



Zoneamento de Riscos Climáticos da Cultura da Mamoneira no Estado de Maranhão, Referente ao Ano-Safra de 2007-2008

José Américo Bordini do Amaral¹
Madson Tavares Silva²

A produção atual de óleo de mamona no Brasil corresponde a cerca de 50 mil t ano⁻¹ e obtida, na sua maioria, em unidades pequenas de produção agrícola com até 15 ha. Estima-se que existam cerca de 250 mil hectares plantados na região Nordeste do país, com produtividades médias inferiores a 800 kg ha⁻¹ de bagas. As variedades em uso comercial são adequadas para altitudes entre 300 e 1500 m, temperaturas entre 20 e 30 °C, e precipitação acima de 500 mm ano⁻¹, com chuvas concentradas nos 6 primeiros meses. A mamoneira tem sido cultivada no Nordeste do Brasil principalmente em condições de sequeiro.

A mamoneira desenvolve-se e produz bem em vários tipos de solo, com exceção daqueles que apresentam deficiência de drenagem. Solos profundos, com boa drenagem e bem balanceados quanto aos aspectos nutricionais, favorecem o seu desenvolvimento. O sistema radicular da mamoneira tem capacidade de explorar as camadas mais profundas do solo, que normalmente não são atingidas por outras culturas anuais, como soja, milho e feijão, promovendo melhor uso de água.

A mamoneira é exigente em fertilidade, devendo ser cultivada em solos com fertilidade de média a alta, porém, solos com fertilidade muito elevada favorecem o crescimento vegetativo excessivo, prolongando o ciclo e expandindo, consideravelmente, o período de floração. Tanto solos ácidos como alcalinos têm efeito negativo no crescimento e no desenvolvimento das plantas. A cultura tem melhor adaptação a solos com pH entre 5 e 6,5, produzindo em solos com pH até 8,0. Por ser uma espécie que, durante os estágios iniciais de desenvolvimento, expõe o solo ao impacto das gotas de chuva, seu cultivo deve ser feito em áreas onde a declividade seja inferior a 12%, obedecendo às técnicas de conservação do solo (AMORIM NETO et al. 2001). Os solos dos cerrados devem ser corrigidos devido ao efeito flocculante do alumínio trocável, que prejudica o desenvolvimento da cultura (AMORIM NETO et al. 2001).

O excesso de umidade é prejudicial em qualquer período do ciclo da lavoura, sendo mais crítico nos estágios de plântula, maturação e colheita (AZEVEDO et al., 1997). São comuns a queda e a

¹ Eng. Agrôn. D. Sc., da Embrapa Algodão, Rua Oswaldo Cruz, 1143, Centenário, CEP 58107-720 Campina Grande, PB, E-mail: bordini@cnpa.embrapa.br

² Graduando em Meteorologia, UFCG, E-mail: madson_tavares@hotmail.com

perda de frutos maduros quando ocorrem chuvas fortes (TÁVORA, 1982). Recomenda-se o cultivo em áreas com altitude na faixa de 300 a 1500 m acima do nível do mar (WEISS, 1983). A variação da temperatura deve ser de 20 a 30 °C, para que haja produções com valor comercial (SILVA 1983; CANECCHIO FILHO, 1969); a temperatura ótima para planta situa-se em torno de 28 °C (TÁVORA, 1982). Temperaturas muito elevadas, superiores a 40 °C provocam aborto das flores, reversão sexual das flores femininas em masculinas e redução substancial do teor de óleo nas sementes (BELTRÃO; SILVA, 1999); as baixas temperaturas retardam a germinação, prolongando a permanência das sementes no solo, o que favorece o ataque de microorganismos e insetos (TÁVORA, 1982).

A exploração de culturas em áreas não apropriadas, impossibilitando rendimentos satisfatórios, contribui para o mau uso dos recursos naturais como o solo e a água, propiciando sua degradação e/ou a subutilização, podendo ocasionar inclusive desertificação no semi-árido. A superfície terrestre comporta-se de forma dinâmica, apresentando mudanças que são conseqüência da ocorrência de fenômenos naturais e/ou de origem antrópica. Devido à necessidade de obtenção de máximo rendimento econômico, utilizando-se recursos limitados em determinada área, surge a necessidade de planejamento e ordenamento das ações de acordo com as características locais. Apresentam-se, por meio deste trabalho, tecnologias apropriadas que serão melhoradas continuamente para poder atender a essas finalidades.

Através de estudos que relacionam a interação solo - planta - atmosfera, é possível definir-se áreas que apresentam aptidão, viabilizando a exploração agrícola das culturas, ecológica e economicamente. A técnica do zoneamento, com base em informações do solo, da planta e do clima, possibilita a definição dos ambientes ecologicamente favoráveis para que as culturas potencializem suas características agrônomicas, tal como em seu habitat natural, segundo Amorim Neto et al. (1999).

Material e Métodos

A definição do risco climático e da época de plantio foi realizada por intermédio de um modelo de

balanço hídrico da cultura, realizado em duas partes. Na primeira, objetivou-se a determinação do balanço hídrico, por intermédio da simulação da época de semeadura, utilizando-se o Sistema de Análise Regional dos Riscos Agroclimáticos, o software SARRAZON (BARON et al., 1996), em seguida, os resultados da simulação foram espacializados pela utilização do software SPRING (CÂMARA et al., 1996).

Para a identificação dos municípios com aptidão ao cultivo da mamoneira, foram utilizados os seguintes critérios: temperatura média do ar, variando entre 20 °C e 30 °C; precipitação igual ou superior a 500 mm no período chuvoso e altitude entre 300 m e 1500 m. Todos os parâmetros foram geo-espacializados por meio de um sistema geográfico de informações, permitindo a geração e o cruzamento dos mapas com a malha municipal do Estado para estimar em cada município a área e a porcentagem de ocorrência das diversas classes de aptidão. A definição do risco climático e da época de plantio foi realizada por intermédio de um modelo de balanço hídrico da cultura, que exigiu os seguintes dados de entrada:

Variáveis de entrada do modelo:

- **Dados diários de chuva** - Registrados durante 25 anos em estações pluviométricas disponíveis no Estado do Maranhão. Os dados de precipitação utilizados originam-se do Banco de Dados Hidrometeorológico da Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste - SUDENE, publicados na série "Dados Pluviométricos Mensais do Nordeste - Maranhão" (SUDENE, 1990).

- **Evapotranspiração real (ET_r)** - Foi estimada por uma equação de terceiro grau, proposta por Eagleman (1971), que descreve a evolução da ET_r, em função da evapotranspiração máxima - ET_m e da umidade do solo - HR, expressa como segue na equação(1):

$$ET_r = A + B.HR - C.HR^2 + D.HR^3 \quad (1)$$

em que,

A = 0,732 - 0,05 ET_m, B = 4,97 ET_m - 0,66 ET_m²,
C = 8,57 ET_m - 1,56 ET_m², D = 4,35 ET_m - 0,88 ET_m² e HR = umidade do solo.

- **Evapotranspiração máxima (ET_m)** - Foi estimada pela equação (2), conforme Doorenbos e Kassam (1994):

$$ET_m = K_c \times ET_0 \quad (2)$$

- Coeficiente da cultura (k_c) - Corresponde à relação entre a evapotranspiração da cultura (ET_c) e a evapotranspiração de referência (ET₀); os k_c's são determinados por médias decendiais para cada fase e gerados pela interpolação dos dados para o período semanal e para as fases fenológicas definidas por Doorenbos e Kassam (1994) equação (3):

$$K_c = \frac{ET_c}{ET_0} \quad (3)$$

em que:

ET_c é a evapotranspiração da cultura em mm.dia⁻¹; ET₀ é a evapotranspiração de referência em mm.dia⁻¹, obtida pelo método de Penman-Monteith.

- **Evapotranspiração referência (ET₀)** - foi estimada pelo método de FAO Penman-Monteith (ALLEN et al., 1998) e calculada para cada dez dias do ano, gerando 36 dados de evapotranspiração, equação (4):

$$ET_0 = \frac{0,408 \Delta (R_n - G) + \left(\frac{900 U_2}{T + 237} \right) (e_a - e_s)}{\Delta + \gamma (1 + 0,34 U_2)} \quad (4)$$

em que :

ET₀ é a evapotranspiração de referência (mm.dia⁻¹); R_n é o saldo de radiação (MJ.m⁻² dia⁻¹); G é o fluxo de calor no solo (MJ.m⁻² dia⁻¹); T é a Temperatura média diária do ar (°C); U₂ é a velocidade do vento média diária a 2 m de altura (m.s⁻¹); e_s é a pressão da saturação do vapor média diária (kPa); e_a = Pressão atual de vapor média diária (kPa); S = Declividade da curva de pressão de vapor no ponto de T_{med} (kPa °C⁻¹); γ é o coeficiente psicrométrico (kPa °C⁻¹).

- **Ciclo das cultivares** - Utilizaram-se cultivares de ciclos precoce, médio e tardio; com porte médio de 1,7 m a 2,0 m de altura em condições de cultivo de

sequeiro; de frutos semi-indeiscentes e sementes grandes, com teor mínimo de óleo de 47% - como os das BRS Nordestina e BRS Paraguaçu -, com ciclo médio (230 dias). Considerou-se um período crítico (floração/ enchimento das bagas) de 100 dias, o qual está compreendido entre o 60° e o 160° dia.

- **Altimetria** - Os valores de altitude dos municípios foram oriundos da grade altimétrica (IBGE, 2001), onde os valores são cotados em uma malha de 920 m x 920 m do terreno.

- **Capacidade de Água Disponível (CAD)** - Determinou-se a CAD, segundo Reichardt (1987), a partir da curva de retenção de água, densidade do solo e profundidade do perfil, pela equação (5):

$$CAD = \left[\frac{(CC - PMP)}{(10 \cdot D_s \cdot h)} \right] \quad (5)$$

em que:

CAD - Capacidade de água disponível no solo (mm m⁻¹);

CC - Capacidade de campo (%);

PMP - Ponto de murchamento permanente (%);

D_s - Densidade do solo (g cm⁻³) e

h - Profundidade da camada do solo (cm). Foram estabelecidas duas classes de CAD:

· Tipo 1 - média capacidade de armazenamento de água (CAD = 30 mm);

· Tipo 2 - alta capacidade de armazenamento de água (CAD = 40 mm).

Variáveis de saída do modelo:

- **Índice de Satisfação da Necessidade de Água para a cultura (ISNA)** - Definido como a relação entre a evapotranspiração real e a evapotranspiração máxima (ET_r/ET_m) ao longo do ciclo, para um determinado ano, numa certa data, num tipo de solo, para a mamoneira de ciclo médio. Como o ciclo da cultura está dividido em quatro fases fenológicas e a fase de enchimento das bagas é o período mais determinante da produtividade final, estima-se o

valor de ISNA nesta fase. Em seguida, passa-se então para o ano dois, data um, solo um, ciclo médio e, assim, sucessivamente, até o último ano. A partir deste cálculo, estabelece-se a função de frequência do ISNA e seleciona-se a data onde o valor calculado é maior ou igual ao critério de risco adotado ($ISNA > 0,50$), em 80% dos casos. Os ISNA's foram espacializados pela utilização do software SPRING (CÂMARA et al., 1996). Para a caracterização do risco climático obtido ao longo dos períodos de simulações, foram estabelecidas três classes de ISNA, conforme Steinmetz et al. (1985):

- $ISNA > 0,50$ - a cultura da mamoneira de sequeiro está exposta a um baixo risco climático
- $0,40 \leq ISNA < 0,50$ - a cultura da mamoneira de sequeiro está exposta a um risco climático médio
- $ISNA < 0,40$ - a cultura da mamoneira de sequeiro está exposta a um alto risco climático

Para a espacialização dos resultados, foram adotados os seguintes procedimentos: digitação de arquivo de pontos (em formato ASCII) organizados em três colunas, com latitude, longitude e valores de relação ISNA, com 80% de frequência de ocorrência; transformação das coordenadas geográficas em coordenadas de projeção cartográfica utilizadas (no caso, projeção policônica); leitura do arquivo de pontos; organização das amostras; e geração de uma grade regular (grade retangular, regularmente espaçada de pontos, em que o valor da cota de cada ponto é estimado a partir da interpolação de um número de vizinhos mais próximos). Por se tratar de uma análise bidimensional, na qual as variações de ISNA foram espacializadas em função do tempo, desconsiderando-se os efeitos orográficos, o interpolador escolhido foi aquele que mais se aproximou de um resultado linear.

Resultados e Discussão

Zoneamento de aptidão agroclimática

Dos 217 municípios do Estado, 33 foram considerados aptos ao cultivo da mamoneira e 184 foram classificados como inaptos, correspondendo a 15,20% e 84,80% dos municípios do Estado, respectivamente.

Zoneamento de risco climático

A agricultura de sequeiro não permite controle da oferta hídrica, o que a torna uma atividade de risco se for cultivada em períodos inadequados; pois, pode ter a safra comprometida pelo excesso ou pela escassez de água, o que acarreta prejuízos aos produtores e aos agentes financiadores da atividade. De acordo com as restrições edafoclimáticas do Estado do Maranhão, a exploração da cultura da mamoneira em áreas não apropriadas impossibilita a obtenção de rendimentos satisfatórios, além de contribuir para o mau uso do solo e da água, propiciando a degradação e a subutilização dos recursos naturais disponíveis. A indicação da época de semeadura proposta por esse estudo não está necessariamente adequada ao período de chuva, pois a análise é feita com relação ao período de maior necessidade hídrica da planta, que de tão longo se insere no intervalo que apresenta a maior incidência pluviométrica do Estado; sabe-se que a cultura da mamona resiste ao déficit hídrico no início do cultivo.

Deve-se sempre ter em mente que este zoneamento foi elaborado a partir dos dados disponíveis, referentes aos dados diários de precipitação e decendiais de evapotranspiração. A sensibilidade do modelo não permite a análise dos efeitos orográficos sobre regiões consideradas primeiramente como inaptas. Tendo em vista que a metodologia deste trabalho busca o aprimoramento contínuo ao longo das safras posteriores, tem-se como objetivo a definição das regiões nas quais a exploração agrícola da cultura da mamoneira possa se inserir da forma mais produtiva.

As classes de plantio estão inseridas entre os meses de novembro até fevereiro e foram assim estipuladas, considerando-se os menores riscos climáticos dentro da fase fenológica de maior exigência hídrica. Para a definição das épocas de semeadura com menores riscos climáticos, foram considerados a duração do período chuvoso e o ciclo fenológico da cultura. O período chuvoso dos postos pluviométricos foi definido como aquele que compreende os meses em que ocorrem pelo menos

10% da precipitação total anual. A definição do período de semeadura foi feita de forma a permitir que a semeadura e o desenvolvimento da planta, desde a germinação até o florescimento (cerca de 90 dias), ocorressem dentro do período chuvoso e que durante a colheita a possibilidade de chuvas fosse menor. Estabeleceu-se o seguinte critério:

- para períodos chuvosos com duração de quatro meses - o período de semeadura correspondeu ao primeiro mês do período chuvoso;
- para períodos chuvosos com duração de cinco meses - o período de semeadura correspondeu ao primeiro e segundo meses do período chuvoso.

Na Figura 1, observa-se o comportamento do parâmetro precipitação pluviométrica média anual, no período que se estende de 1963 a 1990, e os valores da média pluviométrica no trimestre chuvoso para o período de 1963 a 1990 (Fig. 2), no Estado do Maranhão.

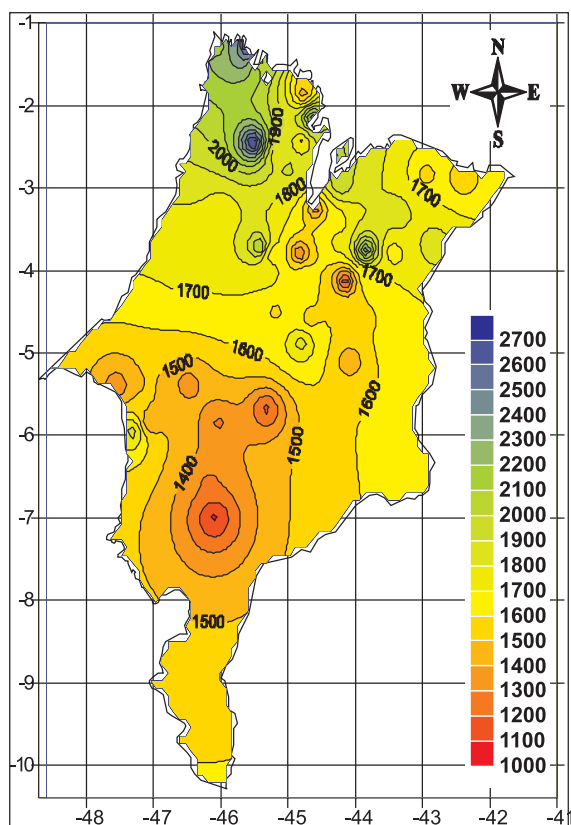


Fig. 1. Média pluviométrica anual no Estado do Maranhão no período de 1963 a 1990.

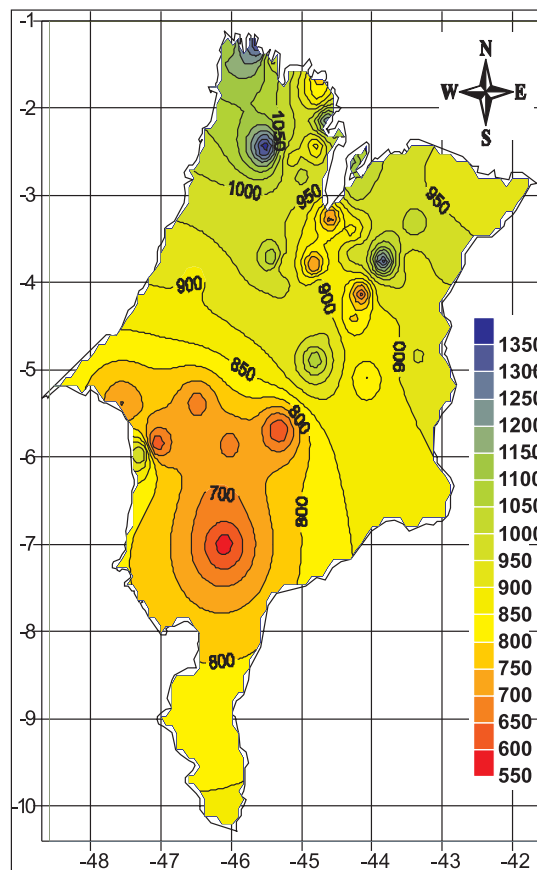


Fig. 2. Média pluviométrica no trimestre chuvoso no Estado do Maranhão no período de 1963 a 1990.

Municípios aptos ao cultivo e períodos indicados para plantio

Na Figura 3, estão inseridos os municípios do Estado do Maranhão, em torno dos quais se encontram as regiões aptas e inaptas ao cultivo da mamoneira.

Para a definição do período de semeadura, em cada município com aptidão plena, gerou-se um mapa temático de duração e definição do período chuvoso para posterior tabulação cruzada com a malha municipal do Estado. Da mesma forma, para a definição do período de semeadura, usou-se o critério do limite de corte de 20%, quando ocorriam duas ou mais classes em um mesmo município. Com base nas análises realizadas, observou-se que as cultivares de mamona de ciclos precoce, médio e tardio apresentaram as mesmas datas de semeadura para cada tipo de solo recomendado.

Os Solos Tipo 1, de textura arenosa, não foram recomendados para o plantio da mamoneira no Estado, por apresentarem baixa capacidade de retenção de água e alta probabilidade de quebra de rendimento das lavouras por ocorrência de déficit hídrico.

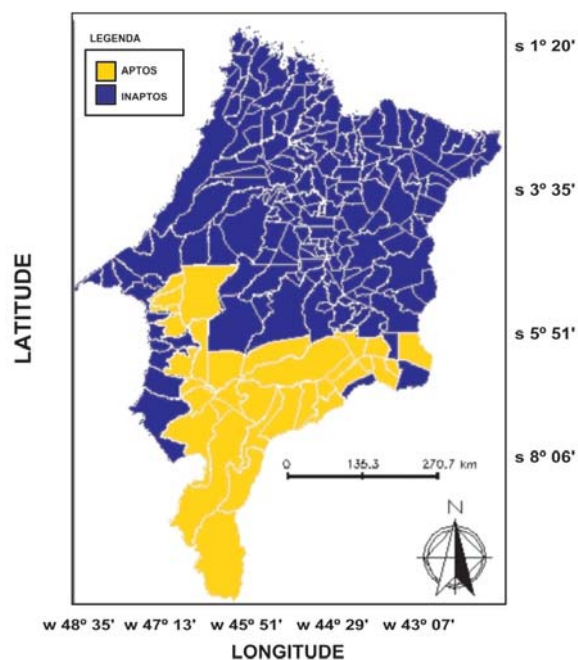


Fig. 3. Mapa dos municípios com aptidão plena ao cultivo da mamoneira no Estado do Maranhão.

Na Tabela 1, estão listados os municípios do Estado do Maranhão aptos ao cultivo da oleaginosa, suprimidos todos os outros, onde a cultura não é recomendada; foi elaborada com base em dados disponíveis por ocasião da sua elaboração. Se algum município mudou de nome ou foi criado um novo, em razão de emancipação de um daqueles da listagem abaixo, todas as recomendações são idênticas às do município de origem até que nova relação o inclua formalmente.

Tabela 1. Municípios e períodos favoráveis ao plantio da mamoneira no Estado do Maranhão.

Município	Período
Alto Parnaíba	1º de novembro 31 de dezembro
Amarante do Maranhão	1º de janeiro 28 de fevereiro
Balsas	1º de novembro 31 de dezembro
Benedito Leite	1º de novembro 31 de dezembro
Buritirama	1º de janeiro 28 de fevereiro
Colinas	1º de janeiro 28 de fevereiro
Davinópolis	1º de janeiro 28 de fevereiro
Feira Nova do Maranhão	1º de novembro 31 de dezembro
Fernando Falcão	1º de janeiro 28 de fevereiro
Formosa da Serra Negra	1º de janeiro 28 de fevereiro
Fortaleza dos Nogueiras	1º de novembro 31 de dezembro
João Lisboa	1º de janeiro 28 de fevereiro
Loreto	1º de novembro 31 de dezembro
Mirador	1º de janeiro 28 de fevereiro
Montes Altos	1º de janeiro 28 de fevereiro
Nova Colinas	1º de novembro 31 de dezembro

Continua...

Tabela 1. Continuação...

Município	Período
Paraibano	1º de janeiro 28 de fevereiro
Passagem Franca	1º de janeiro 28 de fevereiro
Pastos Bons	1º de janeiro 28 de fevereiro
Riachão	1º de novembro 31 de dezembro
Sambaíba	1º de novembro 31 de dezembro
São Domingos do Azeitão	1º de janeiro 28 de fevereiro
São Félix de Balsas	1º de novembro 31 de dezembro
São Francisco do Brejão	1º de janeiro 28 de fevereiro
São João do Paraíso	1º de janeiro 28 de fevereiro
São João dos Patos	1º de novembro 31 de janeiro
São Pedro dos Crentes	1º de janeiro 28 de fevereiro
São Raimundo das Mangabeiras	1º de novembro 31 de janeiro
Senador La Rocque	1º de janeiro 28 de fevereiro
Sítio Novo	1º de janeiro 28 de fevereiro
Sucupira do Norte	1º de janeiro 28 de fevereiro
Sucupira do Riachão	1º de novembro 31 de janeiro
Tasso Fragoso	1º de novembro 31 de dezembro

Conclusões

O Estado do Maranhão apresentou 33 municípios com aptidão edafoclimática para a condução da cultura da mamoneira, dependendo exclusivamente de precipitação pluviométrica na época crítica de condução da cultura, quando a cultura da mamoneira terá suas necessidades hídricas atingidas em pelo menos 80% das vezes no decorrer dos anos de plantio.

Referências Bibliográficas

- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 300 p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 56).
- AMORIM NETO, M. da S.; ARAÚJO, A. E. de; BELTRÃO, N. E. de M. Clima e solo. In: AZEVEDO, D. M. P. de; LIMA, E. F. **O agronegócio da mamona no Brasil**. Embrapa Algodão. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. p. 63-76.
- AMORIM NETO, M. da S.; BELTRÃO, N. E. de M.; SILVA, L. C.; ARAÚJO, A.E. de; GOMES, D. C. **Zoneamento e época de plantio para mamoneira no Estado da Bahia**. Campina Grande: EMBRAPA-CNPA, 1999. 9 p. (EMBRAPA-CNPA. Circular Técnica, 103).

- AZEVEDO, D. M. P. de; LIMA, E. F.; BATISTA, F. A. S.; LIMA, E. F. V. **Recomendações técnicas para o cultivo da mamoneira (*Ricinus communis* L.) no Nordeste do Brasil**. Campina Grande: EMBRAPA: CNPA, 1997. 52 p. (EMBRAPA - CNPA. Circular Técnica, 25).
- BARON, C. ; CLOPES, A. **Sistema de análise regional dos riscos agroclimáticos (Sarramet / Sarrazon)** Paris: Centro de Cooperação Internacional em Pesquisa Agrônômica para o Desenvolvimento, 1996.
- BELTRÃO, N. E. de M.; SILVA, L. C. Os múltiplos uso do óleo da mamoneira (*Ricinus communis* L.) e a importância do seu cultivo no Brasil. **Fibras e Óleos**, n. 31, p. 7, 1999.
- CÂMARA, G.; SOUZA, R. C. M.; FREITAS, U. M.; GARRIDO, J. SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modeling. **Computers and Graphics**, v. 20, n. 3, p. 395-403, 1996.
- CANECCHIO FILHO, V. Mamona: Quanto mais calor melhor. **Guia Rural**. 1968/69. p.176 - 179.
- DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Efeito da água no rendimento das culturas**. Campina Grande: UFPB, 1994. 306 p. (Estudos de FAO. Irrigação e Drenagem, 33).
- EAGLEMAN, A. M. An experimentaly derived model for actual evapotranspiration. **Agricultural Meteorology**, Amsterdam, v.8, n.4/5, p.385-409, 1971.
- IBGE. **Malha municipal digital do Brasil-2001**. Rio de Janeiro: DGC/DECAR, 2001. 1 CD-ROM.
- REICHARDT, K. O solo como reservatório de água. In: REICHARDT, K. **A água em sistemas agrícola**, 1987. 27- 69 p.
- SILVA, A. da. **Mamona: potencialidades agroindustriais do Nordeste brasileiro**. Recife: SUDENE -ADR, 1983. 154 p.
- STEINMETZ, S. R. F. N., FOREST, F. Evaluation of the climatic risk on upland rice in Brazil, In: STEINMETZ, S. R. F. N., FOREST, F. **Colloque "resistence a la secheresse en millieu intertropicale: quelles recherches pour le moyen terme?"** Paris: CIRAD, 1985. 43-54 p.
- SUDENE. **Dados pluviométricos mensais do Nordeste: Paraíba**. Recife, 1990. 239 p.
- TÁVORA, F. J. A. **A cultura da mamona**. Fortaleza: EPACE, 1982. 111p.
- WEISS, E. A. Castor. In: WEISS, E. A. **Oil seed crops**. London: Longman, 1983. p. 31-99.

Comunicado Técnico, 332

Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:
Embrapa Algodão
Rua Osvaldo Cruz, 1143 Centenário, CP 174
58107-720 Campina Grande, PB
Fone: (83) 3315 4300 Fax: (83) 3315 4367
e-mail: sac@cnpa.embrapa.br
1ª Edição
Tiragem: 500

Ministério da Agricultura,
Pecuária e Abastecimento



Comitê de Publicações

Presidente: Nair Helena Castro Arriel
Secretária Executiva: Nivia Marta Soares Gomes
Membros: Demóstenes Marcos Pedroza de Azevêdo
Everaldo Paulo de Medeiros
Fábio Aquino de Albuquerque
Francisco das Chagas Vidal Neto
João Luiz da Silva Filho
José Wellington dos Santos
Luiz Paulo de Carvalho
Nelson Dias Suassuna

Expedientes: Supervisor Editorial: Nivia Marta Soares Gomes
Revisão de Texto: Nisia Luciano Leão
Tratamento das ilustrações: Oriel Santana Barbosa
Editoração Eletrônica: Oriel Santana Barbosa