

CARACTERIZAÇÃO AGROCLIMÁTICA DO ESTADO DA BAHIA

(Probabilidades do Balanço Hídrico Mensal)

S. Jeevananda Reddy

Consultor (Agroclimatologia), CPATSA/EMBRAPA/IICA

M. da S. Amorim Neto

Pesquisador (Agrometeorologia), CPATSA/EMBRAPA

Boletim Técnico Nº

CPATSA/EMBRAPA

Caixa Postal, 23

56.300 - Petrolina-PE

1984

630.2516

R313c

LV-1984.00171

1905

ÍNDICE

Resumo	
Introdução	
Dados e Análises	
. Precipitação	
. Evapotranspiração Potencial	
. Balanço Hídrico	
. Parâmetros Climáticos e Probabilidades	
Resultados	
. Interpretação das figuras	
. Interpretação das tabelas	
. Interpretação dos apêndices	
Discussão	
. Interpretação dos resultados para locais individualmen te - um exemplo	
. Comparação dos parâmetros agroclimáticos com áreas pro dutivas de culturas	
Discussão Geral	
Conclusão	
Agradecimentos	
Referências	
Figuras	
Tabelas	
Apêndices	

Caracterização agroclimática

LV - 1984.00171



7905 - 1

RESUMO: Este estudo apresenta uma caracterização climática do Estado da Bahia, utilizando probabilidades do balanço hídrico mensal. Na estimativa da probabilidade, dados de precipitação mensal de um período de 15 anos ou mais foram utilizados. A análise foi efetuada para 196 locais. Os valores da evapotranspiração potencial para anos individuais, foram calculados utilizando a metodologia de Reddy & Amorim Neto (1983) e Reddy (1979). A técnica do balanço hídrico mensal de Thornthwaite & Mather (1955 e 1957) com algumas modificações foi utilizada na estimativa da evapotranspiração real, déficit hídrico e escoamento superficial (runnoff). Com estes parâmetros, a probabilidade do déficit hídrico relativo a evapotranspiração potencial, e, do runnoff sob diferentes classes para cada mês, foi calculada e apresentada em tabelas para os 196 locais. A distribuição espacial das médias e desvios padrões dos períodos úmidos, moderadamente úmidos e secos; o início do período úmido e moderadamente úmido e as probabilidades do período úmido com $0, \leq 1$ e ≥ 3 meses; do período seco maior ou igual a 4 meses consecutivos e o período moderadamente úmido maior ou igual a 4 meses, foram graficamente descritas. A variação temporal da média móvel do período úmido de alguns locais são também apresentadas. Estes padrões demonstram claramente a não homogeneidade na série de dados de alguns locais. Para estes locais os resultados são completamente ambíguos. De acordo com esta análise as regiões áridas são caracterizadas por um período úmido médio menor ou igual a um mês, ocorrendo isto em 50% dos anos e nenhum mês úmido em 25% dos anos. Isto demonstra o alto risco da agricultura de sequeiro em regiões áridas, o que concorda com a definição de zona árida. Em geral, as variações dos diferentes parâmetros similares aos períodos secos ou úmidos e início do período úmido, são muito altas. Isto enfatiza o uso de séries de dados curtos para obter informações mais significativas no planejamento agrícola. A região Oeste do Rio São Francisco em geral apresenta uma estabilidade agroclimática na área semi-árida da Bahia. Na elevada região central, entretanto, a média do período de crescimento é longa e as variações anuais são muito altas. A região costeira sub-úmida apresenta um longo período úmido com alta variação. As regiões oeste e norte do cen

tro elevado da Bahia apresenta período seco definido, enquanto que as regiões a leste não tem período seco definido. O início do período úmido e moderadamente úmido apresenta 6 meses de diferença de oeste para leste.

INTRODUÇÃO

O estudo da Agroclimatologia, é tão importante para culturas e sistemas de culturas, como nas práticas de manejo de solo e água no nordeste do Brasil e pode ser dividido em quatro fases, assim descritas:

- Fase-1: Sub-divisão do nordeste em zonas limites de diferentes sistemas de produção, que tenham diferentes mecanismos e fatores limitantes semelhantes para regiões áridas, semi-áridas, sub-úmidas e úmidas;
- Fase-2: Caracterização das zonas limites usando precipitação mensal para um período de 15 anos ou mais de uma vasta rede de estações;
- Fase-3: Definição dos sistemas de culturas e práticas de manejo de solo e água, com níveis de risco para cada sistema em cada zona homogênea identificada na Fase-2, usando dados diários de precipitação de estações selecionadas para um período de 52 anos ou mais.
- Fase-4: Identificação de culturas e variedades e definição de seus níveis de produção para cada zona homogênea identificada na Fase 2, e, usando dados de alguns locais utilizados na Fase 3 fazer simulação de modelos de "solo-planta-clima".

Os resultados da Fase-1 foram apresentados no documento (Reddy & Amorim Neto, 1983a) e verificou-se que a classificação de Thornthwaite modificada por Reddy & Reddy (1973), representa melhor em meso escala as zonas homogêneas do nordeste do Brasil, como foi constatado para Índia (Reddy, 1983). O objetivo deste estudo é caracterizar climaticamente o nordeste do Brasil, usando precipitação e evapotranspiração potencial mensal de um período maior ou igual a 15 anos de dados, dos locais que foram utilizados na Fase-1. Portanto, os locais com menos de 15 anos de dados serão eliminados deste estudo por não darem probabilidades significativas. O nordeste é constituído de nove Estados: Maranhão,

Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe e Bahia. Destes, o Estado da Bahia (559.951 km²) constitui 36% do nordeste. Também, apresenta uma larga variedade em tipos climáticos, como evidenciaram diferentes classificações (Reddy & Amorim Neto, 1983a). De acordo com a classificação de Thornthwaite modificada, 75% da Bahia é semi-árido, enquanto que varia de 12% de acordo com a classificação de Troll revisada a 20% de acordo com a classificação de Hargreaves. Portanto, este documento inicia a Fase-2, com a discussão dos resultados para o Estado da Bahia.

O Estado da Bahia encontra-se localizado entre as latitudes de 08°32'S e 18°20'S e as longitudes de 37°19'W e 46°34'W (Fig. 1), a altitude varia entre 0 e 1.850 m. Em torno de 50% da área do Estado a altitude é maior que 500 m. Em termos de solos, a maior parte é Podzólico (Jacomine et al, 1976, 1977, 1979).

Jacomine et al (1977), apresenta a distribuição espacial dos tipos de vegetação. De acordo com Tigre (1980), a Bahia tem 14,7% de cobertura vegetal. Essa cobertura vegetal é representada em hectares pelas seguintes zonas ecológicas:

Zona Ecológica	Hectares
Florestas Megatérmicas	8.112.500
Serra Úmida	712.500
Agreste	10.193.800
Caatinga	27.784.800
Cerrado	8.468.750

A precipitação varia entre 311 mm em Quijique a 2.650 mm em Valença, a evapotranspiração potencial varia entre 1.565 mm em Cabeceira de Itiuba e 2.155 mm em Chorrocho, e, a radiação solar global varia entre 423 ly/dia em Itajiba e 495 ly/dia em Quijique, em bases anual (Reddy & Amorim Neto, 1983a). Exceto em partes do norte e nordeste, a Bahia recebe chuvas devido os sistemas frontais das latitudes médias que se movem de Sudeste para o Nordeste* (Kousky, 1979; Nimias, 1972; Hastenrath & Heller, 1972).

* Atlas climatológico do Estado da Bahia. O clima Recurso Natural Básico a Organização do Espaço Geográfico. Documento Síntese, SEPLANTEC/CEPLAB, CNPq, Salvador, 1978, p. 191.

Algumas partes do norte e nordeste da Bahia recebe chuvas devido a Zona de Convergência Inter-Tropical (ITCZ) ou devido a formação de nuvens convectivas, similar a outras partes do nordeste. Por causa disto, os padrões de precipitação sobre a Bahia, apresenta diferenças significativas no tempo com relação a outras partes do nordeste do Brasil (Reddy, 1983; Kousky & Chu, 1978).

Alguns pesquisadores (Mota, 1974; Brasil, 1972) apresentam o balanço hídrico sobre o Nordeste do Brasil e suas implicações na produção agrícola, primariamente usando dados de precipitação média mensal, e, em muitos estudos, a evapotranspiração potencial foi estimada utilizando o método de Thornthwaite (1948), que subestima completamente este parâmetro em regiões áridas e semi-áridas. Por exemplo a evaporação do tanque varia entre 2000-3000 mm sobre o nordeste do Brasil (SUDENE, 1974). O que estes autores estimam, sugerem 1100-2200 mm ($ETP = 0.75.E$, onde ETP é a evapotranspiração potencial e E é a evaporação do tanque) e a estimativa de Reddy & Amorim Neto (1983a) mostra que ela varia de 2100-3000 mm (concordando com os valores observados). Devido a isto a aplicabilidade prática destes estudos é muito baixa. Bahia (1976) apresenta uma estática geral dos dados de precipitação mensal e anual de 1945 a 1970 (25 anos) para 105 locais.

Portanto, neste estudo, usando estimativas mais razoáveis de evapotranspiração potencial e dados de precipitação mensal de anos individuais, médias, probabilidades e desvios padrões de diferentes parâmetros climáticos são estimados. Para estimativa dos parâmetros climáticos, o modelo do balanço hídrico de Thornthwaite & Mather (1955 & 1957) com algumas modificações foi usado.

DADOS E ANÁLISES

Precipitação: Os dados consistem da precipitação mensal de 196 locais para anos individuais, fornecidos pela Divisão de Hidrometeorologia da SUDENE (Fig. 1, Tabela, 1). O período dos dados variam entre 15 e 70 anos (Tabela 2). Os locais com menos de 15

anos foram retirados deste estudo.

Evapotranspiração Potencial: Os valores médios mensais de evapotranspiração potencial, foram calculados usando dados de precipitação média mensal em conjunto com coordenadas geográficas, seguindo a metodologia de Reddy & Amorim Neto (1983b):

$$ETP_m = [a + b_1 (la) + b_2 (lo) + b_3 l + b_4 (P^{0,25}) + b_5 (P_{-1}^{0,25})] [1 + 0,15 \cos (\frac{2\pi i}{12} - 300)] \dots (1)$$

onde,

a, b_1, b_2, b_3, b_4 e b_5 - coeficientes de regressão (ver Reddy & Amorim Neto, 1983b);

i - índice variando de 1 a 12, para os meses de janeiro a dezembro respectivamente;

la - latitude em graus;

lo - longitude em graus;

l - altitude em metros;

P e P_{-1} - são respectivamente a precipitação do mês e a do mês anterior em milímetros;

ETP_m - evapotranspiração potencial mensal em milímetros.

Utilizando valores médios mensais de ETP_m , dados de precipitação para cada ano individualmente e seguindo a metodologia proposta por Reddy (1979), os valores de evapotranspiração potencial para anos individualmente (ETP_y) foram computados como a seguir:

$$ETP_y = ETP_m [1 + 0,06 |Z|^{1/3}] \dots (2)$$

onde,

$$Z = P + 1/3 P_{-1}$$

$$P = P_y - P_m$$

$P_{-1} = P_{-1}(y) - P_{-1}(m)$, onde y é o índice para precipitação anual e m o índice para precipitação média observada no posto pluviométrico.

Parâmetros do Balanço Hídrico: Os parâmetros do balanço hídrico foram computados utilizando a metodologia proposta por Thornthwaite & Mather (1955, 1957) com algumas modificações:

1. Dados de precipitação mensal (mm);
2. Evapotranspiração potencial mensal calculada usando a metodologia exposta acima (mm);
3. Se a precipitação exceder 50% da ETP (isto é, $P \geq 0,5ETP$), então assumiu-se que 20% do excesso de precipitação em torno de 50% da ETP é computado como runoff [isto é, $P'' = (P - 0,5 ETP) \times 0.2$] e que a precipitação efetiva (P') é dada como $P' = P - P''$. Esta hipótese é feita considerando a não uniformidade do relevo no nordeste;
4. Cálculo da perda d'água acumulada [$\sum (P' - ETP)$]. Os valores negativos e positivos de $P' - ETP$, representam a deficiência e o excesso de água adicionados mês por mês para períodos individuais de meses negativos e positivos. Isto auxiliará no computo da reserva inicial de umidade no solo e variação de umidade do solo ou reserva de umidade do solo;
5. Usando os valores acumulados de $P' - ETP$ de períodos individuais, positivos e negativos, por aproximações sucessivas determinou-se as perdas d'água;
6. Cálculo do armazenamento de umidade no solo* ou retenção de umidade no solo, após uma quantidade de perda d'água acumulada ter ocorrido;

* Veja Thornthwaite & Mather (1957)

$$\text{Neg. Acum.}_{k+1} = \text{Neg. Acum.}_k + (P - ETP)_{k+1}$$

$$\text{Capacidade de Armazenamento} = A \cdot e^{B(\text{Neg. Acum.})}$$

$$\text{ARM}_{k+s} = \text{ARM}_{(k+s-1)} + (P - ETP)_{k+s}$$

$$\text{Neg. Acum.}_{k+s} = 1/B \ln \left(\frac{\text{ARM}_{k+1}}{A} \right)$$

Onde,	<u>A</u>	<u>B</u>	Capacidade de Armazenamento
	25	0,044784	25
	50	0,021257	70
	75	0,013605	75
	100	0,010250	100
	125	0,008139	125
	150	0,006779	150
	200	0,005065	200
	250	0,004036	250

7. Cálculo das alterações da umidade armazenada no solo de meses sucessivos;
8. Quando a precipitação for maior que a ETP, a evapotranspiração real (ETR) é igual a ETP. Quando a precipitação é menor que a ETP, então a ETR torna-se menor que a ETP e nesses meses a ETR é igual a precipitação mais o valor absoluto da alteração da umidade armazenada no solo;
9. A diferença entre a evapotranspiração potencial (ETP) e a evapotranspiração real (ETR) no mês é o déficit de umidade (DEF) naquele mês ($DEF = ETP - ETR$);
10. Uma vez que o armazenamento do solo atingiu a máxima capacidade de armazenamento d'água, todo o excesso de precipitação sobre este, é computado como excesso de umidade e está sujeito a escoamento superficial (runnoff);
11. Assume-se que 75% do excesso d'água, será dado como runnoff durante aquele mês e os 25% restante no mês seguinte. Então, o runnoff constitui-se de parte do excesso mais $P - P'$ naquele mês. Ou seja, quando o $EXC > 0$, o cálculo do runnoff (RO) é feito da seguinte maneira:

$$RO_i = (P - P')_i + 0,75 EXC_i + 0,25 EXC_{i-1};$$

12. Cada ano individualmente é considerado como independente da ocorrência e sucesso da precipitação anual. Esta hipótese foi necessária para evitar algumas complicações no cálculo da perda d'água inicial. Devido a isto, se o excesso de chuva ocorrer em Dezembro, então aquela água é distribuída em Janeiro. Esta hipótese facilitou a adaptação deste programa para um computador Polimax.

No apêndice I, apresentamos o cálculo do balanço hídrico* para séries de dados normais de 196 locais. Os símbolos das tabelas são descritos a seguir:

P - precipitação média mensal (mm);

* Um programa foi feito em linguagem BASIC e adaptado a um computador POLIMAX do CPATSA/EMBRAPA.

PE (ETP) - evapotranspiração potencial média mensal (mm);
P' - precipitação efetiva média mensal (mm);
APW (NEG.ACUM.) - perda ou ganho d'água acumulado médio mensal (mm);
ST (ARM) - armazenamento médio mensal (mm);
BST (ALT) - alteração no armazenamento médio mensal (mm);
AE (ETR) - evapotranspiração real média mensal (mm);
D (DEF) - déficit hídrico médio mensal (mm);
S (EXC) - excesso hídrico médio mensal (mm); e
RO - escoamento superficial (runnoff) médio mensal (mm);

Parâmetros Climáticos e Probabilidades: Tabelas semelhantes foram calculadas para anos individuais, e, destas tabelas os seguintes parâmetros foram estimados para cada ano:

- . Período Úmido: Comprimento do período em meses com déficit (DEF) ≤ 5 mm.
- . Período Seco: Comprimento do período em meses consecutivos com evapotranspiração real (ETR) ≤ 10 mm.

Período Moderadamente-Seco: Comprimento do período em meses com evapotranspiração real menor que o déficit hídrico (isto é ETR $< 0,5$ ETP). O complemento deste período (isto é, o restante dos meses) é o período moderadamente-úmido.

Início do Período Úmido: Primeiro mês (após o período seco) com DEF ≤ 5 mm (aqui, 1 a 12, representam respectivamente, janeiro a dezembro).

Início do Período Moderadamente-Úmido: Primeiro mês (após o período seco) com ETR $>$ DEF (aqui também, 1 a 12, representam respectivamente janeiro a dezembro).

Fundamentado nestes cinco conceitos de N anos individualmente, os seguintes parâmetros foram computados para cada local.

Média e Desvio Padrão (s.d.): Para o cálculo da média e desvio

padrão, no caso das três primeiras variáveis, os valores são N e no caso da quarta e quinta variável os valores são $N - n$, onde n é o número de anos para o qual o valor é 0 (não satisfeita a condição).

Probabilidades: A porcentagem de probabilidades das três primeiras variáveis sobre diferentes amplitudes (0, 1, 2, ..., 12 meses). Isto explica o número em porcentagem de anos em que a variável é diferente do número de meses.

Também, foi calculado para diferentes meses individualmente:

- . Porcentagem de probabilidades (% do número de anos) do déficit relativo $\frac{(DEF)}{ETP}$ para diferentes amplitudes ($\leq 0,1$; $0,1 - 0,2$; $0,2 - 0,3$; ...; $0,9 - 1,0$).
- . Porcentagem de probabilidades (% do número de anos) de runoff (RO) para diferentes amplitudes (≤ 20 ; $20-40$; $40-60$; ... mm).

Todas estas informações são apresentadas em tabelas e figuras.

RESULTADOS

Interpretação das figuras:

Fig. 1 - Apresenta-se a distribuição espacial dos locais utilizados nestas análises, ao longo da região tropical semi-árida de acordo com a classificação de Thornthwaite modificado (Reddy & Reddy, 1973). Segundo esta classificação as regiões com $I_m = \frac{P - ETP}{ETP} \times 100 \leq -75$ são áridas (não indicada para agricultura de sequeiro, mas para pastagens); entre -25 e -75 são semi-áridas (região para agricultura de sequeiro no período chuvoso); entre 25 e -25 são sub-úmida (disponível para agricultura de culturas com alta exigência hídrica, mas menos disponível pa

ra agricultura de sequeiro) e > 25 são úmidas (floresta úmida). P e PE representam respectivamente a precipitação e evapotranspiração média mensal. O trópico semi-árido constitui aproximadamente 75% do Estado da Bahia.

Fig. 2 - Descreve-se a variação espacial da altitude de diferentes regiões da Bahia com < 100 , $100-250$, $250-500$, $500-750$, $750-1000$ e > 1000 m. (para mais detalhes ver IBGE 1972). Os limites foram obtidos usando dados de altitude de 245 locais apresentados por Reddy & Amorim Neto (1983a). O principal objetivo da inclusão deste mapa, foi verificar as altas variações ocorridas em alguns parâmetros climáticos, apresentadas em outros mapas, se elas estão associadas com a orografia ou com problemas na série de dados.

A maior parte do Estado apresenta irregularidades no relevo, variando entre $500-1000$ m, com as maiores elevações estando presentes em torno da longitude de $41^{\circ}W$. A irregularidade no relevo limita as áreas disponíveis para agricultura de sequeiro.

Fig. 3 - Descreve-se a capacidade de armazenamento dos solos, estimada usando o documento de Cavalcante (1979) e os mapas de solo de Jacomine et al (1976, 1977 e 1979). Na maioria dos casos estes valores parecem ser independente do tipo de solo. A maior parte da região apresenta uma Capacidade de Armazenamento de 75 mm. Poucas áreas no Oeste do Estado apresentam 25 mm e poucas áreas em torno do Rio São Francisco apresentam 200 mm. O resto do Estado apresenta 50 a 100 mm.

Fig. 4 - Descreve a distribuição espacial do período úmido médio e seu desvio padrão em meses. O período úmido médio varia entre 0,5 e 0,8 meses com desvio padrão variando entre 3 e 5 meses. O padrão do período úmido médio difere significativamente dos períodos úmidos médios estimados usando dados médios mensais (ver mapa com a classificação de Troll's revisada de Reddy & Amorim Neto, 1983a). Na região árida o período úmido é menor ou igual a um

mês, enquanto que na região sub-úmida é maior que 3,5 meses. Na região semi-árida varia entre 1,5 a 3,5 meses.

Fig. 5 - Apresenta-se a distribuição espacial do período seco médio (meses consecutivos) e seu desvio padrão. Este mapa indica duas regiões significativamente diferentes, uma a oeste e norte e outra a leste da região elevada no Centro do Estado. As regiões a oeste e norte tem um período nitidamente seco de 3,5 a 5,0 meses consecutivos, enquanto que a região leste tem menos de dois meses consecutivos (ao longo da costa (zona sub-úmida) o período seco não existe). As zonas áridas mostram alto desvio padrão (4 a 6 meses).

Fig. 6 - Descreve a distribuição espacial do período moderadamente úmido e seu desvio padrão em meses. Este período varia entre 2 e 11 meses. Ao longo da costa (zona sub-úmida) é maior que 10 meses, com um desvio padrão de 2 a 3 meses. Na zona árida é menor ou igual a 3 meses com um desvio padrão de 3 a 4 meses. A variação deste período é muito alta sobre as elevações e partes do nordeste do Estado.

Fig. 7 - Apresenta-se a distribuição espacial do início do período úmido e seu desvio padrão. De oeste para leste do Estado o início do período apresenta uma variação, mas não é sistemática devido a orografia. Inicia-se em Novembro (11) no extremo oeste e só começa na costa leste em Março (3) e na região nordeste em junho (6). Geralmente o desvio padrão é maior que 3 meses, indicando alta variação no decorrer dos anos.

Fig. 8 - Apresenta-se a distribuição espacial do início do período moderadamente úmido e seu desvio padrão em meses. As isolinhas do início do período seguem sistematicamente paralelas a faixa longitudinal. Na região extremo oeste do Estado este período inicia-se em Outubro (10) e recomeça na costa leste em Fevereiro (2) e em algumas partes do nordeste em Abril (4). O desvio padrão deste pe-

riodo é menor ou igual a 3 meses para algumas regiões e maior do que 3 meses em regiões afetadas pela orografia.

Fig. 9 - Descreve-se a distribuição espacial da porcentagem do número de anos com 0 ou ≤ 1 mês úmido. Na região árida eles excedem 25 e 50% respectivamente. Na região sub-úmida em torno da costa eles são 0 e $\leq 10\%$ respectivamente.

Fig. 10 - Descreve-se a distribuição espacial da porcentagem do número de anos com ≥ 3 meses de período úmido. Na região árida o período está em torno de 10% e em torno da costa leste na região sub-úmida o período é maior que 60%.

Fig. 11 - Apresenta-se a porcentagem do número de anos com período seco ≥ 4 meses consecutivos. Na região árida elas acontecem em 90% dos casos e são menores que 20% na região sub-úmida, sendo que na costa na maioria dos casos é 0%. Nas áreas elevadas e a leste destas áreas são menores que 20%, enquanto que na parte oeste chegam até a 70%.

Fig. 12 - Apresenta-se a distribuição espacial da porcentagem de probabilidade (% do número de anos) do período moderadamente úmido maior que 4 meses. Na região árida é menor que 40%. Na região semi-árida eles são maiores que 40%, chegando até 90%. Já as regiões sub-úmidas são maiores que 80%, com 100% em torno da costa.

Interpretação das Tabelas:

Tabela 1 - Apresenta-se a relação de locais com suas coordenadas geográficas (latitude, longitude e altitude), capacidade de armazenamento d'água do solo e os seguintes parâmetros climáticos (média e desvio padrão).

- . Período úmido, meses
- . Período seco, meses consecutivo
- . Período moderadamente seco, meses

- . Início do período úmido, número do mês
- . Início do período moderadamente úmido, número do mês.

Tabela 2 - Apresenta-se em porcentagem a probabilidade (% do número de anos) do período úmido para diferentes amplitudes (0, 1, 2, ... 10 meses) junto com os dados base (número de anos).

Tabela 3 - Apresenta-se em porcentagem a probabilidade (% do número de anos) do período seco para diferentes amplitudes (0, 1, 2, ..., 12 meses consecutivos).

Tabela 4 - Apresenta-se a probabilidade (% do número de anos) do período moderadamente seco ou moderadamente úmido para diferentes amplitudes (0, 1, 2, ..., 12 meses).

Interpretação dos Apêndices:

Apêndice 1 - Apresenta-se a estimativa do balanço hídrico usando dados normais de precipitação para 196 locais.

Apêndice 2 - Apresenta-se em porcentagem a probabilidade do déficit hídrico relativo (D/PE , onde D = déficit e PE = evapotranspiração potencial) e runoff (RO) de janeiro a dezembro em diferentes amplitudes. Veja por exemplo a tabela da Açu da Torre. Este local tem 17 anos de dados, com capacidade de armazenamento de 75 mm. A primeira coluna de D/PE dar a amplitude 0,1 0,2 ; 1,0, representando respectivamente $\leq 0,1$; 0,1 a 0,2; 0,2 a 0,3; ... 0,9 a 1,0 e as outras 12 colunas representam a probabilidade de janeiro a dezembro sobre diferentes amplitudes. Em junho em 88,2% dos anos D/PE é $\leq 0,1$; 5,9% dos anos esta entre 0,1 e 0,2; 5,9% dos anos entre 0,2 e 0,3; etc Esta tabela também indica a necessidade hídrica se o suplemento d'água é disponível, baseado na escolha do menor limite de D/PE , variando de acordo com a cultura. Similarmente, na segunda parte desta tabela para o runoff (RO) a primeira colu

na representa as amplitudes de 20, 40, 60, ... 400 mm, representando respectivamente < 20, 20-40, 40-60, ..., 380-400 mm e as outras 12 colunas representam as probabilidades de janeiro a dezembro para as diferentes amplitudes. Em junho em 23,5% dos anos o runoff é menor que 20 mm, em 5,9% dos anos está entre 20-40, 40-60, 60-80 mm etc...

Apêndice 3 - Apresenta-se em forma de tabela a variação espacial e temporal de dez anos de média móvel com o desvio do período úmido médio para alguns locais do Estado com dados de precipitação de mais de 35 anos. Estas tabelas apresentam os seguintes aspectos:

- . A média móvel é superior a média padrão antes de 1927 e depois de 1961 a 1976.
- . A média móvel é menor que a média padrão entre 1927 e 1961 com uma tendência positiva entre 1936 1951. Entretanto isto não é claramente evidente em muitos locais.

Existem poucos locais que apresentam padrões diferentes, como, Campo Largo, Ipupiara, Sítio Grande, São João, Boninal, Mandiroba, Presidente Jânio Quadros, etc... Estes podem ser provavelmente devido a mudança de local do pluviômetro ou do tipo de proveta.

DISCUSSÃO

Interpretação dos resultados: um exemplo.

Vamos considerar o local de Açú da Torre. Este tem dados de 17 anos, muito representativo do período chuvoso acima da média. Seu solo tem uma capacidade de armazenamento de 75 mm. De acordo com o Apêndice 1, este local tem em torno de seis meses úmidos e dez moderadamente úmido, com Janeiro e Dezembro sendo os meses secos. O período úmido inicia-se em Março, enquanto que o moderada

damente úmido inicia-se em Fevereiro.

A média do período úmido, obtido usando o balanço hídrico dos anos individualmente (Tabela 1) é $4,8 \pm 3,3$ meses com o período seco consecutivo de $0,2 \pm 1,1$ meses e o período moderadamente seco de $3,6 \pm 2,0$ meses. O início dos períodos úmido e moderadamente úmido são $3,3 \pm 2,5$ e $2,2 \pm 2,5$ meses (Março e Fevereiro). Isto demonstra claramente que o período úmido médio é altamente variável e que os padrões obtidos com dados médios mensais são duvidosos. Mais, uma informação precisa pode ser obtida no Apêndice 2. Esta tabela indica que Maio e Junho são os únicos meses estáveis, adequados a demanda potencial máxima em torno de 90% dos anos. Em Abril e Julho, isto satisfaz somente em torno de 65% dos anos. Em Fevereiro e Agosto satisfaz somente 47% dos anos. Entretanto entre Fevereiro e Abril, Março apresenta um período seco. O resto dos meses apresentam déficit hídrico em 75% dos anos. Isto indica que o plantio pode ser feito em Abril e a colheita em Agosto, mas poderá haver problemas na colheita, caso haja alguma chuva. Provavelmente, devido a isto, esta região é muito usada para o cultivo de coco da Bahia (município de Mata de São João). Entretanto, milho elensine (Elensine coracana Goertn.), amendoim, arroz, mandioca, milho, poderão ser plantados em consórcio nesta região, esta prática é muito utilizada na Índia e Srillanka.

Há possibilidade de um segundo plantio em Agosto, usando a umidade disponível no perfil de solo. De acordo com o Apêndice 1, em torno de 493,5 mm de precipitação é dado como runoff, principalmente em Maio e Junho. Isto constitui em torno de 25% da precipitação média anual. Pode-se ver no Apêndice 2, que em mais de 40% dos anos o runoff é maior que 100 mm entre Abril e Julho. De Agosto a Março é menor que 20 mm em 70% dos anos.

Comparação dos parâmetros Agroclimáticos com a produtividade das culturas:

1. Vamos considerar primeiro os municípios de Brejolândia,

Brotas de Macaúbas e Brumado. Estes três municípios tem aproximadamente a mesma área geográfica, mas a área cultivada em Brejolândia e Brotas de Macaúbas é menor que a de Brumado. Em Brejolândia e Brotas de Macaúbas a variação na área cultivada para diferentes culturas, de ano para ano é menor que 35%. Enquanto que em Brumado (exceto para Feijão com 43%) é maior que 70%. Nas duas primeiras regiões plantam-se mais Arroz, Cana-de-Açúcar, Mandioca e Milho, enquanto que na última plantam-se mais Feijão, Mamona e Algodão. Isto em geral concorda com a diminuição do período úmido.

Tabela 5: Média da área (ha) cultivada e coeficiente de variação (C.V.) de algumas culturas dos três locais.

Parâmetros	Locais		
	Brejolândia	Brotas de Macaúbas	Brumado
Período Úmido (meses)	2,3/3,7	1,8/3,1	1,5/3,8
Arroz	139/0,16*	10/0,60	—
Cana-de-Açúcar	100/0,11	14/0,14	10/0,40
Feijão	380/0,32	104/0,23	1143/0,43
Mamona	—	34/0,26	1150/0,90
Mandioca	261/0,36	52/0,25	400/0,75
Milho	501/0,21	103/0,26	988/0,82
Algodão	507/0,08	7/0,29	7559/0,79

* Média/C.V. (Baseado em dados de 1975, 1976, 1977 e 1980).

Vamos considerar agora, os municípios de Andaraí, Boninal e Aracatu. Os dois últimos municípios apresentam 50 e 33% da área do município de Andaraí. Em Andaraí entretanto, o período úmido é maior e a variação é mais alta que em Brejolândia (exemplo anterior). Devido a isto, maior área é cultivada com Feijão e Mamona adicionado a Mandioca e Milho (Tabela 6), com baixo C.V., em

quanto que o C.V. é muito alto em Aracatu com período úmido mais baixo.

Tabela 6: Média da área (ha) cultivada e coeficiente de variação (C.V.) de algumas culturas dos três locais.

Parâmetros	Locais		
	Andaraí	Bonival	Aracatu
Período Úmido (meses)	2,8/4,7	1,3/3,8	0,9/2,3
Cana-de-Açúcar	—	—	25/0,48
Feijão	3351/0,37	368/0,32	664/0,70
Mamona	9753/0,29	—	447/1,67
Mandioca	6006/0,36	965/0,43	295/0,68
Milho	2996/0,24	312/0,21	951/0,77
Algodão	—	—	1359/0,67

Estes resultados indicam que:

- . Onde o período úmido é maior, o C.V. das áreas cultivadas em diferentes anos é baixo (< 35%).
- . Onde o período úmido é menor, o C.V. das áreas cultivadas em diferentes anos é alto (> 50%).
- . Onde o período úmido é maior com baixo C.V., Arroz e Feijão é plantado adicionado ao Milho e a Mandioca, indicando preferência por culturas solteiras.
- . Onde o período úmido é maior com alto C.V., o Feijão e a Mamona são também plantados, adicionado ao Milho e a Mandioca, indicando preferência por consórcio.
- . Onde o período úmido é menor o Algodão também é plantado adicionado ao Feijão e a Mamona.

DISCUSSÃO GERAL

1.- Não levando em consideração que os locais sejam árido, semi-árido ou sub-úmido, o período úmido apresenta uma variação cíclica clara de 35 anos abaixo da média e 35 anos acima da média. Os padrões acima da média termina em 1926 e os abaixo da média inicia-se em 1927 e termina em 1961, com 1937-1951 demonstrando uma tendência a aproximar-se ou ficar acima da média. Os padrões acima da média reiniciam-se em 1962 e poderão se estender até 1996, com o período de 1972-1986 apresentando uma tendência a aproximar-se ou ficar abaixo da média. Isto indica nitidamente que sistemas de culturas ou consórcios nestes anos com padrões acima da média são diferentes dos anos com padrões abaixo da média.

2.- As regiões áridas são caracterizadas por:

- . Período úmido médio menor ou igual a um mês.
- . Probabilidade de ocorrência de '0' e $\leq 1,0$ mês úmido, são respectivamente maior que 25% e 50% dos anos.
- . Probabilidade de ocorrência de três ou mais meses úmido é em torno de 10 a 15% dos anos.

Isto indica claramente que as regiões áridas não são adequadas para agricultura de sequeiro, mas úteis para pastagens. O risco de tentar agricultura de sequeiro nestas áreas é muito alto. O Feijão Caupi ou Milheto com ciclos de 70 a 80 dias são adequados somente em alguns anos quando o ciclo da precipitação apresentar-se acima da média. Também o sucesso destas culturas dependem principalmente da época de plantio. A época indicada para o plantio é entre o início do período moderadamente úmido e úmido.

3.- No entanto, as regiões sub-úmidas, são caracterizadas por um período úmido longo, com variação anual muito alta, exceto para poucas regiões com precipitação mais ou menos contínua durante o ano. A probabilidade de ocorrência de '0' e ≤ 1 mês úmido, são respectivamente de 0 e 40% dos anos. Estas regiões não são indicadas para agricultura de sequeiro.

4.- A região semi-árida pode ser dividida em duas zonas, uma a oeste do Rio São Francisco e outra a leste.

A região a oeste do Rio São Francisco são caracterizadas pelo período úmido médio variando entre 1,5 e 2,5 meses, com desvio padrão menor ou igual a três meses. Há um período seco definido. O período seco maior ou igual a quatro meses consecutivos ocorre em 70 a 80% dos anos. Nesta região, a probabilidade de ocorrência de '0' e ≤ 1 mês úmido é respectivamente menor que 15 e 25%, e, 20 e 50% dos anos, com a ocorrência de três ou mais meses úmidos alcançando valores tão alto como 40 a 60%. Infelizmente a maioria destas áreas são constituídas de solos muito rasos com baixa capacidade de armazenamento d'água. Em solos rasos só culturas solteiras podem ter sucesso, enquanto que em solos profundos é possível o plantio de uma segunda cultura. Há alta de possibilidade de runoff que pode ser aproveitado para incrementar a produtividade. Onde a precipitação segue padrões abaixo da média é preferível adotar consórcio com duas culturas.

A região a leste do Rio São Francisco devido a orografia é caracterizada pela alta variação nas variáveis climáticas. A probabilidade de ocorrência de '0' e ≤ 1 mês úmido é respectivamente de 10 a 40% e de 30 a 60% dos anos, exceto em pequenas faixas entre 13 e 14^o de latitude, que apresentam geralmente menores ocorrências. A probabilidade de ocorrência de três ou mais meses úmidos é entre 20 e 60%. As chances de ocorrência do período seco consecutivo maior ou igual a quatro meses é muito baixa ($\leq 10\%$), com possibilidade de ocorrência de período moderadamente úmido maior ou igual a quatro meses de 60 a 80%. A alta variação anual indica claramente que esta região é mais favorável para consórcio do que para plantio isolados. Entretanto, o tipo de consórcio necessita ser ajustado de acordo com o período (período chuvoso abaixo ou acima da média). Mais detalhes poderiam ser obtidos completando as análises da fase-III.

5.- Em geral o início do período úmido e moderadamente úmido apresentam 4 a 6 meses de variação no Estado da Bahia.

Devido a isto a demanda hídrica para atmosfera, a radiação global disponível e as condições de temperatura, são completamente diferente durante a estação de crescimento em diferentes regiões do Estado, com latitudes similares. As culturas e espécies, disponíveis para diferentes áreas do Estado sob similar faixa de latitude pode diferir, mas os sistemas de culturas podem ser iguais. Detalhes sobre isto poderá ser obtido nas análises da fase-IV.

6.- A melhor época para plantio na região semi-árida é entre o início do período moderadamente úmido e úmido. Entretanto, para obter melhor informação sobre a época é essencial trabalhar com dados semanais dos locais propostos na fase-III.

CONCLUSÕES

1.- O Estado da Bahia apresenta variações cíclicas no período úmido, com 35 anos abaixo da média e 35 anos acima da média, e, em cada um destes períodos alguns anos demonstram tendências opostas.

2.- As regiões áridas não são indicadas para agricultura de sequeiro, entretanto, em alguns anos em que o período chuvoso é acima da média é possível o plantio de culturas com ciclo de 75 dias como caupi e milheto, sendo necessário para isto um planejamento da época de plantio.

3.- As regiões sub-úmidas apresentam longo período úmido com alta variação (exceto em alguns anos), período seco contínuo não definido e período moderadamente úmido de dez ou mais meses. Isto, demonstra que esta região não é adequada para agricultura de sequeiro.

4.- As regiões semi-áridas com baixo coeficiente de variação (C.V.), é adequada para o desenvolvimento de culturas isoladas em solos rasos e para duplicidade de culturas em solos profundos, onde a precipitação apresenta padrões acima da média, e para consórcio onde a precipitação geralmente apresenta-se abaixo da média. Enquanto que, nas regiões onde o C.V. é alto, o consórcio é

mais indicado. Conclusões definitivas e mais confiáveis serão obtidas no complemento das análises da fase-IV. Estas regiões também apresentam possibilidades de ocorrência de grandes runoff, e desde que sejam utilizados, poderão haver um incremento na produção.

5.- O início da estação agrícola apresenta seis meses de variação, mesmo em faixas de latitude similar. Então, o clima em termos de radiação solar global e temperatura, varia em diferentes regiões da Bahia na estação agrícola. Portanto, culturas ou espécies que se adaptem em sistemas agrícolas, podem diferir em diferentes regiões da Bahia sob as mesmas condições agroclimáticas. Conclusões definitivas, serão apresentadas com as análises da fase-IV usando dados diários ou semanais.

6.- A melhor época de plantio é entre o início do período moderadamente úmido e o período úmido, com a ocorrência de uma boa chuva. Indicações mais precisas serão obtidas na fase-III, usando dados locais semanais.

•

AGRADECIMENTOS

Os autores expressam os mais sinceros agradecimentos a Divisão de Hidrometeorologia da SUDENE pelo fornecimento dos dados utilizados neste trabalho, a Maria da Glória da Silva Elpídio pela digitação do programa, análises dos dados e coordenação e verificação da entrada dos dados no computador, a Zeldir Araújo Souza e Antonio Alvino de Souza por suas colaborações na entrada e verificação dos dados no computador, a Ricardo Alves Dantas e Márcia Cordeiro Ferreira pelos esmeros trabalhos datilográficos e a Daniel Delfino da Silva Neto pela colaboração na execução de alguns cálculos e verificação dos dados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAHIA. Secretaria do Planejamento, Ciência e Tecnologia. Centro de planejamento da Bahia. Atlas climatológico do Estado da Bahia; análise espacial da pluviosidade. Salvador, 1976. 179p. il. (SEPLANTEC.CEPLAB. Documento, 2).
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Departamento Nacional de Meteorologia. Balanço hídrico do Brasil. Rio de Janeiro, 1972. 94p.
- BRASIL.SUDENE. Departamento de Recursos Naturais. Dados evapormétricos. Campina Grande, PB, SUDENE/ATECEL, 1974. v. 1, 204p.
- CAVALCANTI, A.C. Solos do Nordeste do Brasil e estimativa de capacidade de água disponível. Rio de Janeiro, EMBRAPA-SNLCS, 1979. 13p.
- FUNDAÇÃO IBGE, Rio de Janeiro, RJ. Carta do Brasil ao milionésimo. Rio de Janeiro, 1972. 46p.
- HASTENRATH, S. & HELLER, L. Dynamics of climatic hazards in Northeast Brazil. Q.J.R. Meteorol. Soc., 103 (435): 77-92, Jan. 1977.
- JACOMINE, P.K.T.; CAVALCANTI, A.C.; RIBEIRO, M.R.; MONTENEGRO, J. O.; BURGOS, N.; MELO FILHO, H.F.R. de & FORMIGA, R.A. Levantamento exploratório - reconhecimento de solos da margem esquerda do rio São Francisco, Estado da Bahia. Recife, PE, EMBRAPA-SNLCS/SUDENE-DRN, 1976. 404p. il. (EMBRAPA-SNLCS. Boletim Técnico, 38. Brasil. SUDENE. Recursos de Solos, 7).

- JACOMINE, P.K.; CAVALCANTI, A.C.; SILVA, F.B.R.; MONTENEGRO, J. O.; FORMIGA, R.A.; BURGOS, N. & MELO FILHO, H.F.R. de. Levantamento exploratório - reconhecimento de solos da margem direita do rio São Francisco, Estado da Bahia. Recife, PE, EMBRAPA-SNLCS/SUDENE-DRN, 1977-79. 2v. (EMBRAPA-SNLCS. Boletim Técnico, 52. Brasil. SUDENE. Recursos de Solos, 10).
- KOUSKY, V.E. Frontal influences on Northeast Brazil. Mon. Weather Rev., 104: 1140-53, 1979.
- KOUSKY, V.E. & CHU, P.S. Fluctuations in annual rainfall for Northeast Brazil. J. Meteorol. Soc. Japan, 56: 457-65, 1978.
- MOTA, F.S. da. Tipos de balanço hídrico no Brasil. Ci e Cult., São Paulo, 26 (8): 766-74, ago. 1974.
- NIMIAS, J. Influence of Northern hemisphere general circulation on drought in Northeast Brazil. Tellus, 24: 336-42, 1972.
- REDDY, S.J. Climatic fluctuations and homogenization of Northeast Brazil using precipitation data. Petrolina, PE, EMBRAPA-CPATSA, 1983. 39p. Datilog. No prelo.
- REDDY, S.J. User's manual for the water balance models. Patancheru, A.P., India, ICRISAT, 1979. 28p. mimeog.
- REDDY, S.J. & AMORIM NETO, M. da S. Dados de precipitação, evapo transpiração potencial, radiação solar global de alguns locais e classificação climática do Nordeste do Brasil. Petrolina, PE, EMBRAPA-CPATSA, 1983a. 280p. Datilog. No prelo.
- REDDY, S.J. & AMORIM NETO, M. da S. A method for the estimation of potential evapotranspiration and/or open pan evaporation over Brazil. Petrolina, PE, EMBRAPA-CPATSA, 1983b. 45p. Datilog. No prelo.

- REDDY, S.J. & REDDY, R.S. A new method of estimation of water balance. In: TROPICAL METEOROLOGICAL MEETING, Nairobi, Kenya, 1973. Proceedings... Nairobi, American Meteorological Society, 1973. p. 277-80.
- THORNTHWAITE, C.W. An approach towards a rational classification of climate. Geogr. Rev., 38: 55-64, 1948.
- THORNTHWAITE, C.W. & MATHER, J.R. Instruction and tables for computing potential evapotranspiration and the water balance. In: DREXEL INSTITUTE TECHNOLOGY, New Jersey. Climatology. New Jersey, 1957. v. 10, nº 3, p. 185-311.
- THORNTHWAITE, C.W. & MATHER, J.R. The water balance. New Jersey, Drexel Institute Technology, 1955. 104p. (Drexel Institute Technology. Climatology, v. 8, nº 1).
- TIGRE, C.B. As regiões ecológicas do Nordeste e seus recursos florestais, econômicos e recreativos. B. téc. DNOCS, Fortaleza, CE, 38 (2): 109-18, jul./dez. 1980.