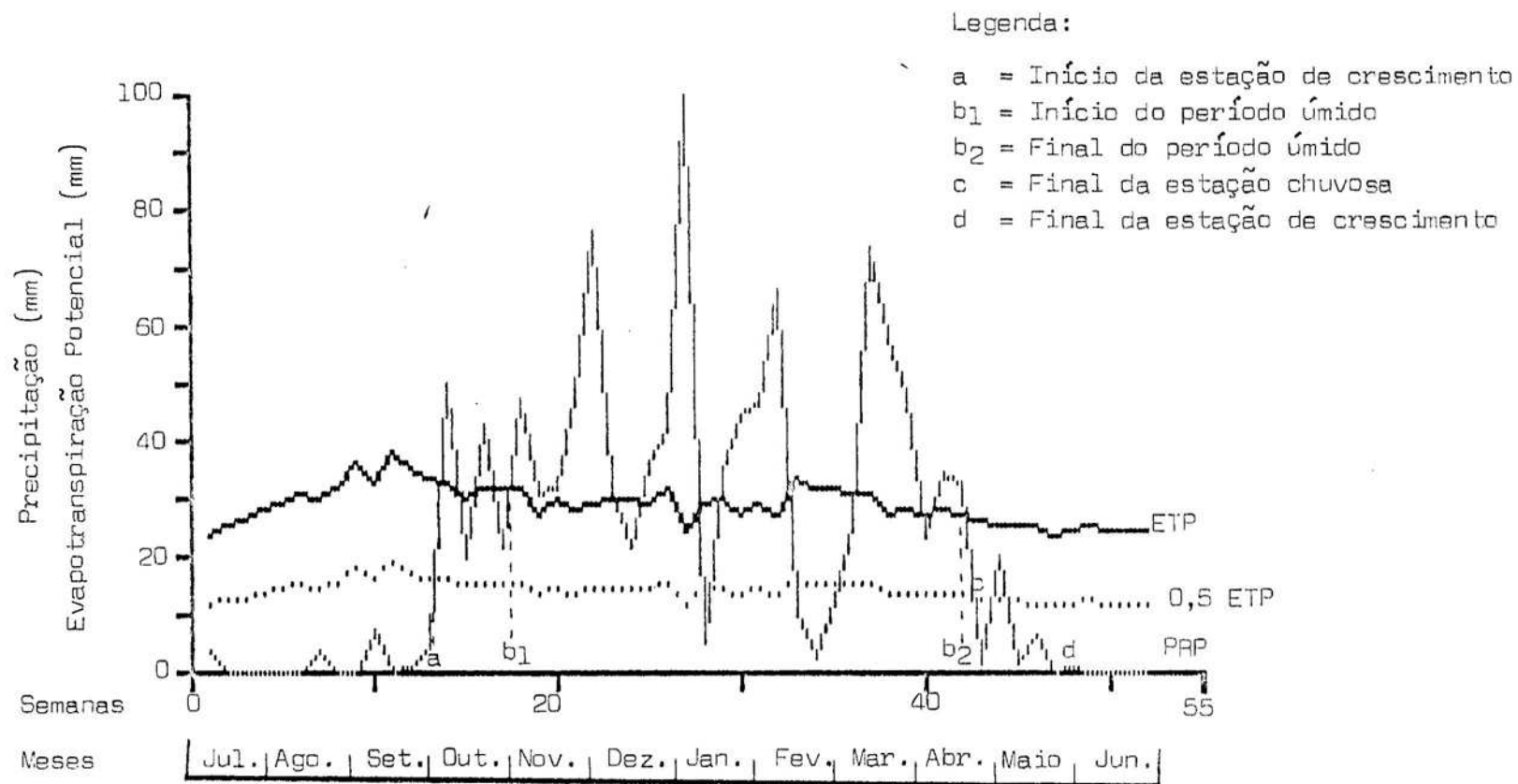


FIGURA 4. Distribuição Semanal Média de Precipitação (PRP) e Evapotranspiração Potencial (ETP) para Paracatu, no Período de 1973 a 1978.

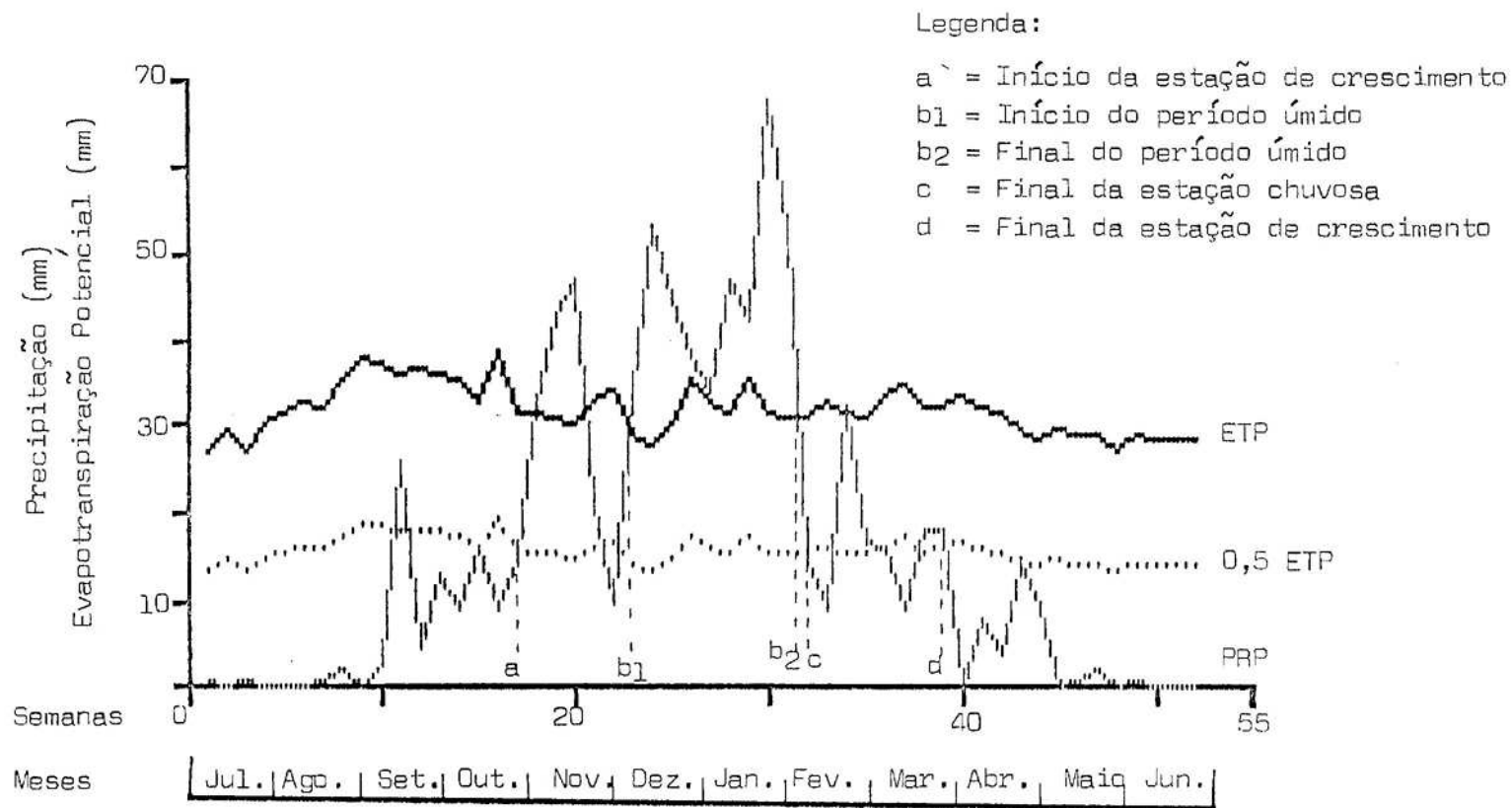


FIGURA 5. Distribuição Semanal Média de Precipitação (PRP) e Evapotranspiração Potencial (ETP) para Pirapora, no Período de 1976 a 1978.

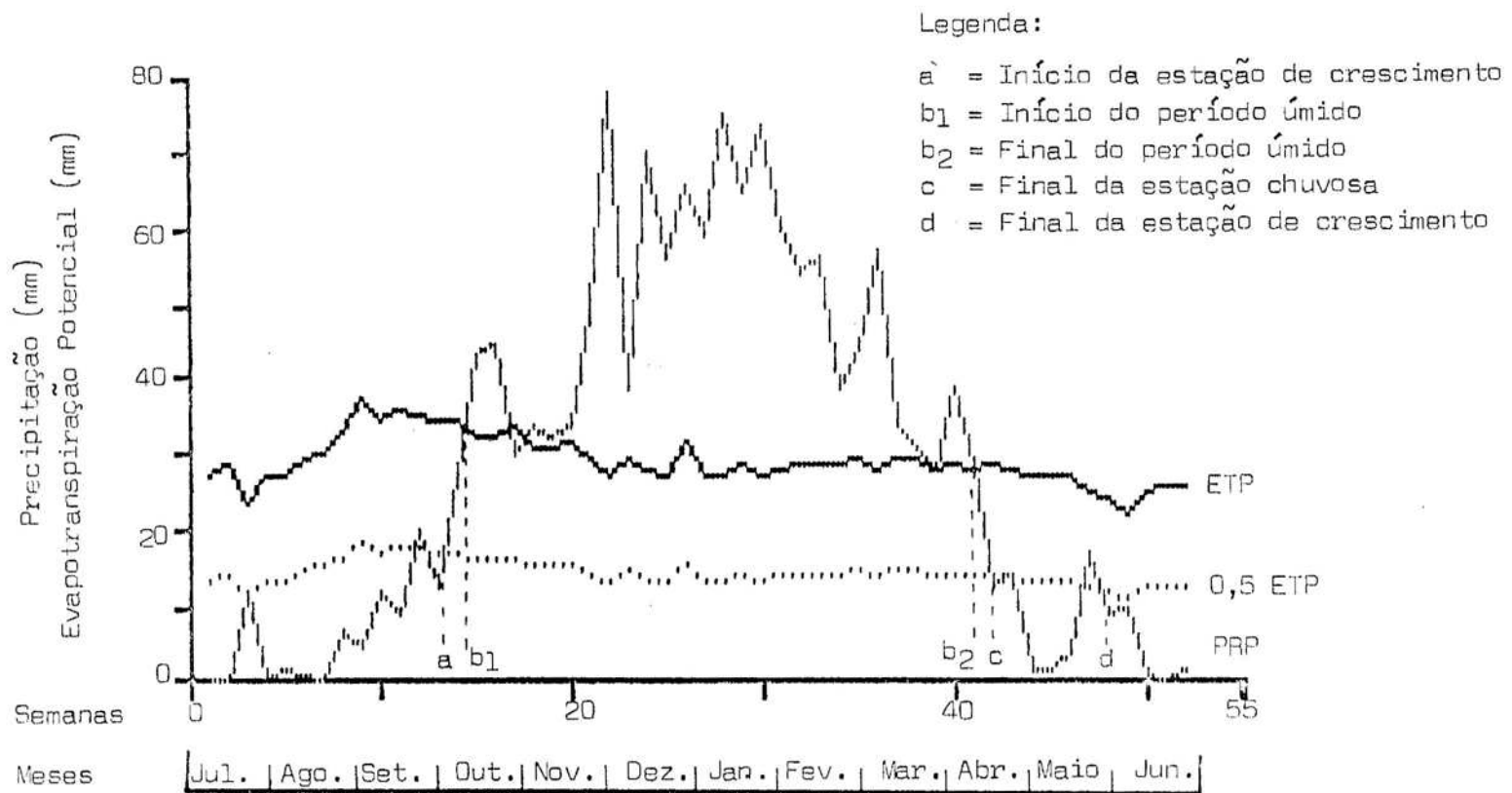


FIGURA 6. Distribuição Semanal Média de Precipitação (PRP) e Evapotranspiração Potencial (ETP) para Capinópolis, no Período de 1970 a 1978.

foram acumulados 3.551 unidades térmicas e 1.405 mm de precipitação. O período úmido estendeu-se da segunda semana do mês de outubro até a segunda do mês de abril, totalizando 27 semanas (189 dias). Quanto à estação chuvosa, seu término se deu em torno da terceira semana do mês de abril. A temperatura média semanal do ar durante a estação de crescimento variou de 21,6 a 26,1^oC.

Em Governador Valadares (Figura 7), a estação de crescimento estendeu-se do final do mês de setembro até a terceira semana de março, com uma duração de 26 semanas (182 dias), durante as quais 2.690 unidades térmicas e 863 mm de precipitação foram acumulados. O período úmido teve duração de 15 semanas (105 dias), indo da segunda semana do mês de novembro até a segunda semana de fevereiro, ocasião em que se verificou também o final da estação chuvosa. A temperatura média semanal do ar durante a estação de crescimento variou de 23,3 a 26,4^oC.

Para Sete Lagoas (Figura 8), a estação de crescimento ficou compreendida entre a primeira semana do mês de outubro e a terceira do mês de maio, com um total de 32 semanas (224 dias), durante as quais foram acumulados 2.992 unidades térmicas e 1.242 mm de precipitação. O período úmido teve início na primeira semana de novembro, prolongando-se até a segunda semana do mês de março, totalizando 20 semanas (140 dias). No transcorrer da estação de crescimento, a temperatura média semanal do ar variou de 19,7 a 24,0^oC.

Em Araxá (Figura 9), a estação de crescimento teve início na terceira semana de setembro, estendendo-se até a segunda semana de junho, com um total de 39 semanas (273 dias). Durante este período foram acumulados 3.132 unidades térmicas e 1.595 mm de precipitação. O período úmido teve seu início na primeira semana de outubro, prolongando-se até a segunda semana de abril, com um total de 28 semanas (196 dias). O final da estação chuvosa ocorreu por volta da última semana de abril. A temperatura média semanal do ar durante a estação de crescimento variou de 18,3 a 23,2^oC.

Para Frutal (Figura 10), a duração e a ocorrência da estação de crescimento foram semelhantes às aquelas verificadas em Capinópolis, sendo

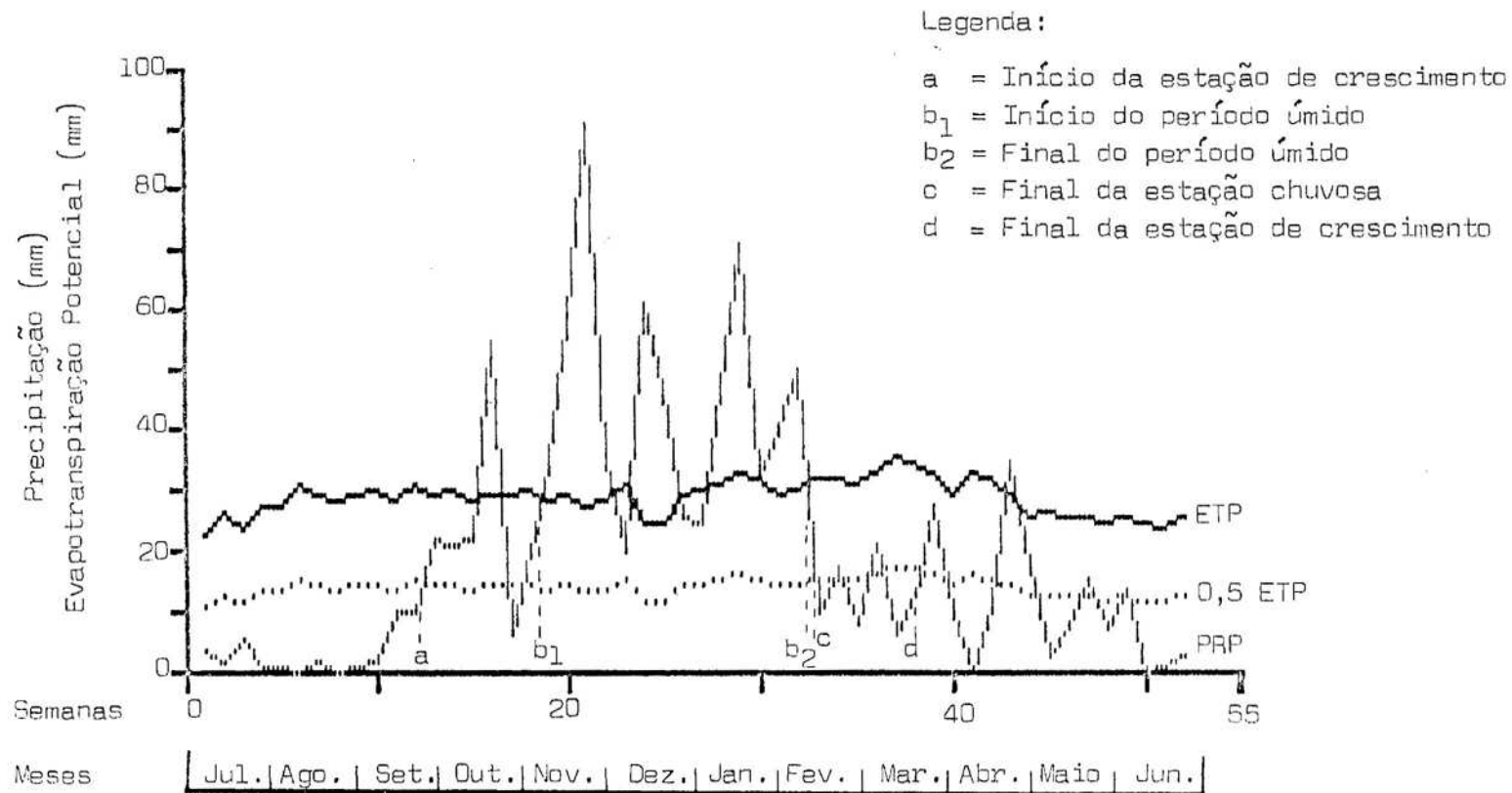


FIGURA 7. Distribuição Semanal Média de Precipitação (PRP) e Evapotranspiração Potencial (ETP) para Governador Valadares, no Período de 1961 a 1978.

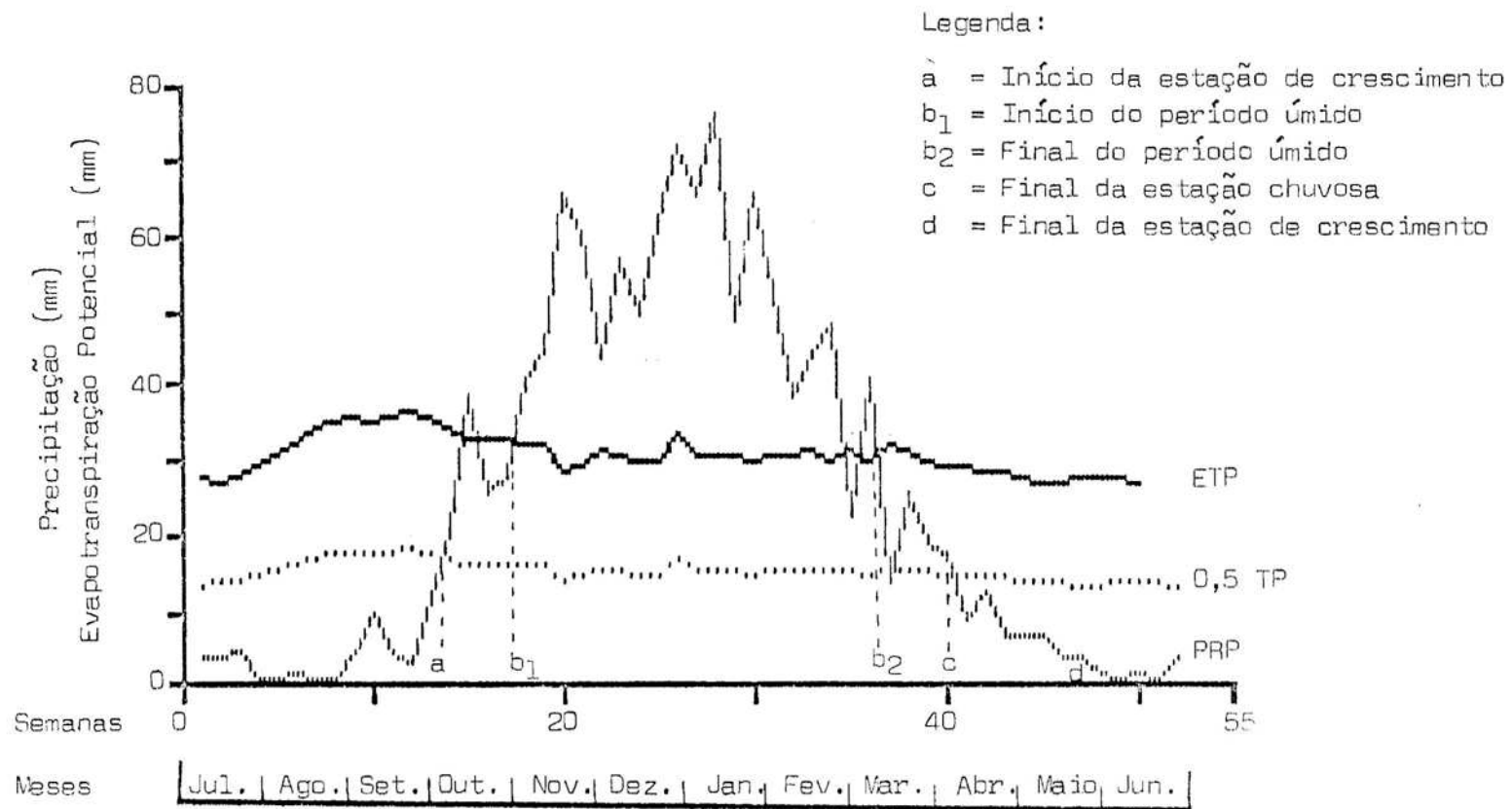


FIGURA 8. Distribuição Semanal Média de Precipitação (PRP) e Evapotranspiração Potencial (ETP) para Sete Lagoas, no Período de 1961 a 1978.

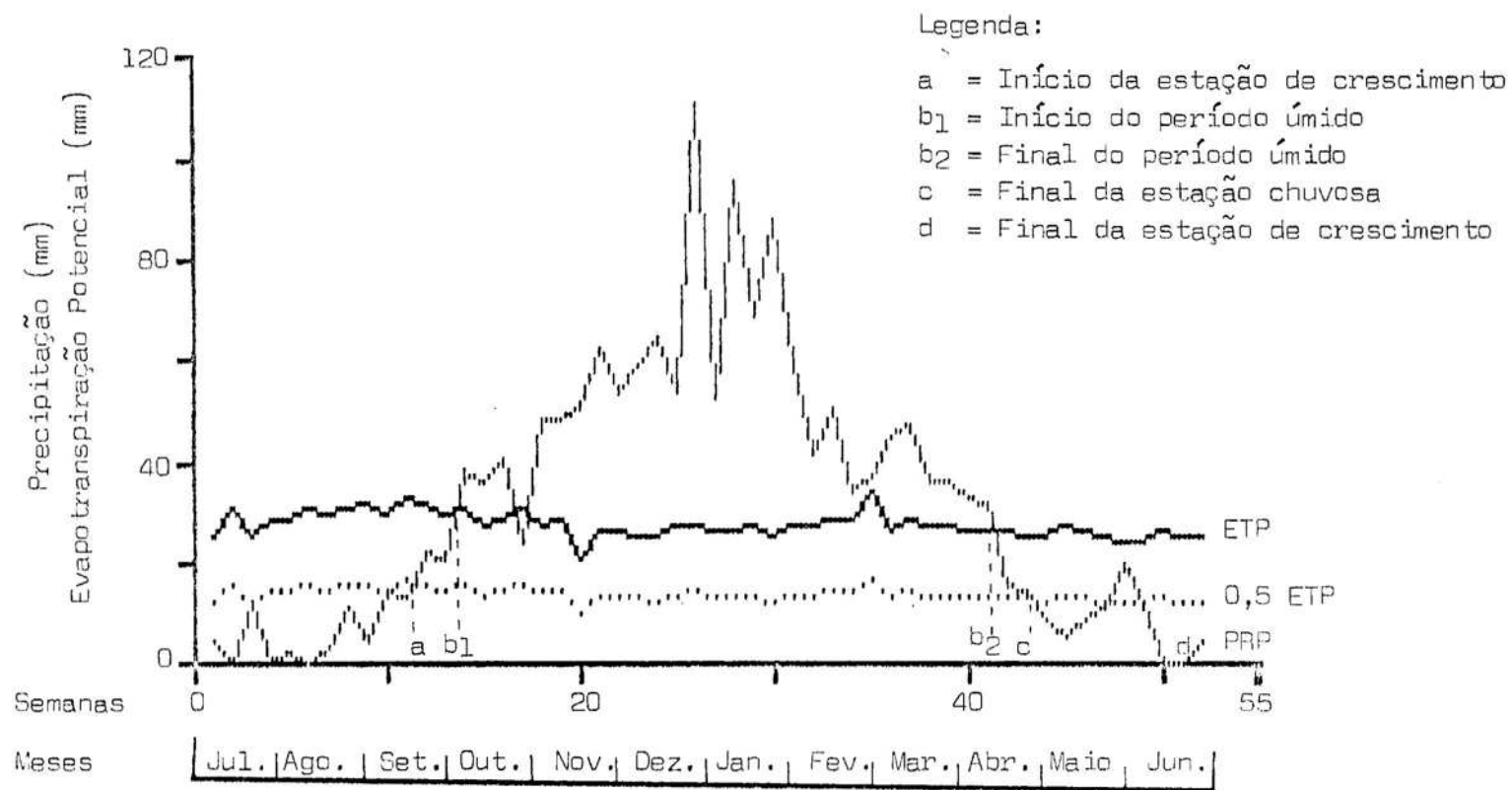


FIGURA 9. Distribuição Semanal Média de Precipitação (PRP) e Evapotranspiração Potencial (ETP) para Araxá, no Período de 1971 a 1978.

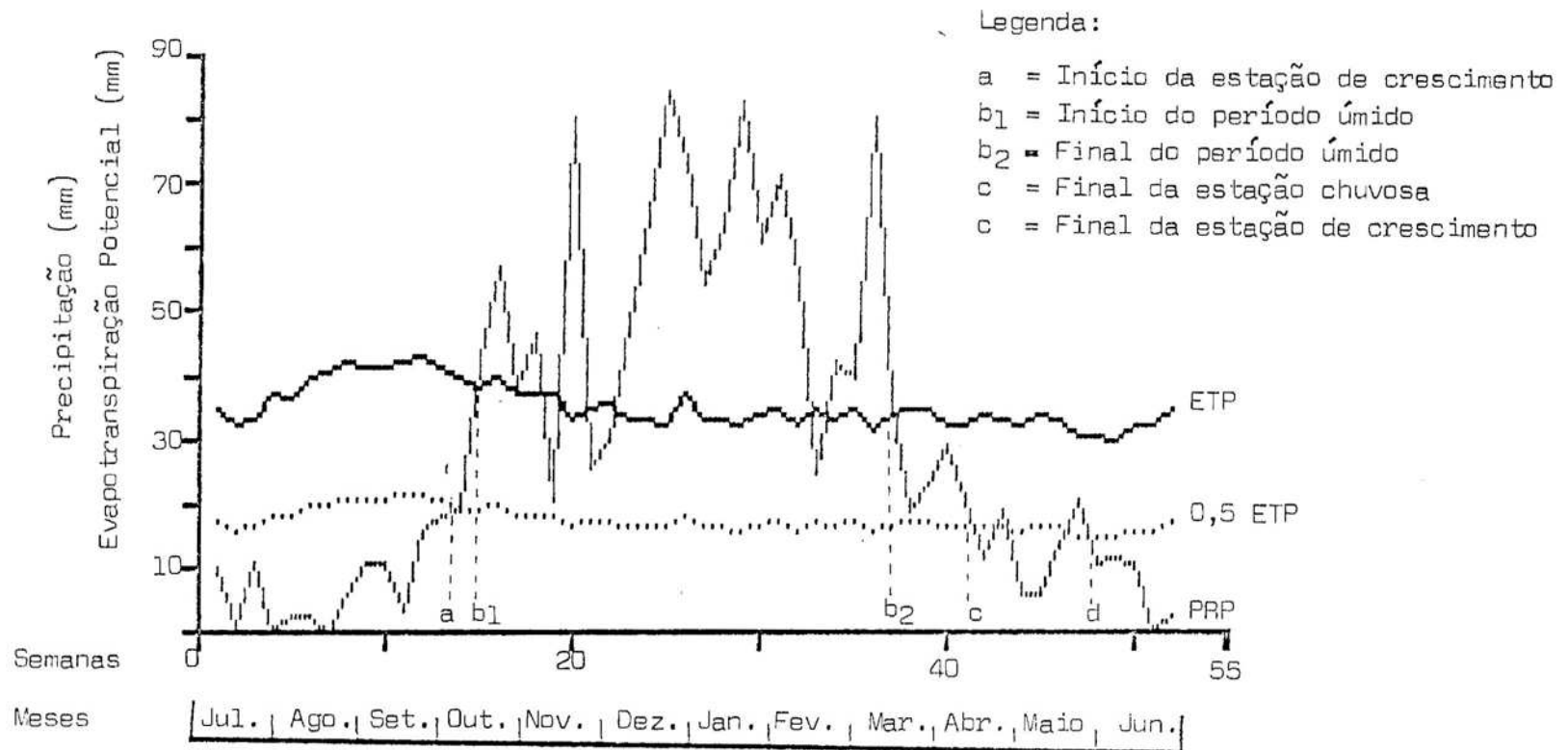


FIGURA 10. Distribuição Semanal Média de Precipitação (PRP) e Evapotranspiração Potencial (ETP) para Frutal, no Período de 1961 a 1978.

que o total de unidades térmicas e precipitação acumuladas foi de 3.620 e 1.418 mm, respectivamente. O período úmido ficou limitado pela segunda semana do mês de outubro e pela segunda do mês de março, com um total de 23 semanas (161 dias). No que se refere à estação chuvosa, o seu final se deu por volta da segunda semana de abril. Durante a estação de crescimento, a temperatura média semanal do ar variou de 21,6 a 27,1^oC.

Em Viçosa (Figura 11), a estação de crescimento ficou compreendida entre a última semana do mês de setembro e a primeira semana do mês de junho, com uma duração de 36 semanas (252 dias). Nesse período foram acumulados 2.939 unidades térmicas e 1.087 mm de precipitação. O período úmido foi da segunda semana de outubro à segunda de março, totalizando 23 semanas (161 dias). O final da estação chuvosa ocorreu por volta da terceira semana de abril. Durante a estação de crescimento, a temperatura média semanal do ar variou de 16,9 a 23,6^oC.

Para Lavras (Figura 12), a estação de crescimento ficou compreendida entre a segunda semana do mês de setembro e a segunda do mês de junho, com um total de 40 semanas (280 dias), nas quais foram acumulados 3.172 unidades térmicas e 1.461 mm de precipitação. O período úmido estendeu-se do início do mês de outubro até a primeira semana do mês de abril, perfazendo 26 semanas (182 dias). O final da estação chuvosa verificou-se na terceira semana de abril. A temperatura média semanal do ar durante a estação de crescimento variou de 17,1 a 23,2^oC.

4.4. Distribuição das Unidades Térmicas no Estado de Minas Gerais

Os valores normais de unidades térmicas acumuladas semanalmente, para todos os locais mencionados no Quadro 1, encontram-se nos Quadros 7 e 8, respectivamente. Analisando a distribuição média mensal destas unidades, conforme apresentado no Quadro 9, verificou-se que, de modo geral, os maiores valores de unidades térmicas foram acumulados a partir do mês de outubro, prolongando-se até os meses de março e abril, quando os menores valores passam a ser acumulados. Viçosa, na Zona da

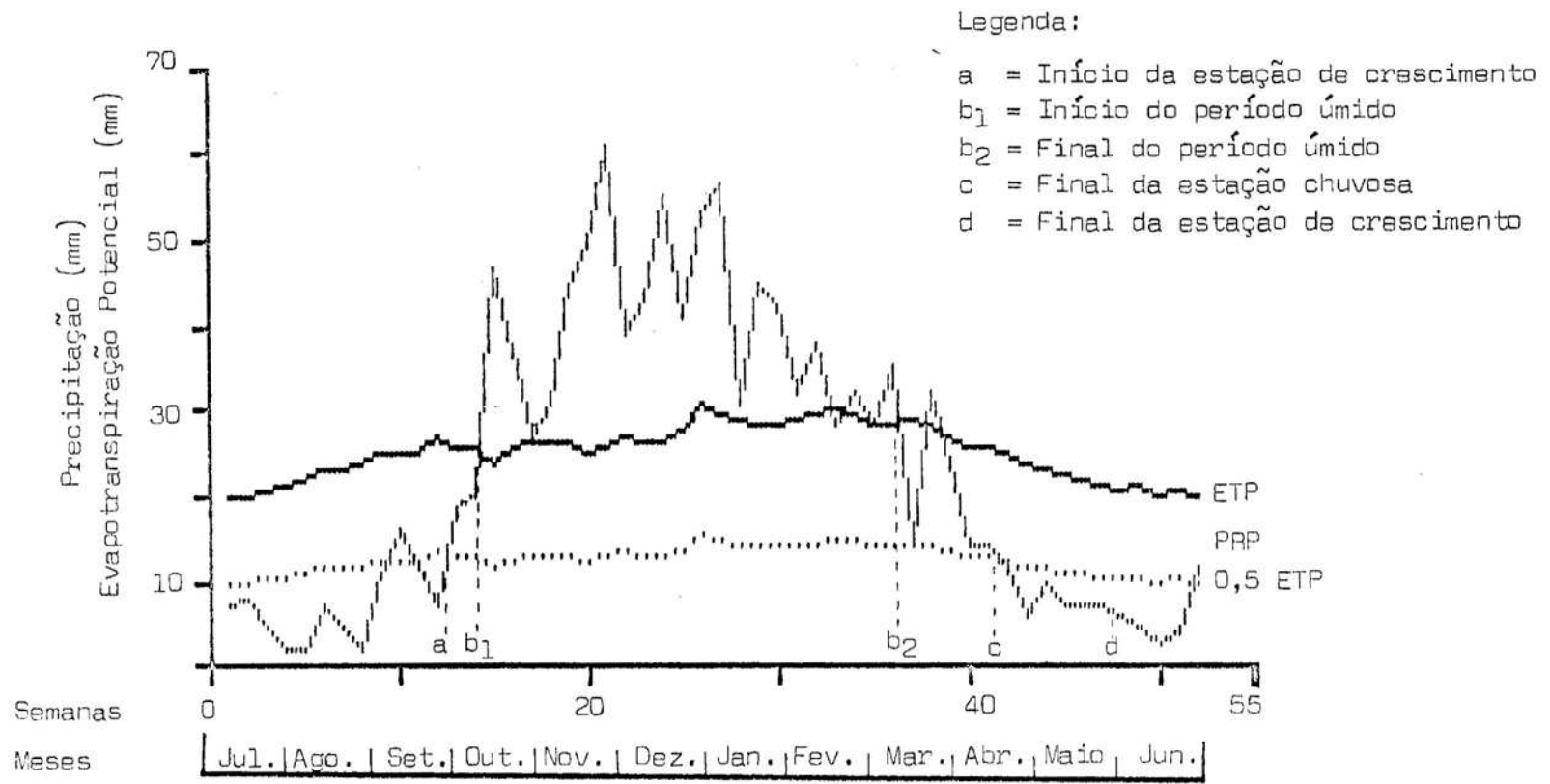


FIGURA 11. Distribuição Semanal Média de Precipitação (PRP) e Evapotranspiração Potencial (ETP) para Viçosa, no Período de 1961 a 1978.

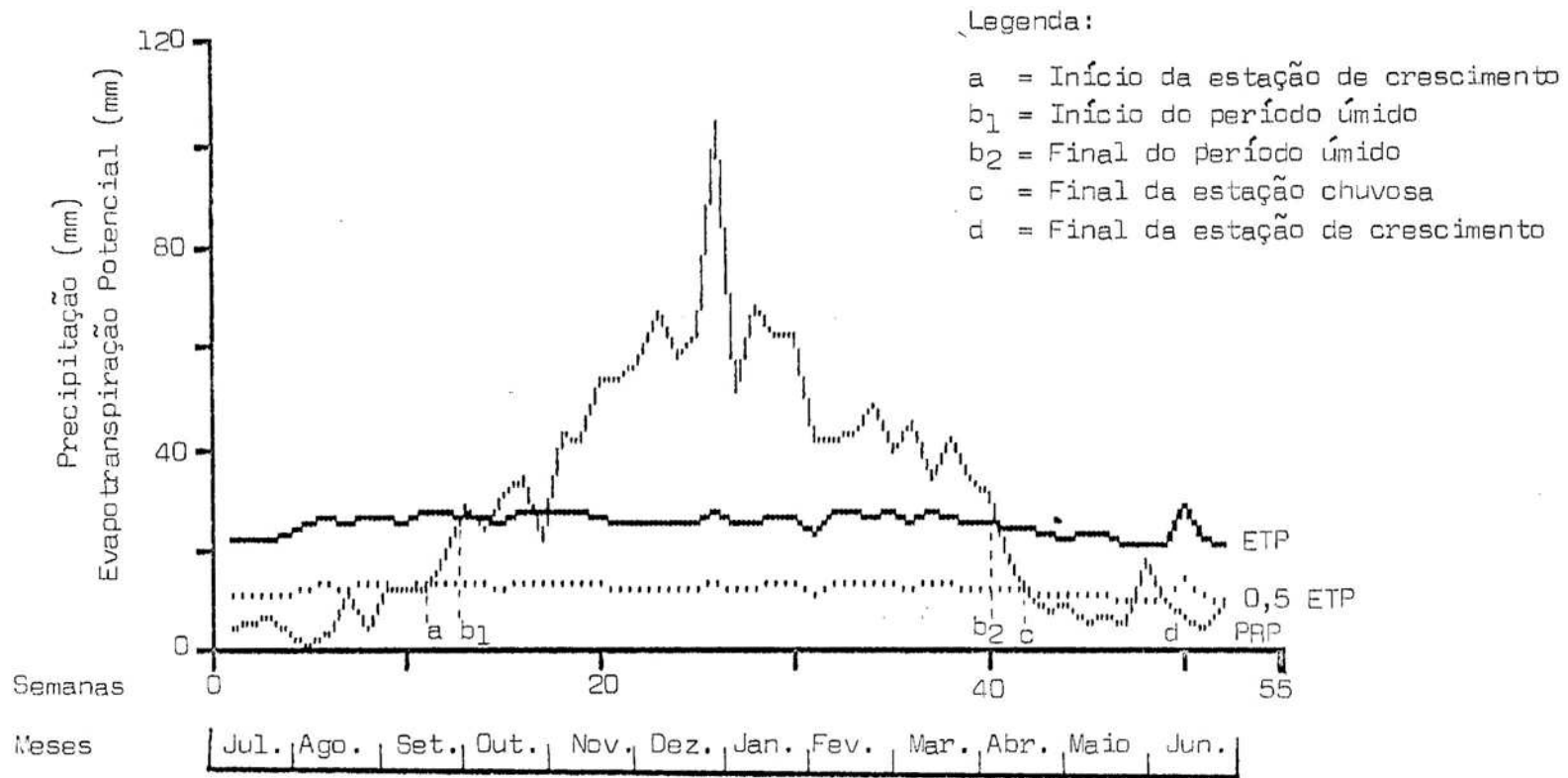


FIGURA 12. Distribuição Semanal Média de Precipitação (PRP) e Evapotranspiração Potencial (ETP) para Lavras, no Período de 1961 a 1978.

QUADRO 7. Valores Normais de Unidades Térmicas Acumuladas Semanalmente em Mocambinho, Salinas, Paracatu, Pirapora, Capinópolis e Governador Valadares, Utilizando-se o Método WB_{10/30}

Semanas	Dias	Meses	Locais					
			Mocambinho	Salinas	Paracatu	Pirapora	Capinópolis	Gov. Valadares
01	01/07	jan.	109	104	93	108	101	103
02	08/14	jan.	108	102	99	107	101	107
03	15/21	jan.	107	104	100	105	104	107
04	22/28	jan.	107	105	98	109	102	109
05	29/04	jan./fev.	107	105	99	107	103	103
06	05/11	fev.	107	106	95	108	105	106
07	12/18	fev.	106	106	99	108	104	107
08	19/25	fev.	106	105	98	107	104	106
09	26/04	fev./mar.	106	105	101	106	105	104
10	05/11	mar.	107	105	100	108	106	105
11	12/18	mar.	107	105	102	108	107	105
12	19/25	mar.	106	104	99	104	106	105
13	26/01	mar./abr.	107	103	103	102	105	105
14	02/08	abr.	105	105	95	102	101	98
15	09/15	abr.	103	104	98	95	101	103
16	16/22	abr.	101	102	93	96	100	101
17	23/29	abr.	100	99	85	97	92	98

(Continua ...)

QUADRO 7. Cont.,

Semanas	Dias	Meses	Locais					
			Mocambinho	Salinas	Paracatu	Pirapora	Capinópolis	Gov. Valadares
18	30/06	abr./maio	98	92	82	96	93	90
19	07/13	maio	94	92	79	89	93	87
20	14/20	maio	96	88	72	87	96	85
21	21/27	maio	94	82	64	85	88	85
22	28/03	maio/Jun.	93	87	68	77	82	79
23	04/10	jun.	90	86	73	83	70	85
24	11/17	jun.	85	71	65	78	82	74
25	18/24	jun.	86	63	68	72	83	72
26	25/01	jun./jul.	85	72	65	75	88	79
27	02/08	jul.	85	76	60	72	83	74
28	09/15	jul.	83	81	63	77	87	83
29	16/22	jul.	85	80	67	69	69	77
30	23/29	jul.	86	80	65	74	80	83
31	30/05	jul./ago.	86	74	68	78	85	81
32	06/12	ago.	88	86	75	81	92	92
33	13/19	ago.	89	84	75	84	92	89
34	20/26	ago.	91	82	75	83	92	85
35	27/02	ago./set.	91	85	83	92	97	89

(Continua ...)

QUADRO 7. Cont.,

Semanas	Dias	Meses	Locais					
			Mocambinho	Salinas	Paracatu	Pirapora	Capinópolis	Gov. Valadares
36	03/09	set.	93	93	81	96	98	94
37	10/16	set.	94	97	85	100	98	90
38	17/23	set.	99	94	86	93	101	96
39	24/30	set.	100	98	89	100	102	93
40	01/07	out.	102	99	89	103	103	98
41	08/14	out.	106	97	87	102	103	96
42	15/21	out.	105	103	92	106	102	98
43	22/28	out.	103	100	94	103	104	96
44	29/04	out./nov.	107	106	91	103	105	107
45	05/11	nov.	107	101	86	107	103	101
46	12/18	nov.	105	103	92	103	104	102
47	19/25	nov.	108	104	92	107	104	105
48	26/02	nov./dez.	106	105	94	107	100	104
49	03/09	dez.	108	101	80	103	102	108
50	10/16	dez.	109	100	80	100	102	96
51	17/23	dez.	108	103	83	105	103	103
52	24/31	dez.	122	114	92	121	117	117
Total Anual			5.186	4.948	4.417	4.988	5.060	4.965

QUADRO 8. Valores Normais de Unidades Térmicas Acumuladas Semanalmente em Sete Lagoas, Araxá, Frutal, Viçosa e Lavras, Utilizando-se o Método WB 10/30

Semanas	Dias	Meses	Locais				
			Sete Lagoas	Araxá	Frutal	Viçosa	Lavras
01	01/07	jan.	95	83	109	93	87
02	08/14	jan.	95	83	109	93	88
03	15/21	jan.	95	86	109	92	88
04	22/28	jan.	95	82	108	94	89
05	29/04	jan./fev.	96	87	109	94	90
06	05/11	fev.	97	89	109	94	91
07	12/18	fev.	98	89	110	95	93
08	19/25	fev.	97	89	108	95	92
09	26/04	fev./mar.	96	92	110	91	90
10	05/11	mar.	95	87	107	92	89
11	12/18	mar.	97	90	107	93	91
12	19/25	mar.	95	86	107	92	89
13	26/01	mar./abr.	94	86	106	87	88
14	02/08	abr.	90	78	104	81	80
15	09/15	abr.	87	78	101	80	78
16	16/22	abr.	84	76	100	74	73
17	23/29	abr.	80	64	96	69	68

(Continua...)

QUADRO 8. Cont.,

Semanas	Dias	Meses	Locais				
			Sete Lagoas	Araxá	Frutal	Viçosa	Lavras
18	30/06	abr./maio	77	70	91	66	64
19	07/13	maio	72	73	94	60	65
20	14/20	maio	68	71	92	56	61
21	21/27	maio	65	64	86	57	59
22	28/03	maio/jun.	58	58	81	50	52
23	04/10	jun.	65	59	76	54	54
24	11/17	jun.	63	62	84	49	53
25	18/24	jun.	59	60	85	51	52
26	25/01	jun./jul.	61	60	87	49	51
27	02/08	jul.	61	55	87	50	50
28	09/15	jul.	59	71	79	47	47
29	16/22	jul.	60	55	78	48	48
30	23/29	jul.	59	65	83	51	51
31	30/05	jul./ago.	65	64	89	52	55
32	06/12	ago.	69	73	91	56	62
33	13/19	ago.	71	70	92	55	61
34	20/26	ago.	73	72	90	55	61
35	27/02	ago./set.	80	80	95	62	65

(Continua ...)

QUADRO 8. Cont.,

Semanas	Dias	Meses	Locais				
			Sete Lagoas	Araxá	Frutal	Viçosa	Lavras
36	03/09	set.	81	72	98	64	63
37	10/16	set.	84	77	100	66	69
38	17/23	set.	84	80	102	69	73
39	24/30	set.	86	79	102	71	72
40	01/07	out.	89	84	105	72	75
41	08/14	out.	89	82	106	70	76
42	15/21	out.	90	83	106	76	80
43	22/28	out.	92	89	108	80	84
44	29/04	out./nov.	92	75	107	82	86
45	05/11	nov.	92	85	107	82	85
46	12/18	nov.	88	90	107	79	82
47	19/25	nov.	89	84	105	82	84
48	26/02	nov./dez.	94	82	107	88	83
49	03/09	dez.	92	82	106	88	84
50	10/16	dez.	91	82	109	84	85
51	17/23	dez.	92	82	109	89	87
52	23/31	dez.	104	92	122	102	95
Total Anual			4.300	4.007	5.175	3.821	3.838

QUADRO 9. Valores Médios de Unidades Térmicas Acumuladas Mensalmente para os Diversos Locais Estudados no Presente Trabalho, Utilizando-se o Método WB 10/30

Locais	Meses											
	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Maió	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
Mocámbinho	477	426	472	437	421	373	377	395	413	461	457	477
Salinas	460	422	461	438	389	318	348	366	409	447	442	448
Paracatu	433	392	448	397	325	292	282	334	364	402	385	363
Pirapora	475	429	468	416	391	329	322	371	417	458	452	460
Capinópolis	453	415	470	421	405	345	356	405	427	458	443	452
Governador Valadares	470	424	465	429	381	329	349	390	398	433	445	452
Sete Lagoas	422	388	422	366	305	264	264	318	358	398	389	406
Araxá	370	354	391	323	301	256	272	319	330	375	355	361
Frutal	483	435	476	428	397	355	354	404	429	472	456	476
Viçosa	415	374	404	325	260	216	217	248	286	335	352	389
Lavras	391	367	396	322	270	224	218	272	294	352	357	375

Mata; Lavras, no Sul do Estado; e Araxá, no Alto Paranaíba, foram os locais que receberam os menores valores de unidades térmicas médias anuais, correspondentes a 3.821, 3.838 e 4.007 unidades térmicas, respectivamente. Nestes locais, a temperatura média anual apresenta-se relativamente baixa. Quanto aos maiores valores, estes foram acumulados em Capinópolis e Frutal, no Triângulo Mineiro, e Mocambinho, no Alto Médio São Francisco, correspondentes a 5.050, 5.175 e 5.186 unidades térmicas, respectivamente. Quanto às temperaturas médias anuais destes locais, estas se caracterizam por apresentar valores mais elevados.

A distribuição das unidades térmicas médias acumuladas trimestralmente é apresentada no Quadro 10. Quando estes valores foram analisados, observou-se que o trimestre dezembro-janeiro-fevereiro foi o que recebeu as maiores quantidades de unidades térmicas, o que é característica de verão, para todos os locais, exceto Capinópolis, cujos maiores valores ocorreram no trimestre setembro-outubro-novembro. No que diz respeito aos menores valores, estes foram acumulados no trimestre junho-julho-agosto, que corresponde a inverno nestes locais. Os demais trimestres apresentaram valores aproximados, não se constatando diferenças significativas.

Ao serem analisadas as isolinhas trimestrais de unidades térmicas médias no Estado, verificou-se que, no trimestre dezembro-janeiro-fevereiro (Figura 13), houve tendência de os máximos valores serem acumulados nas microrregiões do Triângulo Mineiro e do Alto Médio São Francisco. Quanto aos mínimos valores, estes ocorreram nas microrregiões do Alto Paranaíba, Sul e Zona da Mata. No trimestre março-abril-maio (Figura 14), houve diminuição nos valores destas isolinhas, ressaltando-se que a distribuição dos valores máximos manteve, aproximadamente, a mesma configuração do trimestre anterior. Quanto aos mínimos, as microrregiões da Zona da Mata e do Sul do Estado, apresentaram forte diminuição no acúmulo de tais unidades, por apresentarem invernos mais rigorosos. No trimestre junho-julho-agosto (Figura 15), foi marcante a diminuição das unidades térmicas acumuladas para todo o Estado, sendo que as isolinhas de menores valores sofreram deslocamento no sentido das baixas latitudes.

QUADRO 10. Valores Médios de Unidades Térmicas Acumuladas Trimestralmente para os Diversos Locais Estudados no Presente Trabalho, Utilizando-se o Método WB 10/30

Locais	Trimestres			
	Dez./Jan./Fev.	Mar./Abr./Maio	Jun./Jul./Ago.	Set./Out./Nov.
Mocambinho	1.380	1.330	1.145	1.331
Salinas	1.330	1.288	1.032	1.298
Paracatu	1.188	1.170	908	1.151
Pirapora	1.364	1.275	1.022	1.327
Capinópolis	1.320	1.296	1.106	1.328
Governador Valadares	1.346	1.275	1.068	1.276
Sete Lagoas	1.216	1.093	846	1.145
Araxá	1.085	1.015	847	1.060
Frutal	1.394	1.301	1.123	1.357
Viçosa	1.178	989	691	973
Lavras	1.133	988	714	1.003

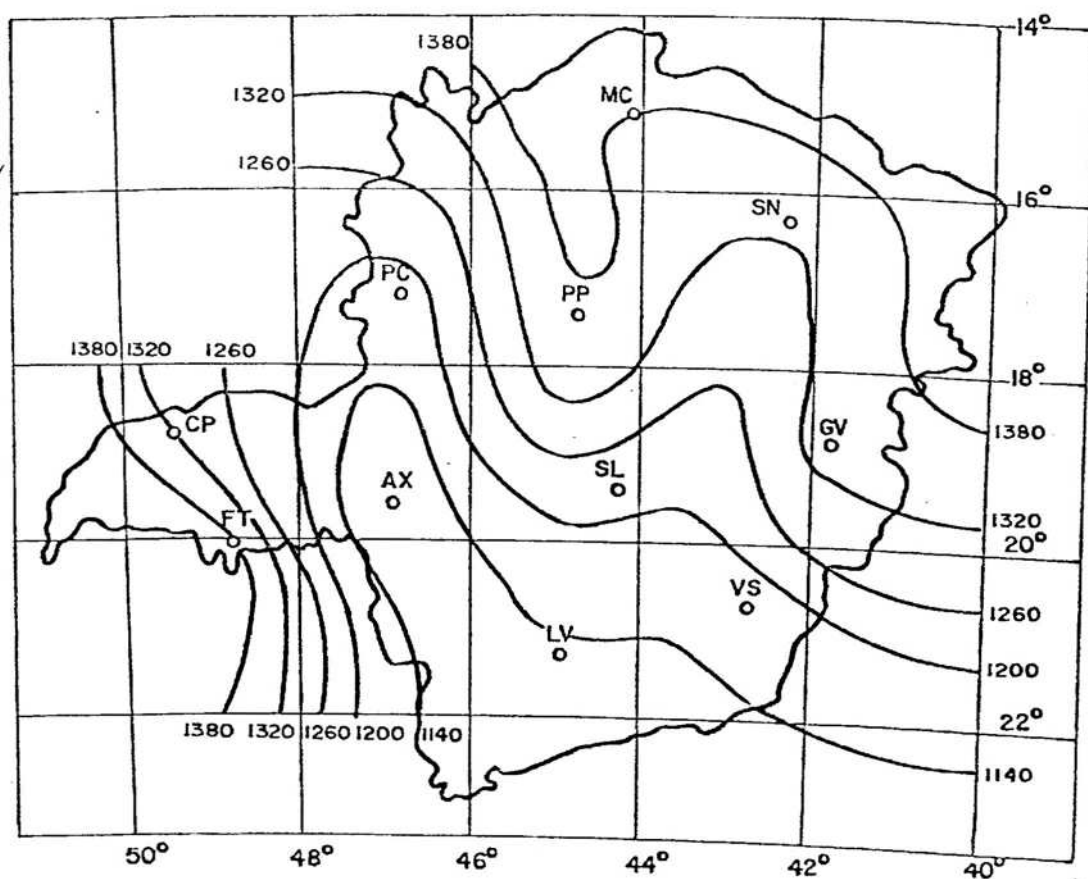


FIGURA 13. Distribuição Média das Unidades Térmicas Acumuladas nos Me-
ses de Dezembro, Janeiro e Fevereiro, no Estado de Minas Ge-
rais, Utilizando-se o Método WB 10/30.

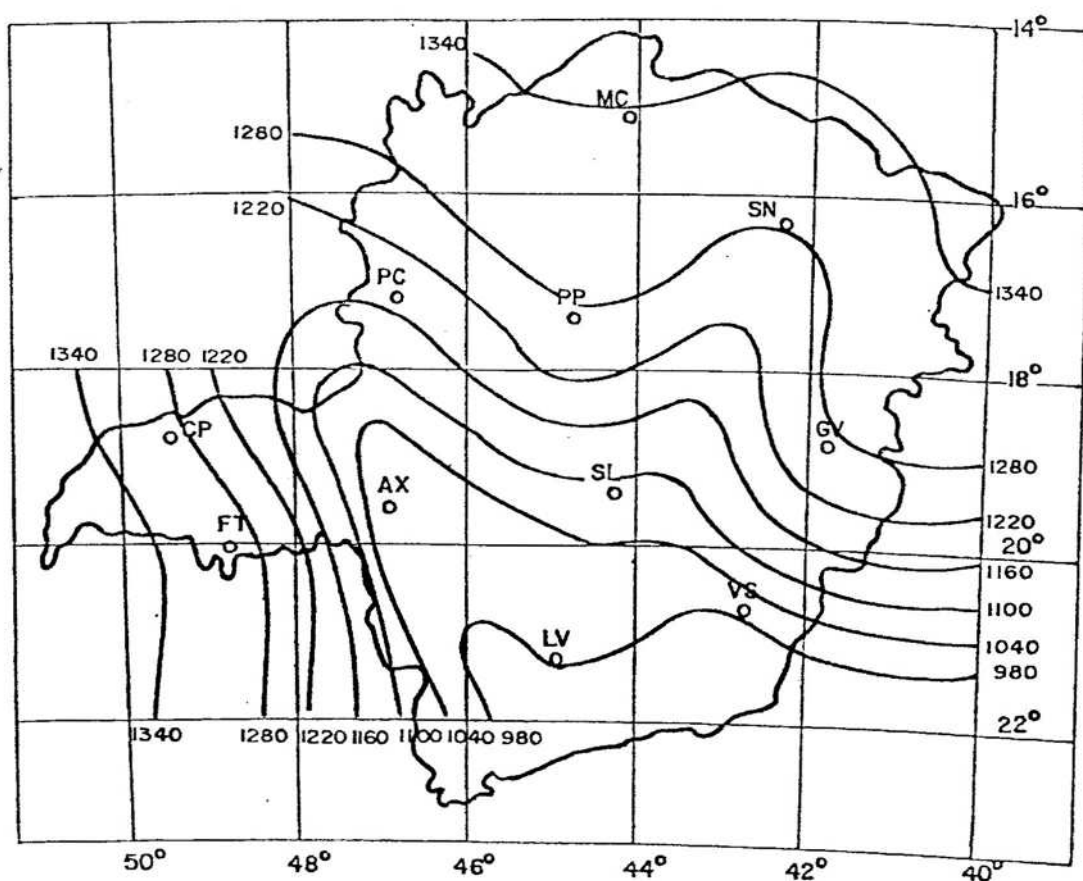


FIGURA 14. Distribuição Média das Unidades Térmicas Acumuladas nos Me
ses de Março, Abril e Maio, no Estado de Minas Gerais, Uti
lizando-se o Método WB 10/30.

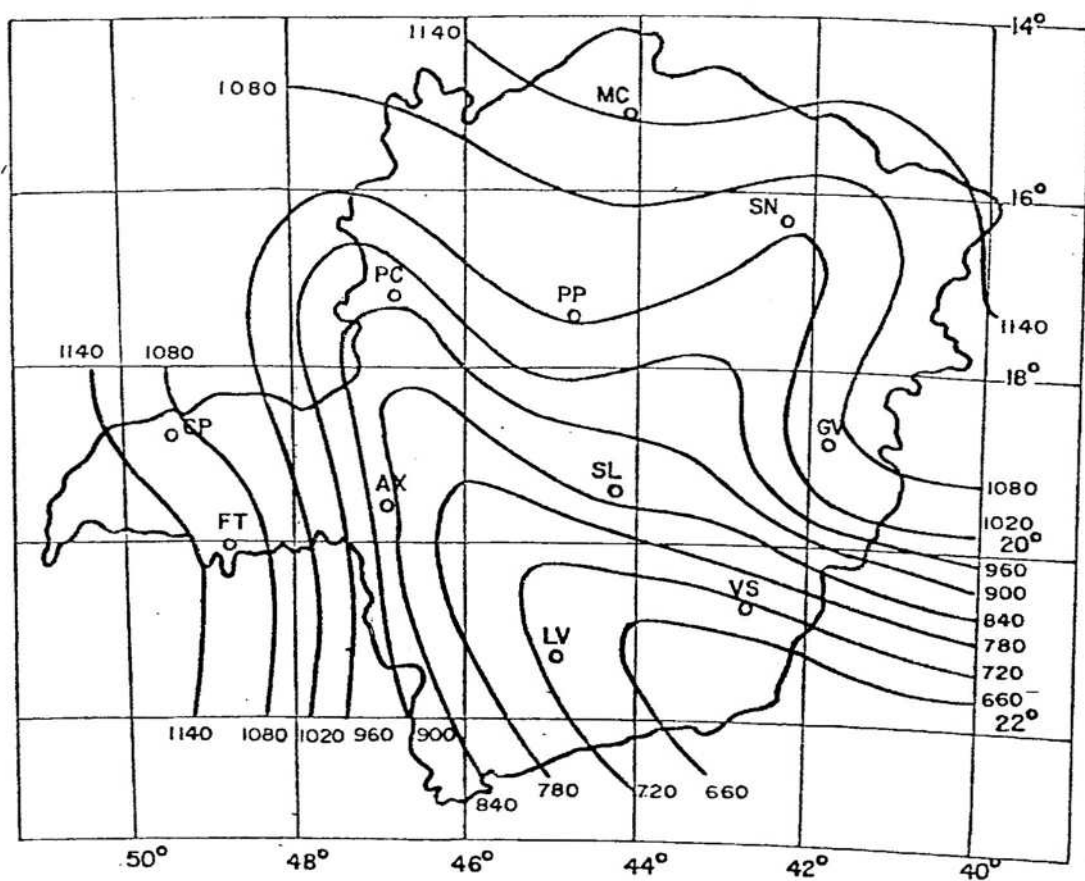


FIGURA 15. Distribuição Média das Unidades Térmicas Acumuladas nos Me-
ses de Junho, Julho e Agosto, no Estado de Minas Gerais, Uti-
lizando-se o Método WB 10/30.

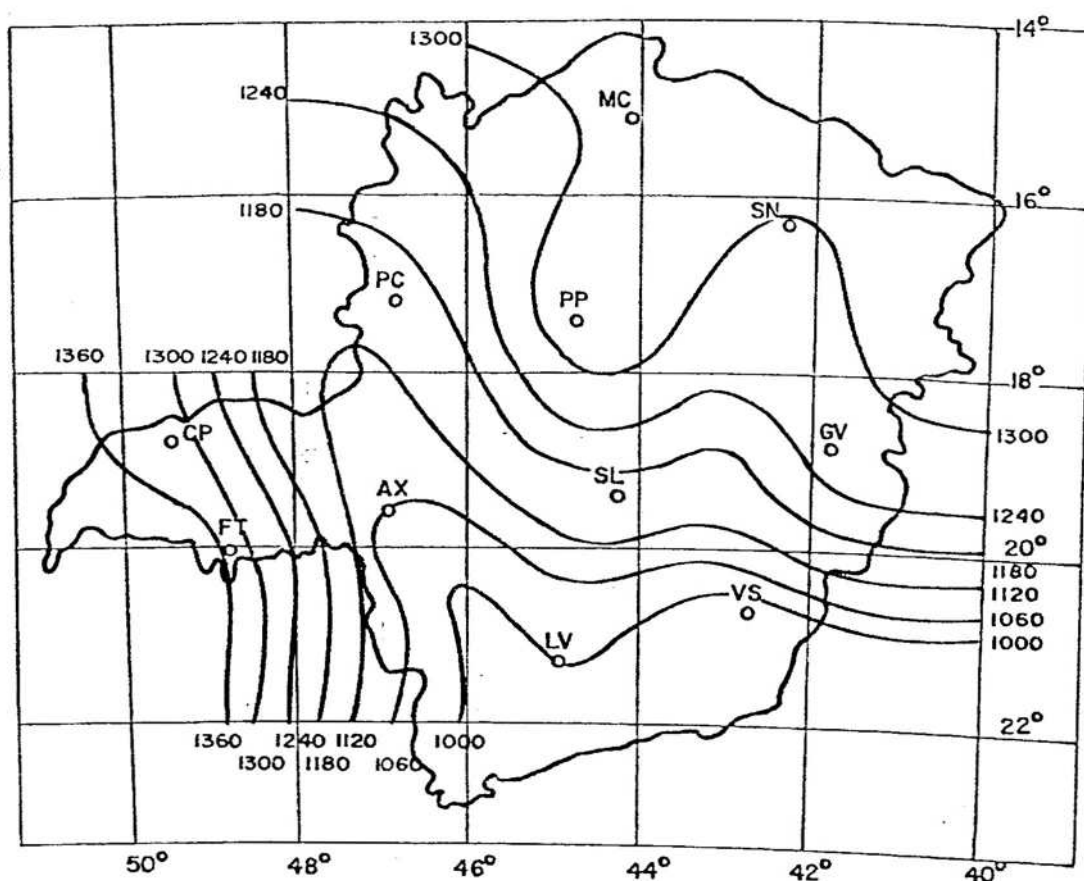


FIGURA 16. Distribuição Média das Unidades Térmicas Acumuladas nos Me
ses de Setembro, Outubro e Novembro, no Estado de Minas Ge
rais, Utilizando-se o Método WB 10/30.

Durante o trimestre setembro-outubro-novembro (Quadro 14), verificou-se novo aumento nos valores das unidades térmicas acumuladas em todo o Estado, com um retorno gradual das isolinhas de máximos valores para as microrregiões do Alto Médio São Francisco e do Triângulo Mineiro. Observou-se, também, rápida elevação nos valores mínimos encontrados nas microrregiões da Zona da Mata e do Sul do Estado de Minas Gerais.

Apesar da evidente relação entre o deslocamento das isolinhas trimestrais de unidades térmicas acumuladas, com o deslocamento sazonal da Terra em torno do Sol é importante ressaltar o efeito da altitude, contribuindo para o avanço das isolinhas de menores valores no sentido das baixas latitudes. Tal efeito pode ser constatado, principalmente, nas microrregiões de Paracatu e do Alto Paranaíba.

4.5. Determinação das Épocas de Plantio

Após o estudo da ocorrência das fases críticas dos cinco cultivos de sorgo granífero, relacionados com as suas exigências térmicas e hídricas dentro da estação de crescimento, foi possível a escolha das épocas consideradas mais adequadas para a efetivação do plantio desta cultura, cujos resultados são apresentados no Quadro 11. Para Mocimbo, as melhores épocas de plantio vão da segunda quinzena do mês de outubro até a primeira quinzena do mês de dezembro. Em Salinas, esta época ocorre entre a segunda semana e o final do mês de novembro. No caso de Paracatu, o período entre o início e a terceira semana do mês de outubro pode ser considerado a época mais aconselhável para o plantio; outra época indicada seria durante a segunda quinzena do mês de novembro. Em Pirapora, o plantio poderá ser feito entre a segunda semana de novembro e a primeira de dezembro. Já em Capinópolis, esta época estende-se da segunda semana de outubro até a primeira quinzena de fevereiro. Para Governador Valadares, o plantio poderá ser realizado entre a segunda quinzena de outubro e a primeira semana de dezembro. Em Sete Lagoas, as melhores épocas de plantio estão compreendidas entre a terceira semana de outubro e o final do mês de dezembro. Quando se analisaram as melhores épocas de plantio para Araxá, estas ficaram entre o início do mês

de outubro e a terceira semana de janeiro. Em Frutal, a partir da segunda quinzena do mês de outubro até a primeira do mês de janeiro, o plantio poderá ser realizado satisfatoriamente. Para Viçosa, a época de plantio poderá estender-se do início do mês de outubro ao final de dezembro. Em Lavras, o plantio poderá ser iniciado no final do mês de setembro, prolongando-se até a terceira semana do mês de janeiro.

QUADRO 11. Épocas de Plantio Consideradas mais Adequadas para a Cultura do Sorgo Granífero, em 11 Diferentes Locais, no Estado de Minas Gerais

Locais	Épocas de Plantio	
	Início	Final
Mocambinho	16/10	15/12
Salinas	08/11	30/11
Paracatu	01/10	21/10
Pirapora	08/11	07/12
Capinópolis	08/10	15/02
Governador Valadares	16/10	07/12
Sete Lagoas	21/10	31/12
Araxá	01/10	21/01
Frutal	16/10	15/01
Viçosa	01/10	31/12
Lavras	30/09	21/01

Apesar do evidente potencial térmico para o desenvolvimento da cultura do sorgo granífero em Mocambinho, Salinas, Paracatu, Pirapora e Governador Valadares, a irregularidade na distribuição da precipitação pluvial restringe as épocas de plantio em tais locais. Entretanto, acredita-se que o uso de irrigação suplementar nestas regiões poderia tornar economicamente viável a sua exploração.

5. RESUMO E CONCLUSÕES

Este trabalho foi desenvolvido com os objetivos de determinar as exigências térmicas nas diversas fases fenológicas de cinco cultivares de sorgo granífero e selecionar áreas e épocas de plantio mais adequadas para esta cultura no Estado de Minas Gerais.

Utilizaram-se dados fenológicos referentes aos cultivares de sorgo granífero Jade, Ranchero, Br 300, Pioneer B 815 e Ag 1011. Valores diários de temperaturas máximas e mínimas do ar e de precipitação pluviométrica foram utilizados para 11 locais, no Estado.

O método WB 10/30 foi empregado para o cálculo das unidades térmicas acumuladas nas diversas fases fenológicas dos cultivares de sorgo granífero estudados. O mesmo método foi utilizado para o cálculo das unidades térmicas recebidas diariamente nos locais estudados. Os resultados obtidos foram tabulados, sendo os valores trimestrais utilizados para o traçado de isolinhas desta variável.

Na determinação da estação de crescimento da cultura, foram utilizados valores médios semanais de precipitação pluviométrica e de evapotranspiração potencial. A evapotranspiração potencial foi calculada, utilizando-se o método de LINACRE (6).

Com base nos resultados obtidos e nas análises realizadas, pode-se concluir que:

- Quanto às exigências térmicas, todo o Estado de Minas Gerais está apto para a cultura do sorgo. Entretanto, a deficiência hídrica torna-se, em alguns locais, um fator limitante ao desenvolvimento desta cultura.

- A aplicação dos métodos de Brown, Estresse Térmico Diário e WB 10/30 no cálculo das unidades térmicas acumuladas nas diversas fases fenológicas dos cultivares estudados produziu resultados relativamente próximos. Optou-se pelo método WB 10/30, em função de sua simplicidade e generalidade.

- A variabilidade nos totais de unidades térmicas recebidas nas diversas fases fenológicas dos cultivares estudados em diferentes locais deve-se, provavelmente, à heterogeneidade climática e à irregularidade na distribuição das precipitações. Além disso, a falta de registros fenológicos adequados para a cultura do sorgo limitou a obtenção de observações conclusivas referentes às relações entre as unidades térmicas e as fases de plantio-maturação e floração-maturação.

- Quanto à distribuição sazonal de unidades térmicas no Estado de Minas Gerais, verificou-se uma tendência de os maiores valores serem acumulados nas microrregiões Norte e do Triângulo Mineiro. As menores quantidades de unidades térmicas foram constatadas nas microrregiões Sul, Zona da Mata e Alto Paranaíba. De modo geral, os maiores valores são acumulados a partir do mês de outubro, prolongando-se até os meses de março e abril.

- A escolha das melhores épocas de plantio para a cultura do sorgo granífero no Estado de Minas Gerais foi feita, principalmente, em função da distribuição da precipitação pluvial na estação de crescimento, uma vez que as condições térmicas existentes não são limitantes para o desenvolvimento desta cultura.

- Apesar do elevado potencial térmico para o desenvolvimento da cultura em Mocambinho, Salinas, Paracatu, Pirapora e Governador Valadares, o regime hídrico destes locais restringe drasticamente as épocas de plantio. Deste modo, a utilização de irrigação nestas regiões certamente possibilitaria a manifestação deste potencial, permitindo a

exploração de até mais de um plantio anual.

- Para a obtenção de melhores resultados com a aplicação dos sistemas de unidades térmicas no estudo fenológico da cultura do sorgo, torna-se necessária a utilização de registros fenológicos mais detalhados, associados ao melhor conhecimento das condições hídricas da região e aos efeitos decorrentes de diferentes épocas de plantio.

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA

1. ANTUNES, F.Z. Exigências climáticas da cultura do sorgo. Informe Agropecuário, 5: 6-12, agosto de 1979.
2. ARNOLD, C.Y. The determination and significance of the base temperature in a linear heat unit system. Proc. Am. Soc. Hort. Sci., 74: 430-45, 1959.
3. ASPIAZÚ, C. Comparison of several methods of heat unit calculation for corn (Zea mays L.). Ames, Iowa, Iowa State University of Science and Technology, 1971. 148 p. (Tese M.S.)
4. ASPIAZÚ, C. & SHAW, R.H. Comparison of several methods of growing-degree-unit calculation for corn (Zea mays L.). Iowa State Jour. Sci., 46: 435-42, 1972.
5. BARBOSA, J.A.V. Efeito do gradiente de umidade do solo na produção de algumas cultivares de sorgo sacarino. In: Relatório Técnico Anual do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo. Sete Lagoas, EMBRAPA/CNPMS, 1986. 157-8 p.
6. BARUQUI, A.M. Solos para a cultura do sorgo. Informe Agropecuário, 5: 12-3, agosto de 1979.
7. BENACCHIO, S.S. & BLAIR, B.D. A new approach to phenological research-relationship between environmental factors and days to the appearance of the first leaf in four perennial species. Agronomy Journal, 64: 297-301, 1972.

8. BROWN, D.W. Soybean ecology. I. Development-temperature relationship from controlled environment studies. Agronomy Journal, 52: 493-6, 1960.
9. COSTA, E.F.; COUTO, L.; BORGONNOVI, R.A. Comportamento e seleção de cultivares de sorgo granífero em diferentes níveis de potencial de água no solo. In: Relatório Técnico Anual do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo. Sete Lagoas, EMBRAPA/CNPMS, 1986. 161 p.
10. CROSS, H.Z. & ZUBER, M.S. Prediction of flowering dates in maize based on different methods of estimating thermal units. Agronomy Journal, 64: 351-5, 1972.
11. FELCH, R.E.; SHAW, R.H.; DUNCAN, E.R. Climatology of growing degree in Iowa. Iowa State Journ. Sci., 46: 443-61, 1972.
12. FERRE, M. & POPOV, G.F. Agrometeorological crop monitoring and forecasting. Plant production and protection. Rome, FAO, 1979. 19-20 p. (Paper nº 17.)
13. GILMORE, E.C. Jr. & ROGERS, J.S. Heat unit as a method of measuring maturity in corn. Agronomy Journal, 50: 611-5, 1958.
14. KAIGAMA, B.K.; TEARE, I.D.; STONE, L.R.; POWERS, W.L. Root and top growth of irrigated and nonirrigated grain sorghum. Crop Science, 17: 555-9, 1977.
15. KATZ, Y.H. The relationship between heat unit accumulation and the planting and harvesting of canning peas. Agronomy Journal, 44: 74-8, 1952.
16. LINACRE, E.T. A simple formula for estimating evaporation rates in various climates, using temperature data alone. Agricultural Meteorology, 18: 409-24, 1977.
17. LOGAN, J. The agrometeorology of grain sorghum hybrids adapted to the great plains. Nebraska, 1981. 105 p. (Tese M.S.)
18. MAYAKI, W.C.; STONE, L.R.; TEARE, I.D. Irrigated and nonirrigated soybean, corn, and grain sorghum root system. Agronomy Journal, 68: 532-4, 1976.
19. MEDERSKI, H.J.; MILLER, M.E.; WEAVER, C.R. Accumulated heat units for classifying corn hybrid maturity. Agronomy Journal, 65: 743-7, 1973.
20. MEIRA, J.L.; AZEVEDO, J.T.; SILVA, J.; SCHAFFERT, R.E.; RIOS, G.P. CARVALHO, L.J.C.B. Época de plantio para três cultivares de sorgo granífero. In: Projeto Sorgo - Relatório Anual, 72/75. Belo Horizonte, EPAMIG, 1977. 121-44 p.

21. MUSICK, J.T.; GRIMES, D.W.; HERRON, G.M. Irrigation water management and nitrogen fertilization of grain sorghum. Agronomy Journal, 55: 295-8, 1963.
22. NAKAYAMA, F.S. & VAN BAVEL, C.H.M. Root activity distribution pattern of sorghum and soil moisture conditions. Agronomy Journal, 55: 271-4, 1963.
23. NEILD, R.E.; LOGAN, J.; CARDENAS, A. Growing season and phenological response of sorghum as determined from simple climatic data. Agricultural Meteorology, 30: 35-48, 1983.
24. NEILD, R.E. Temperature and rainfall influences on the phenology and yield of grain sorghum and maize: a comparison. Agricultural Meteorology, 27: 79-88, 1982.
25. NETO, P.C. & VILELA, E.A. Veranico: um problema de seca no período chuvoso. Informe Agropecuário, 12: 59-62, junho de 1988.
26. NUNEZ, J.G.O. Caracterização das fases fenológicas de três cultivares de milho, utilizando o conceito de graus-dia. Viçosa, UFV, Imprensa Universitária, 1986. 54 p. (Tese M.S.)
27. PAULI, A.W.; STICKLER, F.C.; LAWLESS, J.R. Developmental phases of grain sorghum (Sorghum vulgare, Pers.) as influenced by variety, location, and planting date. Crop Science, 4: 10-3, 1969.
28. SCHMIDT, A.A.P. Sorgo. São Paulo, Ed. Icome Ltda., 1987. 63 p.
29. SILVA, A.F. Métodos culturais de sorgo. Informe Agropecuário, 12: 34-5, dezembro de 1986.
30. SMITH, P.J.; BOOTSMA, A.; GATES, A.D. Heat units in relation to corn maturity in the Atlantic region of Canada. Agricultural Meteorology, 26: 201-13, 1982.
31. STICKLER, F.C. & PAULI, A.W. Influence of date of planting on yield and yield components in grain sorghum. Agronomy Journal, 52: 20-2, 1959.
32. VIANA, A.C. Efeitos de épocas e densidades de plantio sobre o comportamento de três cultivares de sorgo granífero. Viçosa, UFV, Imprensa Universitária, 1977. 31 p. (Tese M.S.)
33. WANG, J.Y. A critique of the heat unit approach to plant response studies. Ecology, 41: 785-90, 1960.