



UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
UNIDADE-CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA



CALENDÁRIO AGROCLIMÁTICO PARA A CULTURA DO MILHO NA REGIÃO DE ARAPIRACA-AL

José Edmilson Deodato de Brito

**RIO LARGO, AL
2009**

JOSÉ EDMILSON DEODATO DE BRITO

**CALENDÁRIO AGROCLIMÁTICO PARA A CULTURA DO
MILHO NA REGIÃO DE ARAPIRACA-AL**

Dissertação apresentada ao colegiado do curso de Pós-Graduação em Agronomia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Agronomia, Área de Concentração: Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. José Leonaldo de Souza

Co-orientador: Prof. Dr. Gilson Moura Filho

RIO LARGO, AL

2009

Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Central
Divisão de Tratamento Técnico

Bibliotecária Responsável: Helena Cristina Pimentel do Vale

- B862c Brito, José Edmilson Deodato de.
Calendário agroclimático para a cultura do milho na região de Arapiraca-AL / José Edmilson Deodato de Brito. – 2009.
62 f. : tabs.
- Orientador: José Leonaldo de Souza.
Co-Orientador: Gilson Moura Filho.
Dissertação (mestrado em Agronomia : Produção Vegetal e Produção de Plantas) – Universidade Federal de Alagoas. Centro de Ciências Agrárias. Rio Largo, 2009.
- Bibliografia: f. 59-62.
1. Milho – Cultivo. 2. *Zea Mays* L. 3. Balanço hídrico. 4. Deficiência hídrica. 5. Calendário agroclimático – Arapiraca (AL). I. Título.

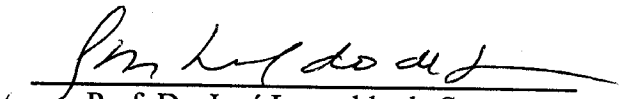
CDU: 633.15

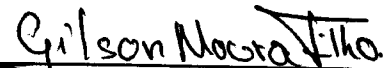
JOSÉ EDMILSON DEQDATO DE BRITO

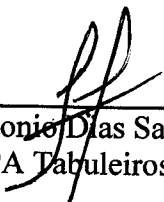
**CALENDÁRIO AGROCLIMÁTICO PARA A CULTURA DO MILHO NA REGIÃO
DE ARAPIRACA-AL**

Dissertação apresentada a Universidade Federal de Alagoas como parte das exigências do programa de Pós-Graduação, para a obtenção do título de Mestre em Agronomia, Área de Concentração em Produção Vegetal e Proteção de Plantas.

APROVADA em 30 de Junho de 2009


Prof. Dr. José Leonaldo de Souza
(Orientador) UFAL


Prof. Dr. Gilson Moura Filho
(Co-orientador) UFAL


Dr. Antonio Dias Santiago
EMBRAPA Tabuleiros Costeiros


Prof. Dr. José Vieira da Silva
UFAL – Campus Arapiraca

A Deus que me deu o grande presente “**a vida**” e determinação para alcançar a grande conquista; a minha esposa Alvanir e meu filho Cristovão; a minha Mãe Antônia e meu pai Valdomiro (*in memória*) e a meus irmãos: Josefa, Maria, Adeilson, Maria José e Claudevam e meu sobrinho Alverlan que sempre apoiaram todos os meus sonhos profissionais.

DEDICO

A todos aqueles que acreditam na agricultura, e em especial a minha
mãe e meus irmãos que tiram da terra seus sustentos e de suas famílias,

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

A Deus, que com sua infinita bondade concedeu o dom da vida ao homem, tornando-o capaz de conseguir realizar seus sonhos com a força de sua vontade e de sua obstinação.

A meus pais e irmãos, por compartilharem comigo as alegrias e as tristezas presentes ao longo desses dois anos de caminhada. Que a glória desta vitória se estenda a vocês, uma vez que sem vocês, sem suas forças, seus carinhos e compreensão nada disso seriam possíveis.

A minha amiga, companheira, esposa Alvanir, pois esta vitória foi fruto de seu carinho e compreensão que os anos vindouros nos recompensem das atribulações passadas e nos conduzam à realização de novos sonhos.

Ao meu filho, querido, amado, Cristóvão, pois em muitas ocasiões foi o combustível para conduzir a frente o sonho, que agora estar sendo realizado. Dedico-lhe a realização deste grande sonho de minha vida.

Aos meus amigos e companheiros de laboratório que sempre estiveram ao meu lado em todos os momentos, em especial a Rui Palmeira Medeiro, obrigado por sempre me fazer acreditar que amigos verdadeiros existem.

Ao meu orientador, Prof. Dr. José Leonaldo de Souza, pela atenção dedicada ao trabalho, procurando sempre orientar e participar da melhor forma possível de todas as etapas dos trabalhos. Dedico-lhe minha eterna admiração e gratidão, pois sem seus conhecimentos e orientações este sonho não estaria se realizando.

Ao Programa de Pós Graduação do Centro de Ciências Agrárias CECA da Universidade Federal de Alagoas UFAL, pelos dois anos de acolhida, os quais me proporcionaram agora o conhecimento necessário para buscar a realização profissional.

A FAPEAL, pelo apoio financeiro, através da concessão de uma bolsa.

A Secretaria Municipal de Agricultura de Arapiraca – SEMAG através do Secretário Manoel Henrique pela compreensão para que eu pudesse terminar o mestrado e ao mesmo tempo presta serviços aos agricultores de Arapiraca.

Ao José Pereira, gerente da Fazenda Santa Bernadete e Afrânio Veiga, proprietário da Fazenda São José, por terem colocado a disposição toda a estrutura das fazendas para condução dos ensaios de campo.

Meus sinceros agradecimentos.

“As idéias geniais são aquelas com as quais nos espantamos por não as ter tido antes”

Noel Claraso

RESUMO

A variabilidade dos totais anuais das precipitações pluviais e sua distribuição durante a estação chuvosa na região de Arapiraca, explica grande parte das flutuações no rendimento das culturas, que ocorre em diferentes anos e locais. Porém, as condições hídricas regionais para a agricultura devem ser analisadas também se levando em consideração a capacidade de armazenamento de água dos solos. A água é fator fundamental a produtividade das culturas e seu consumo é determinado pela demanda evaporativa da atmosfera, tipo de solo e características das plantas. A boa distribuição das precipitações pluviais regula o fator água de produção, impedindo que a umidade do solo reduza-se para níveis que condicionem estresse hídrico as plantas. Em particular, o milho cultivado em sistema de sequeiro nesta região, tem seu rendimento altamente dependente das interações entre suas fases fenológicas e a disponibilidade hídrica a qual é condicionada pelo armazenamento de água do solo e pela irregularidade do regime pluviométrico. Neste trabalho objetivou-se analisar épocas de semeaduras do milho que apresentem menores riscos de estresse hídrico no período semeadura até 10 dias após o florescimento, na região de Arapiraca. Para tal, foram realizados cálculos de balanço hídrico diário para dois tipos de solos, representativos da região de cultivo de milho, com dados de precipitação pluviais de um período de 37 anos, obtidos da estação meteorológica da extinta Empresa de Pesquisa do Estado de Alagoas - EPEAL e da Secretaria Municipal de Agricultura de Arapiraca - SEMAG, considerando a duração do ciclo da cultivar de milho BR 106 da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária –EMBRAPA, semeada no período de março a agosto. Também calculou-se os graus dias acumulados (GDA) para o milho no período semeio – florescimento para estimar datas de florescimento para as diferentes datas simuladas para semeio. Por meio de análise da distribuição de frequência dos índices de satisfação das necessidades de água da cultura (ISH), obtidos do balanço hídrico diário, calcularam-se as probabilidades deste índice está acima de 0,5, com probabilidades superiores a 80%, no momento do semeio e na fase crítica de exigência de água pelo milho (10 dias antes do florescimento e 10 dias depois). Os resultados do estudo permitiram a determinação de um calendário de semeadura para a cultura do milho na região de Arapiraca Alagoas iniciando em 01 de junho e terminando em 30 de junho, para os dois tipos de solos utilizados.

Palavras-chave: Milho. Calendário agroclimático. Balanço hídrico. Deficiência hídrica.

ABSTRACT

The variability of total annual precipitation of rain and its distribution during the rainy season in the region of Arapiraca, explains most of the fluctuations in crop yield, which occurs in different years and locations. However, regional water conditions for agriculture must also be considered taking into account the storage capacity of water from the soil. Water is essential to productivity of crops and their consumption is determined by water evaporative demand of the atmosphere, soil type and plants characteristics. A good distribution of rainfall regulates water factor of production, preventing soil moisture is reduced to levels that condition the plant water stress. In particular, the corn grown in the irrigation system in this region has the yield highly dependent on interactions between their phenological phases and water availability which is determined by the storage of water from the soil and the irregularity of the rainfall regime. This work aimed to analyze the sowing dates of maize which have lower risk of water stress during sowing until 10 days after flowering in the region of Arapiraca. For this, calculations were made of daily water balance for two soil types, representing the region of cultivation of maize, with precipitation data of a 37 years period, from the meteorological station of old Empresa de Pesquisa do Estado de Alagoas - EPEAL and the Secretaria Municipal de Arapiraca - SEMAG, considering the life cycle of maize cultivar BR 106 of Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA, sown in the period March to August. Also was calculated the accumulated degree-days (GDA) for maize in the sowing- flowering period to estimate dates of flowering for the different simulated sowing dates. Through an analysis of the frequency distribution of the satisfaction water indices of culture (ISH), obtained from daily water balance, it is calculated the probability of this index is above 0.5 with probabilities exceeding 80% in time of sowing and the critical phase of requirement of water by maize (10 days before flowering and 10 days later). The results allowed the determination of planting calendar for maize in the region of Arapiraca - AL starting on 01 June and ending on June 30 for the two soil types studied.

Key words: Maize. Agroclimatic calendar. Water balance. Water deficit.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Experimento com a cultivar de milho BR106 na Fazenda São José, Arapiraca - Alagoas.....	24
Figura 2. Experimento com a cultivar de milho BR106 na Fazenda Santa Bernadete, Arapiraca - Alagoas.	26
Figura 3. Distribuição anual das precipitações pluviais do período de 1971 a 2007, em Arapiraca-Alagoas.	31
Figura 4. Distribuição anual e de maio a agosto das precipitações (P) dos anos 1 (1976), 2 (1979), 3 (1981), 4 (1987), 5 (1991), 6 (1992), 7 (1993), 8 (1996), 9 (1998), 10 (2001) e 11 (2003) de Arapiraca-AL.....	32
Figura 5. Evapotranspiração de referência (ET _o), metade da Evapotranspiração de referência (0,5 ET _o) e precipitação decendial na região de Arapiraca-AL.	33
Figura 6. Dias para o florescimento do milho na região de Arapiraca e acumulo de graus-dia (GD) pentadial em função das datas de semeio (DJ).	34
Figura 7. Dias para o florescimento do milho na região Agreste de Alagoas e acumulo de graus-dia (GD) período pentadial em função das datas de semeio (DJ).....	35
Figura 8. Probabilidades associadas com o Índice de Satisfação Hídrica (ISH), nos pentadiais, (A) 01-05, (B) 06-10, (C) 11-15, (D) 16-20, (E) 21-25 e (F) 26-31, mês de março, Fazenda São José, Arapiraca-AL.....	38
Figura 9. Probabilidades associadas com o Índice de Satisfação Hídrica (ISH), nos pentadiais, (A) 01-05, (B) 06-10, (C) 11-15, (D) 16-20, (E) 21-25 e (F) 26-31, mês de abril, Fazenda São José, Arapiraca-AL.	39
Figura 10. Probabilidades associadas com o Índice de Satisfação Hídrica (ISH), nos pentadiais, (A) 01-05, (B) 06-10, (C) 11-15, (D) 16-20, (E) 21-25 e (F) 26-31, mês de maio, Fazenda São José, Arapiraca-AL.....	40

Figura 11. Probabilidades associadas com o Índice de Satisfação Hídrica (ISH), nos pentadiais, (A) 01-05, (B) 06-10, (C) 11-15, (D) 16-20, (E) 21-25 e (F) 26-31, mês de junho, Fazenda São José, Arapiraca-AL.....	41
Figura 12. Probabilidades associadas com o Índice de Satisfação Hídrica (ISH), nos pentadiais, (A) 01-05, (B) 06-10, (C) 11-15, (D) 16-20, (E) 21-25 e (F) 26-31, mês de julho, Fazenda São José, Arapiraca-AL.....	42
Figura 13. Probabilidades associadas com o Índice de Satisfação Hídrica (ISH), nos pentadiais, (A) 01-05, (B) 06-10, (C) 11-15, (D) 16-20, (E) 21-25 e (F) 26-31, mês de agosto, Fazenda São José, Arapiraca-AL.	43
Figura 14. Probabilidades associadas com o Índice de Satisfação Hídrica (ISH), nos pentadiais, (A) 01-05, (B) 06-10, (C) 11-15, (D) 16-20, (E) 21-25 e (F) 26-31, mês de setembro, Fazenda São José, Arapiraca-AL.	44
Figura 15. Probabilidades associadas com o Índice de Satisfação Hídrica (ISH), nos pentadiais, (A) 1-5, (B) 6-10, (C) 11-15, (D) 16-20, (E) 21-25 e (F) 26-31, mês de março, Fazenda Santa Bernadete, Arapiraca-AL.	47
Figura 16. Probabilidades associadas com o Índice de Satisfação Hídrica (ISH), nos pentadiais, (A) 1-5, (B) 6-10, (C) 11-15, (D) 16-20, (E) 21-25 e (F) 26-31, mês de abril, Fazenda Santa Bernadete, Arapiraca-AL.....	48
Figura 17. Probabilidades associadas com o Índice de Satisfação Hídrica (ISH), nos pentadiais, (A) 1-5, (B) 6-10, (C) 11-15, (D) 16-20, (E) 21-25 e (F) 26-31, mês de maio, Fazenda Santa Bernadete, Arapiraca-AL.	49
Figura 18. Probabilidades associadas com o Índice de Satisfação Hídrica (ISH), nos pentadiais, (A) 1-5, (B) 6-10, (C) 11-15, (D) 16-20, (E) 21-25 e (F) 26-31, mês de junho, Fazenda Santa Bernadete, Arapiraca-AL.	50
Figura 19. Probabilidades associadas com o Índice de Satisfação Hídrica (ISH), nos pentadiais, (A) 1-5, (B) 6-10, (C) 11-15, (D) 16-20, (E) 21-25 e (F) 26-31, mês de julho, Fazenda Santa Bernadete, Arapiraca-AL.....	51

Figura 20. Probabilidades associadas com o Índice de Satisfação Hídrica (ISH), nos pentadiais, (A) 1-5, (B) 6-10, (C) 11-15, (D) 16-20, (E) 21-25 e (F) 26-31, mês de agosto, Fazenda Santa Bernadete, Arapiraca-AL..... 52

Figura 21. Probabilidades associadas com o Índice de Satisfação Hídrica (ISH), nos pentadiais, (A) 1-5, (B) 6-10, (C) 11-15, (D) 16-20, (E) 21-25 e (F) 26-31, mês de setembro, Fazenda Santa Bernadete, Arapiraca-AL. 53

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Resultados das análises físicas e químicas do solo da Fazenda São José - Arapiraca Alagoas.....	25
Tabela 2. Valores das características físicas e químicas do solo da fazenda Santa Bernadete - Arapiraca Alagoas.	27
Tabela 3. Datas simuladas para semeio pentadial (DSS), Probabilidades (%) do ISH no momento do semeio (MS), 10 dias antes (DAF), 10 dias depois (DDF) do florescimento, datas prováveis para o florescimento (DPF), dias para o florescimento (DF), na Fazenda São José, Arapiraca Alagoas	55
Tabela 4. Datas simuladas para semeio pentadial (DSS), Probabilidades (%) do ISH no momento do semeio (MS), 10 dias antes (DAF), 10 dias depois (DDF) do florescimento, datas prováveis para o florescimento (DPF), dias para o florescimento (DF), na Fazenda Santa Bernadete, Arapiraca Alagoas.....	57

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	15
2.1 Considerações sobre planta, solo e manejo da cultura do milho	15
2.2 Agroclimatologia do milho.....	17
2.3 Condições Hídricas	20
3 MATERIAL E MÉTODOS	24
3.1 Experimentos de Campo	24
3.2 Graus-dia.....	28
3.3 Evapotranspiração de referência (ET _o)	29
3.4 Evapotranspiração real (ET _r)	29
3.5 Índice de satisfação hídrica.....	30
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
4.1 Características hídricas.....	31
4.2 Condições térmicas da região e da cultura.....	33
4.3 Índice de Satisfação Hídrica	35
4.4 Calendário de cultivo para o milho.....	54
5 CONCLUSÕES.....	58
REFERÊNCIAS	59

1 INTRODUÇÃO

O milho é um dos cereais mais importantes cultivados em todo o mundo. Há muitos anos, vem sendo utilizado na alimentação humana e de animais domésticos, e também na indústria para a produção de cola, amido, óleo, álcool, além de outros produtos.

Até o final da década de 90, na região de Arapiraca, Estado de Alagoas, o milho era cultivado somente por pecuaristas para produção de silagem para alimentação do rebanho bovino na estação seca (setembro a fevereiro) e por agricultores familiares para utilização da produção de grãos para alimentação da família e dos animais de suas propriedades. Estes não tinham acesso à assistência técnica permanente que permitissem planejar o manejo da cultura e uso dos insumos modernos, portanto, utilizam cultivares locais e não híbridos, já que os híbridos são mais caros, apresentam menor porte, carecem de solos mais férteis, melhor preparo do solo, fertilizantes químicos, herbicidas, inseticidas, e são mais sensível aos veranicos que frequentemente acontecem nesta região. Após o ano 2000, incentivos a produção de milho para grão na região foi concedida por duas grandes empresas de Arapiraca, consumidoras do produto (Grupo Coringa e Luna Avícola) e com isso áreas comerciais foram implantadas, nestes nove anos, com exceção de 2003 que apresentou um longo período de estiagem, coincidindo com a fase crítica de exigência de água pela cultura (florescimento) e conseqüentemente uma grande frustração na safra, com perdas de até 100%. Em algumas áreas mais a oeste da sede do município, tem-se conseguido produtividades superiores a 6.0 t ha^{-1} em sistemas de produção bem conduzidos, utilizando-se sementes híbridas e até mesmo as cultivares melhoradas.

A produção de milho tem crescido no Estado de Alagoas, porém o consumo tem aumentado mais que a produção. A transformação desta situação somente poderá ser conseguida com o uso de tecnologia e orientação técnica segura no planejamento da semeadura e condução da cultura. A semeadura do milho deve ser planejada para que seja efetuado num período que a umidade do solo esteja suficiente para a germinação, desenvolvimento inicial e crescimento da cultura e que nas fases críticas de exigências de água pelas plantas a relação entre a evapotranspiração real e evapotranspiração de referência não abaixe de 0,5.

Este trabalho teve como objetivo determinar o período para semeio do milho na região de Arapiraca que apresenta ISH igual ou maior que 0,5 na época do semeio, 10 dias antes do florescimento e 10 dias após o florescimento com probabilidades do ISH igual ou superior a 80 %.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Considerações sobre planta, solo e manejo da cultura do milho

O milho (*Zea mays* L.) é uma gramínea originária da América, provavelmente da faixa tropical do hemisfério norte, da Argentina até o Canadá. Quando os europeus chegaram ao continente a encontrou. É uma das culturas mais antigas do mundo, havendo provas de que é cultivado há pelo menos 4.000 anos. Logo depois do descobrimento da América foi levado para a Europa, onde era cultivado em jardins até que, seu valor alimentício tornou-se conhecido. Passou então a ser plantado em escala comercial e espalhou-se desde a latitude de 58° norte (União Soviética) até 40° sul Argentina (Godoy, 2009).

O milho como a maioria das culturas de exploração econômica, necessita para seu bom desenvolvimento, de uma apropriada interação do conjunto de fatores edafoclimáticos. Embora o milho responda à interação de todos os fatores climáticos, pode-se considerar que a radiação solar, a precipitação e a temperatura são os elementos climatológicos de maior influência, pois atuam eficientemente nas atividades fisiológicas interferindo diretamente na produção de grãos e de matéria seca (Sans e Santana, 2007).

Na escolha de áreas adequadas ao cultivo do milho deve-se, dar atenção as principais características físicas do solo. São preferíveis áreas que apresentem solos de textura média, (15 a 35%) de argila, quando argiloso devem ser bem estruturados, com drenagem adequada e boa capacidade de retenção de água e nutrientes. Solos arenosos com menos de 15% de argila, devem ser evitados, já que apresentam baixa capacidade de retenção de água e nutrientes, perdem mais água por lixiviação e evaporação, tornando-se mais secos. Não escolher solos que apresentem a argila montmorilonita, pois estes solos apresentam forte coesão, prejudicando a infiltração de água e a penetração das raízes. Escolher solos profundos com mais de 1,0 metros de profundidade, pois as raízes do milho apresentam grande potencial para aprofundar-se. Em função da facilidade de mecanização e do melhor controle da erosão deve-se dar preferência aos solos planos ou suavemente ondulados, com no máximo 12,0% de declividade. Quanto à fertilidade o milho apresenta ampla adaptação aos vários níveis de fertilidade dos solos (Sans e Santana, 2007).

Através de vários estudos determinou-se que para as culturas anuais, entre elas o milho, na profundidade do solo de 0-60 cm é onde forma a zona de maior influência do sistema radicular destas plantas (Projeto Radambrasil, 1978),

A definição do manejo adotado para a cultura do milho é função dos tetos de produtividades almejadas. No Estado do Rio Grande do Sul, existem três pacotes tecnológicos propostos, para baixo, médio e alto nível tecnológico, objetivando expectativas de rendimento de grãos de menor que 3,0, de 3,0-6,0 e maior que 6,0 t ha⁻¹, respectivamente. As práticas culturais recomendadas em cada nível de manejo visam maximizar técnica e economicamente o desempenho da cultura (Sangoi, 2003). Na região de Arapiraca, também é praticado três tipos de manejo da cultura do milho, sendo que o baixo nível tecnológico é praticado por agricultores familiares para produção de grãos, e pecuaristas que interessam pela palha para produção de silagem. O médio e alto nível tecnológico é adotado para produção de grãos por agricultores de menor e maior poder econômico, respectivamente.

O processo de inovação tecnológica é estimulado pela necessidade de incrementar a produtividade dos fatores de produção. Nesse sentido, favorece o aparecimento de empresas e/ou setores líderes e a eliminação daqueles tradicionais (Cardoso, 2003). Tecnologia é a busca do conhecimento de como produzir e desenvolver instrumentos de trabalho, equipamentos e processos destinados a elevar a produção por esforço físico (humano) ou unidade de trabalho despendido e resolver problemas, buscando melhorar a qualidade de vida do homem (Baiardi, 2002). Já Bardy (2000), define tecnologia como uma sucessão de técnicas organizadas com certa lógica, configurando um processo de produção de um produto.

Os diferentes sistemas de manejo do solo têm a finalidade de criar condições favoráveis ao desenvolvimento das culturas. Todavia, o desrespeito às condições mais favoráveis (solo úmido – consistência friável) para o preparo do solo e o uso de máquinas cada vez maiores e pesadas para essas operações podem levar a modificações da sua estrutura, causando-lhe maior ou menor compactação, que poderá interferir na densidade do solo, na porosidade, na infiltração de água e no desenvolvimento radicular das culturas, e, conseqüentemente, reduzir sua produtividade (De Maria *et al*, 1999).

O planejamento do semeio começa com a compra da semente e demais insumos. O agricultor deverá planejar a melhor época de receber a semente e armazená-la adequadamente. É na ocasião do plantio que se obtêm uma boa ou ruim densidade, na qual se define o número de plantas por unidade de área, que tem papel importante no

rendimento de uma lavoura de milho. Temperatura, umidade e o tipo de solo são os fatores que condicionam a profundidade de plantio. O plantio deve ser mais superficial ao redor de 3 a 5cm em solos mais argilosos, que dificultam a emergência, ou quando a temperatura do solo é mais fria, em função da época ou da região. Em solos mais arenosos, a profundidade pode ser maior, variando de 5 a 8 cm, aproveitando as condições mais favoráveis de umidade do terreno.

A densidade de plantio tem papel importante no rendimento de uma lavoura de milho, uma vez que pequenas variações na densidade têm grande influência no rendimento final da lavoura. A densidade de plantio inadequada é uma das causas responsáveis pela baixa produtividade de milho no Brasil. A densidade ótima é, portanto, variável para cada situação, sendo basicamente dependente de três fatores: cultivar, disponibilidade de água e de nutrientes. Em termos genéricos, verifica-se que cultivares de ciclo mais curto exigem maior densidade de plantio em relação a cultivares de ciclo mais longo para expressarem seu máximo rendimento. A densidade recomendada pode variar de 40.000 a 70.000 plantas por hectare, sendo que para híbridos simples (50.000-70.000), híbrido triplo (45.000-60.000), híbrido duplo (40.000-55.000) e variedades (40.000-50.000) plantas por hectare.

O milho é uma cultura altamente exigente em elementos nutritivos e geralmente responde a altas adubações. Dentre os nutrientes destaca-se o nitrogênio ao qual a planta de milho reage mais sensivelmente a altos níveis (Filho e Cruz, 2006).

2.2 Agroclimatologia do milho

A temperatura do solo exerce grande influência no processo germinativo das sementes. Durante o período que compreende a semeadura à emergência, o solo deverá estar com temperatura acima de 10 °C e inferior a 42 °C sendo que as temperaturas entre 25 e 30 °C proporcionam as melhores condições para o desencadeamento dos processos germinativos e emergência das plântulas (Francelli e Dourado Neto, 2004). Em condições de campo a temperatura da superfície do solo é maior que a temperatura do ar, isso leva ao crescimento de folhas, já que até a emissão da oitava folha o meristema apical ainda se encontra dentro do solo (Didonet *et al*, 2009). O milho apresenta uma faixa ótima de temperatura do ar para cada fase do desenvolvimento e os efeitos são diferentes. Para Silva (2001) a cultura do milho necessita de temperaturas do ar entre 24 e 30 °C durante todo seu ciclo de desenvolvimento para expressar o máximo potencial de rendimento. Francelli e Dourado Neto (2004) consideram que durante a floração, temperatura média do

ar superior a 26 °C aceleram o desenvolvimento dessa fase e inferiores a 15,5 °C o retarda. Cada grau acima da temperatura média de 21,1 °C, nos primeiros 60 dias após a semeadura, pode acelerar o florescimento dois a três dias. Quando a temperatura é superior a 35 °C pode haver uma alteração na composição protéica dos grãos. Temperaturas acima de 33 °C durante a polinização reduzem a germinação do grão de pólen. Temperaturas noturnas superiores a 24 °C conduz a um aumento da respiração e conseqüentemente uma diminuição da taxa de fotoassimilados e, com isso, reduz a produção. Redução da temperatura abaixo de 15 °C ocasiona retardamento na maturação do grão. Quando submetido a baixas temperaturas a iniciação do pendão pode ocorrer em estágio mais precoce de desenvolvimento, e freqüentemente observa-se menor porte das plantas (Didonet, *et al*, 2009).

Em geral, as temperaturas ótimas para crescimento de milho estão entre 30 e 35 °C, e as temperaturas mínimas entre 6 e 10 °C. Didonet *et al* (2009) avaliando a influência da temperatura do ar na taxa de desenvolvimento do milho de ciclos diferentes, encontraram diferentes temperaturas basal para os híbridos superprecoce, precoce, e normal. Aparentemente o híbrido superprecoce apresenta maior capacidade de crescimento em temperaturas mais baixas, uma vez que sua temperatura basal foi cerca de 5,5 °C, enquanto que os híbridos precoce e normal apresentaram temperatura basal de 8,8 e 7,2 °C, respectivamente. A maioria dos genótipos modernos não se desenvolve em temperaturas inferiores a 10 °C, temperatura esta considerada com basal (Fracelli e Dourado Neto, 2004). A quantidade de temperatura acumulada é usada para classificar variedades e híbridos, e é normalmente calculada com base na média da temperatura acumulada acima de 10 °C durante a estação de crescimento (Didonet *et al*, 2009).

A produção de matéria seca das plantas depende da atividade da fotossíntese e este é o único processo biológico o qual aproveita a radiação solar (energia) para oxidar a água liberando oxigênio, indispensável para a manutenção da vida na terra, e ao mesmo tempo reduz o dióxido de carbono, absorvido durante o processo de transpiração das plantas, produzindo grandes compostos carbonados, chamados açúcares. Cerca de 90% da matéria seca produzida pelo milho provém da fixação de dióxido de carbono pelo processo da fotossíntese e apesar do milho apresentar uma alta eficiência na utilização da luz e do CO₂, por ser uma planta C₄, uma das causas da queda de produtividade é a deficiência de luz em períodos críticos do desenvolvimento, como o enchimento dos grãos. Duas características da planta de milho são responsáveis pela diminuição da eficiência das folhas, a arquitetura das folhas que da forma como são distribuídas no caule há um sombreamento das folhas

inferiores e a presença de pendão que logo após a polinização perde sua utilidade, mas fica sombreando até 19% das folhas (Recomendação Técnica para o Cultivo do Milho, 1997).

Outros fatores também podem contribuir para o aproveitamento da luz pelo milho. Francelli e Dourado Neto (2004) consideram que além do arranjo das folhas na planta, a distribuição espacial das plantas na área e a extensão de área foliar presente interferem diretamente no aproveitamento da luz pelas plantas. As cultivares de milho respondem de forma distintas as diferentes intensidades luminosas. As cultivares tardias são mais sensíveis a deficiências de luz de forma que 30 a 40% de redução da luminosidade ocasionam atraso na maturação dos grãos (Francelli e Dourado Neto, 2004). Durante as diferentes fases de desenvolvimento das plantas a luminosidade apresenta maior ou menor efeito sobre a produtividade da cultura do milho. A maior sensibilidade à variação de radiação ocorre no início da fase produtiva, ou seja, nos primeiros 15 dias após o pendoamento, tornando os grãos menos densos, outro efeito da deficiência de radiação nesta fase é o retardamento da maturação (Sans e Santana, 2007).

A duração dos dias e das noites afeta diretamente a fisiologia das plantas, germinação de sementes, floração, crescimento do caule, fototropismo, geotropismo, etc. que em resposta a um fotoperíodo crítico, reage adequando suas atividades metabólicas às condições ambientais. O milho é considerado uma planta de dias curtos, embora algumas cultivares tenham pouca ou nenhuma sensibilidade às variações do fotoperíodo (Silva, 2001). Para Francelli e Dourado Neto (2004), o milho é uma planta originalmente de dias curtos, embora os limites de horas de luz não sejam iguais nem estejam bem definidos para as diferentes cultivares.

A indução ao florescimento é o principal mecanismo de resposta do milho ao fotoperíodo, e determina a passagem da planta da fase vegetativa para a reprodutiva. A época preferencial de semeadura é aquela que faz coincidir a maior área foliar por planta com os dias mais longos do ano, quando não há limitação hídrica (Silva, 2001).

Fotoperíodo curto promove a iniciação do pendão, reduzindo o número de folhas, o mesmo efeito observado quando as plantas são submetidas a baixas temperaturas (Didonet *et al*, 2009). Já o aumento no número de horas de luz por dia alonga a fase vegetativa e conseqüentemente mais folhas a planta de milho emite. Entretanto, nas condições brasileiras o efeito do fotoperíodo na produtividade do milho é insignificante (Cruz, *et al*, 2008).

2.3 Condições Hídricas

A quantidade de água absorvida pelas plantas depende do tipo de solo, ou seja, da capacidade de retenção de água do solo, da profundidade efetiva de extração da solução do solo, da espécie cultivada e do estágio de desenvolvimento da planta. Nas regiões tropicais, a literatura tem mostrado que a maior parte das raízes está nos primeiros 30 cm de solos e as demais raízes raramente ultrapassam 60 cm (Sans e Santana, 2007).

Para efeito de estimativa de armazenamento de água disponível, assume-se o crescimento em profundidade do sistema radicular na camada de solo, responsável por cerca de 95% da evapotranspiração (camada de solo referente à zona ativa das raízes), denominada profundidade efetiva do sistema radicular (Manfron *et al*, 2003). A profundidade efetiva de raízes raramente ultrapassa 30 cm em regiões tropicais, podendo ir até abaixo de 1,0 m em regiões de clima temperado (Saad, 1991). Para Doorembos e Kassan (1994), as raízes do milho podem aprofundar-se até 2,0 m de profundidade. No entanto, cerca de 80% da água absorvida pelo sistema radicular mais ramificado, é extraída da camada superior de 0,8 a 1,0 metros. Além da umidade do solo o desenvolvimento das raízes pode ser influenciado pela estratificação estrutural e textural do solo, níveis de nutrientes, sais minerais e profundidade do lençol freático.

As espécies de plantas cultivadas apresentam grande variação, quando a adaptação a diferentes níveis de água no solo. Dados de vários locais e diferentes tipos de solos têm mostrado que a quantidade de água no solo não é limitante ao desenvolvimento da cultura do milho até quando o teor de água extraível for superior a 30% e, abaixo desse valor, o consumo relativo de água decresce linearmente (Sans e Santana, 2007).

As culturas de milho, mandioca e feijão, cultivadas em pequenas propriedades, é a atividade econômica mais importante na região de Arapiraca e a disponibilidade de água é o principal obstáculo para a produção agrícola. No Nordeste brasileiro, a água é o fator mais limitante à obtenção de elevadas produtividades agrícolas, de forma regular, ao longo dos anos e essa característica de variabilidade das condições climáticas faz com que, em alguns anos, o suprimento de água às plantas seja suficiente para atingirem altas produtividades, enquanto em outros anos pode levar à perda total das colheitas (Antonino *et al*, 2000).

O crescimento, desenvolvimento e translocação de fotoassimilados são dependentes da disponibilidade hídrica do solo e aliado a altas temperaturas (condição que proporciona

elevada taxa de evapotranspiração) o efeito torna-se mais pronunciado (Francelli e Dourado Neto, 2004).

Para a obtenção da produtividade potencial de grãos é necessário que a cultura durante todo o ciclo tenha água no solo suficiente para que a evapotranspiração seja governada apenas pelas condições ambientais. Uma forma de se avaliar o estado hídrico a que está submetida uma cultura é através da relação entre a evapotranspiração real (ETR) e a evapotranspiração de referência (ET_o), denominada coeficiente de cultura K_c (Antonino *et al*, 2000). Doorembos e Kassan, (1994) apresentaram valores de K_c para a cultura do milho em grãos para os seguintes estágios de crescimento: inicial, 0,3 – 0,5 (15 a 30 dias); desenvolvimento, 0,7 – 0,85 (30 a 45 dias); intermediário, 1,05 – 1,2 (30 a 45 dias); final, 0,8 – 0,9 (10 a 30 dias) e, na colheita, 0,55 – 0,6.

O milho é uma cultura que aproveita a água eficientemente e entre os cereais é potencialmente o de maior rendimento de grãos. Dependendo do clima, com utilização de 500 a 800 mm de água pode-se obter produtividade máxima de grãos (Doorembos e Kassan, 1994). Para Sans e Guimarães (2008) a cultura exige um mínimo de 350-500 mm para que produza sem necessidade de irrigação.

Na cultura do milho, em condições de clima quente e seco, o consumo de água raramente excede 3,0 mm d⁻¹, quando a planta apresenta em torno de 30 cm de altura e, no período que vai da iniciação floral a maturação, pode atingir valores de 5,0 a 7,0 mm d⁻¹ (Sans e Santana, 2007).

Quando a evapotranspiração máxima situa-se entre 5,0 e 6,0 mm/dia a água disponível no solo pode baixar até 55%, e essa condição conduz a uma pequena redução no rendimento. O desenvolvimento rápido e mais profundo das raízes pode ser obtido com o esgotamento um pouco maior da água durante os períodos iniciais de crescimento. A ocorrência de moderadas deficiências de água, no início do desenvolvimento da cultura, pode concorrer para estimular um maior desenvolvimento radicular das plantas, desde que o solo, abaixo de 20 cm da superfície, tenha água armazenada e disponível para as plantas (Manfron *et al*, 2003).

O uso da água pelas culturas é função das características físico-hídricas do solo e da demanda de água pela atmosfera. Portanto, a interação clima e solo têm um papel primordial no processo produtivo de uma cultura. Enquanto o conteúdo de água no solo não atinge um teor crítico que, para a cultura do milho, está em torno de 30% da água extraível, o que governa o consumo de água pela cultura são as condições climáticas. A

partir desse limite crítico, o que define o consumo são as condições físico-hídricas do solo (Sans e Santana, 2007).

Os processos ligados à fotossíntese, transpiração, evaporação e respiração dependem diretamente da energia disponível no ambiente, popularmente chamada de calor (Francelli e Dourado Neto 2004).

O conhecimento de como as plantas utiliza a água do solo e de como respondem aos níveis de armazenamento, a partir do balanço hídrico, pode ser uma saída viável para o estabelecimento de estratégias eficazes de manejo visando ao melhor uso possível das reservas de água no solo pelas culturas (Cintra *et al*, 2000).

O balanço hídrico é uma ferramenta usada para avaliar a entrada e saída de água do solo e definir períodos mais prováveis de disponibilidade hídrica adequada às culturas, está relacionado com os fatores que o compõe evapotranspiração, precipitação, drenagem interna ou ascensão capilar e com as características da planta, principalmente a fenologia, pois seu conhecimento é necessário para a interpretação correta dos resultados do balanço (Cintra *et al*, 2000).

Para o cálculo do balanço hídrico das culturas, é necessário registrar as entradas de água no solo via precipitação e/ou irrigação e as saídas por drenagem interna, evapotranspiração e deflúvio, num volume de solo, baseado na configuração do sistema radicular da cultura considerada, em um determinado período de tempo. Quando a quantidade de água que entra é maior que a que sai o balanço é positivo, quando menor o balanço é negativo e ambos são medidos pela variação do armazenamento de água no perfil do solo no período considerado (Libardi, 1995).

Maluf *et al* (2001) com o objetivo de delimitar áreas com menor risco de ocorrência de déficit hídrico em diferentes épocas de semeaduras do milho, utilizaram balanços hídricos diários e para este levou em consideração a interação clima x híbrido/cultivar x época de semeadura x tipo de solo. Os resultados evidenciaram a existência de áreas com menor risco climático para semeadura de milho, e que essas áreas apresentam variações de acordo com o ciclo do híbrido/cultivar, com o tipo de solo e com a época de semeadura.

Nullett e Giambelluca (1988) apresentaram um modelo de análise de risco de seca agrícola no qual definiram secas em termos de número de dias sucessivos durante o qual a relação AE/PE permanece abaixo de um valor limite, que para a cultura do milho é de 0.5. Basearam-se na relação AE/PE numa série de tempo e em determinadas magnitudes e duração.

A relação AE/PE é muito utilizada para medir a redução do rendimento das culturas e sua duração determina o nível de redução e os danos à qualidade do produto comercial. Culturas sensíveis ao estresse toleram apenas altas relações, enquanto que culturas tolerantes toleram baixas relações de AE/PE (Doorembos e Kassan, 1979).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Experimentos de Campo

Os experimentos com a cultura do milho foram conduzidos na zona rural de Arapiraca – AL. Na Fazenda São José no Povoado Vila São José (09° 46' 27'' S, 36° 33' 40'' W, e 246 m), em um solo de textura média/argilosa (Figura 1).



Figura 1. Experimento com a cultivar de milho BR106 na Fazenda São José, Arapiraca - Alagoas.

Foram retiradas amostras de solo nas profundidades de 0-15, 15-30, 30-45 e 45-60 cm e suas características físicas (densidade do solo e granulométrica) e as químicas (macro e micronutrientes) podem ser visualizadas na Tabela 1 conforme EMBRAPA (1997).

Tabela 1. Resultados das análises físicas e químicas do solo da Fazenda São José - Arapiraca Alagoas

Determinações	Profundidade (cm)			
	0-15	15-30	30-45	45-60
Areia grossa (g kg ⁻¹)	240	220	220	240
Areia fina (g kg ⁻¹)	450	410	330	280
Silte (g kg ⁻¹)	90	70	140	350
Argila (g kg ⁻¹)	220	300	310	130
Densidade do solo (mg m ⁻³)	1,54	1,64	1,58	1,64
Densidade de partícula (mg m ⁻³)	2,52	2,63	2,65	2,59
pH em água	5,1	4,4	4,3	4,6
Na (mg dm ⁻³)	14	09	08	07
P (mg dm ⁻³)	27	09	03	02
K (mg dm ⁻³)	142	92	69	88
Ca (cmolc dm ⁻³)	2,00	1,60	1,20	1,50
Mg (cmolc dm ⁻³)	1,60	1,20	1,20	0,90
Al (cmolc dm ⁻³)	0,12	0,88	1,1	0,58
H + Al (cmolc dm ⁻³)	4,30	4,70	3,50	3,30
S (cmolc dm ⁻¹)	4,02	3,08	2,61	2,66
C.T.C a pH 7,0 (%)	8,32	7,78	6,11	5,96
V (%)	48	40	43	45
M (%)	23	22	30	18
PST (%)	0,7	0,5	0,6	0,5
Mat. Org. total (g kg ⁻¹)	11,3	6,7	5,0	4,7
Cobre (mg dm ⁻³)	2,2	3,1	4,0	4,7
Zinco (mg dm ⁻³)	4,5	2,0	1,4	2,9
Manganês (mg dm ⁻³)	91,7	49,8	36,1	114,6
Classificação	FAA	FAA	FAA	AA

FAA: Franco-arililoarenosa; AA: Argiloarenosa

O ensaio de campo ocupou uma área de aproximadamente 6.000 m², sem divisão de parcelas, o preparo do solo constitui-se de duas gradagens, sendo a primeira com grade aradora e a segunda com grade niveladora. O semeio foi realizado em 04 de junho de 2005 com o cultivar de milho BR 106 da Embrapa, as linhas de plantas foram espaçadas entre si em 0,8 m e entre plantas em 0,20 m, totalizando aproximadamente 62.500 sementes por hectares. As adubações de fundação e cobertura foram feitas com base na recomendação de adubação para a cultura do milho no estado de Pernambuco e estas foram 30 kg de N ha⁻¹, 66 kg de P₂O₅ ha⁻¹ e 36 kg de K₂O ha⁻¹ em fundação colocada no fundo do sulco e incorporada ao solo e 100 kg de uréia ha⁻¹ em cobertura sendo 50% aos 21 dias e 50% aos 42 dias após o semeio. As ervas daninhas foram controladas utilizando-se atrazine+alachlor (Boxer) 7,0 L ha⁻¹ do p.c., aplicado imediatamente após o termino do semeio. As pragas foram controladas utilizando-se os produtos comerciais Lannate e

Match nas doses recomendadas pelos fabricantes, sempre que o nível de infestação de pragas estava próximo de causar danos a cultura.

Na fazenda Santa Bernadete, no Povoado Péleve (09° 38' 35'' S, 36° 40' 15'' W, 251 m), os experimentos foram montado em um solo de textura arenosa/média para as profundidades de 0-15, 15-45 e 45-60 cm, Figura 2.



Figura 2. Experimento com a cultivar de milho BR106 na Fazenda Santa Bernadete, Arapiraca - Alagoas.

Amostras dos solos foram retiradas no perfil de 0-15, 15-30, 30-45 e 45-60 cm de profundidade e suas características físicas (densidade do solo e granulométrica) e as químicas (macro e micronutrientes) podem ser visualizadas na Tabela 2.

Tabela 2. Valores das características físicas e químicas do solo da fazenda Santa Bernadete - Arapiraca Alagoas.

	Profundidade			
	0-15	15-30	30-45	45-60
Areia grossa (g kg ⁻¹)	670	590	540	450
Areia fina (g kg ⁻¹)	190	200	210	200
Silte (%)	30	30	50	50
Argila (%)	110	180	200	300
Densidade do solo (mg m ⁻³)	1,64	1,74	1,64	1,71
Densidade de partícula (mg m ⁻³)	2,59	2,58	2,61	2,61
pH em água	6,6	6,6	6,7	6,3
Na (mg dm ⁻³)	33	33	16	16
P (mg dm ⁻³)	207	93	98	42
K (mg dm ⁻³)	66	30	23	3,4
Ca (cmolc dm ⁻³)	3,30	2,70	2,60	2,10
Mg (cmolc dm ⁻³)	1,20	0,90	1,40	1,30
Al (cmolc dm ⁻³)	0,03	0,05	0,04	0,06
H + Al (cmolc dm ⁻³)	1,20	0,90	1,30	1,30
S (cmolc dm ⁻³)	4,81	3,82	4,13	3,57
C.T.C. efetiva	4,84	3,87	4,17	3,63
C.T.C. a pH 7,0	6,01	4,72	5,43	5,27
V (%)	80	81	76	68
PST (%)	2,4	3,1	1,3	1,3
Mat. Org. total (g kg ⁻¹)	10,6	5,3	3,7	5,0
Cobre (mg dm ⁻³)	1,5	0,3	0,6	0,1
Zinco (mg dm ⁻³)	10,9	0,9	0,6	0,1
Manganês (mg dm ⁻³)	12,8	0,5	0,15	0,3
Classificação	AF	FA	FAA	FAA

AF: Areia-franca; FA: Franco-arenosa; FAA: Franco-argiloarenosa

Os ensaios de campo da Fazenda Santa Bernadete foram implantados em 02/06/2005, 08/06/2006 e 13/06/2007 utilizando a cultivar BR 106, já que os híbridos predominam apenas, em sistemas de produção onde o uso de insumos modernos é uma constante (Carvalho (2005)). O delineamento experimental utilizado foi bloco ao acaso, com três repetições, as parcelas constituíram-se de quatro linhas de cinco metros de comprimento, espaçadas entre si em 0,8 m, e as sementes espaçadas em 0,2 m, totalizando aproximadamente 62.500 sementes por hectare. A adubação de fundação constituiu-se de 300 kg ha⁻¹ da fórmula 10-20-20 no fundo do sulco e incorporado ao solo antes do semeio, a adubação de cobertura foi realizada 30 dias após a emergência das plantas, utilizando-se 80 kg ha⁻¹ de N, 30 kg ha⁻¹ de K₂O. Utilizou-se o controle químico de ervas daninhas com atrazine+alachlor (Boxer) 7,0 L ha⁻¹ do p.c. aplicado imediatamente após o termino do semeio. As pragas foram controladas utilizando-se o produto comercial (Lannate) na dosagem recomendada pelo fabricante, sempre que o nível de infestação de pragas estava próximo a causar danos á cultura.

3.2 Graus-dia

Graus-dia é definido como a diferença entre a temperatura média diária e a temperatura mínima ou temperatura base exigida por uma espécie (Vila Nova, 1972 apud Francelli e Dourado Neto, 2004). Para o cálculo dos graus-dia foram utilizados os dados meteorológicos, temperatura máxima e mínima do ar da estação climatológica do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) obtidos da estação climatológica de Palmeira dos Índios, região agreste de Alagoas, com semelhanças climáticas dos dois locais de interesse. Palmeira dos Índios dista aproximadamente 40 km dos locais. Assim, como não dispunha de uma série de temperaturas do ar de uma estação mais próxima da região em estudo, realizou-se uma análise de correlação com medidas de temperatura do ar de dois anos simultâneos (2005 e 2006) dos locais de interesse. A correlação indicou um fator multiplicativo de 0,9843 das temperaturas do ar da estação de Palmeira dos Índios com relação às de Arapiraca, com um coeficiente de correlação de 0,95.

O cálculo da soma térmica, em graus-dia, foi feito com base em:

$$GD = \sum_{i=1}^n (T_m - T_b) \quad (01)$$

em que: GD, é o total de graus-dia acumulado; T_m é a temperatura do ar média diária (°C); T_b é a temperatura-base (°C); n é o número de dias do período de semeadura-colheita ou fase fenológica.

O valor considerado como temperatura-base foi de 10 °C seguindo recomendação de Francelli e Dourado Neto (2004) que consideram que para a maioria dos materiais modernos a temperatura basal é de 10 °C.

Para determinar a temperatura média diária da estação climatológica de Palmeira dos Índios, foram utilizados dados de temperatura máxima e mínima diária dos anos 1978, 1984, 1985, 1987, 1995, 1997, 2004, 2005 e 2006 dos meses que corresponde à estação chuvosa.

Os graus-dia foram determinados no período que compreende a semeadura e o florescimento. Já que o estágio de florescimento é o de maior importância para determinação do calendário de cultivo, tendo em vista ser este o estágio do ponto crítico de exigência hídrica pela cultura.

3.3 Evapotranspiração de referência (ET_o)

A evapotranspiração de referência (ET_o) foi obtida através do método de Penman-Monteith-FAO (Allen *et al.*, 1998), conforme a equação a seguir:

$$ET_o = \frac{0,408 \Delta (R_n - G) + \left(\gamma \frac{900}{T + 273} \right) u_2 (e_s - e)}{\Delta + \left[\gamma (1 + 0,34 u_2) \right]}, \quad (02)$$

em que: 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), u² é a velocidade do vento a 2 m e altura (m s⁻¹); e_s é a pressão de saturação do vapor d'água do ar (kPa); e é a pressão do vapor d'água do ar (kPa), Δ é a derivada da curva de pressão de saturação do vapor d'água do ar versus temperatura média do ar (kPa °C⁻¹), γ é o coeficiente psicrométrico (kPa °C⁻¹), 900 é um valor obtido dos ajustes da evapotranspiração de uma planta qualquer para cultura de referência (grama). Maiores detalhes encontra-se em Allen (1998).

3.4 Evapotranspiração real (ET_r)

A Evapotranspiração Real (ET_r) foi obtida através da equação utilizado por Nullett e Giambelluca (1988), como,

$$ET_r = ET_o \text{ quando } AD \geq PC \quad (03)$$

ou

$$ET_r = AD \left[1 - \exp \left(-\frac{ET_o}{PC} \right) \right], \text{ quando } AD < PC \quad (03)$$

em que: AD é a real água disponível (mm), PC é o ponto crítico (sendo este igual a 50 % CAD), CAD é a total capacidade de armazenamento de água disponível. A CAD encontrada para a Fazenda São José foi de 57,0 mm e para Fazenda Santa Bernadete foi de 51,0 mm, considerando uma profundidade efetiva de raízes de 0,60 m.

Balancos hídricos diários foram produzidos para o período de 1971 a 2007, utilizando dados de precipitação pluvial (obtidos da estação climatológica na (EPEAL), ET_o e CAD. Qualquer valor acima da CAD foi considerado excesso de água. O balanço

hídrico teve início no primeiro ano de dados, no mês de maior suprimento hídrico (junho), quando se considerou o solo com a CAD. Assim calculou-se uma série de AD diárias e os respectivos valores diários de ETr.

3.5 Índice de satisfação hídrica

O cálculo do Índice de Satisfação hídrica (ISH) diário foi calculado pela relação E_{Tr}/E_{To} (para o período de 1971-2006), onde qualquer valor igual ou maior que 0,5 para a cultura do milho, não importaria estresse hídrico a cultura, ou seja, uma depleção na disponibilidade de água nessa magnitude, não causaria diminuição na produtividade da cultura do milho (Nullett e Giambelluca 1988).

Com os dados de ISH diários (para o período de 1971-2007) fez-se distribuição de frequência, adotando-se intervalos de classe (0,1) e seus valores foram transformados em probabilidade para períodos pentadiais (5 dias). Seus valores foram usados para mostrar variação das probabilidades do início ao final da estação chuvosa (01/03 a 31/09). Essa mesma distribuição de frequência foi dividida em apenas dois intervalos de classe (menores que 0,5 e maiores que 0,5), e seus valores foram transformados em probabilidades para períodos pentadiais, para definir as datas de semeio simuladas com $ISH \geq 0,5$, associados as probabilidades igual ou maior que 80 %. Esse mesmo critério foi adotado para períodos descendias (10 dias), para o período crítico de exigência de água pela cultura (10 dias antes do florescimento e 10 dias depois).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Características hídricas

À avaliação das precipitações pluviais anuais no período de 1971 a 2007, na região agreste de Alagoas, apresenta grande variação em seus volumes, com mínima de 473 mm no ano de 1993 e máxima de 1259 mm em 1988 as quais apresentam uma amplitude de variação de 786 mm. No período estudado, quatorze anos tiveram precipitações bem abaixo da média anual (869,41 mm) do período, nove anos tiveram volumes acima e sete anos apresentaram valores muito próximos da média anual (Figura 3).

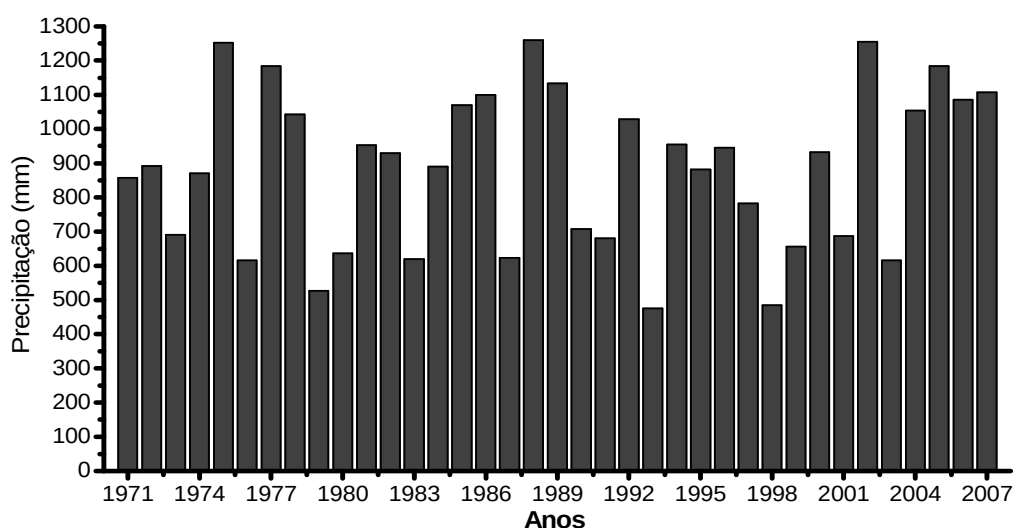


Figura 3. Distribuição anual das precipitações pluviais do período de 1971 a 2007, em Arapiraca-Alagoas.

O total anual acumulado das precipitações pluviométricas pluviais de Arapiraca (Figura 4) mostra que essa informação não é tão importante para a identificação de áreas ou regiões adequadas ao cultivo de plantas, cuja necessidade de água é conhecida. Observa-se que em 1992, a precipitação acumulada de Arapiraca foi (1028,1 mm) muito superior a média histórica do período de 1971 a 2007 de (869,41 mm). Dos 1028,1 mm precipitou apenas 314,8 mm durante os meses de maio a agosto. Já no ano de 1993 o total anual acumulado de precipitação foi de 474,9 mm e no período de maio a agosto precipitou 325,1 mm, ou seja, em 1993 precipitou apenas 46,19 % do total acumulado de 1992 e as precipitações de maio a agosto superou em 3,27 % as precipitações de 1993. Observa-se

também, que em 1981 a precipitação total foi de 952,6 mm e que no período maio a agosto precipitou somente 195,6 mm, conclui-se que este volume de água é insuficiente para que a cultura do milho possa expressar seu potencial produtivo, mesmo que o volume de 195,6 mm fossem bem distribuído ao longo do ciclo da cultura.

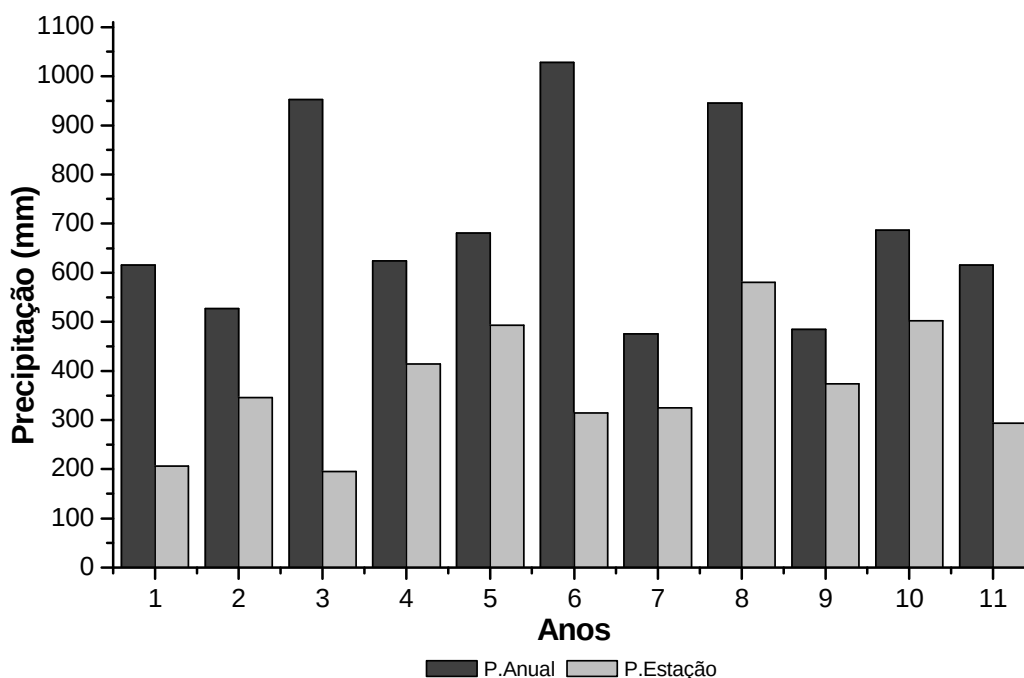


Figura 4. Distribuição anual e de maio a agosto das precipitações (P) dos anos 1 (1976), 2 (1979), 3 (1981), 4 (1987), 5 (1991), 6 (1992), 7 (1993), 8 (1996), 9 (1998), 10 (2001) e 11 (2003) de Arapiraca-Al.

A variação da evapotranspiração de referência média (ET_o) em relação a precipitação pluvial média é notória ao longo do ano na região do agreste (Figura 5). Durante a estação chuvosa, que inicia-se no segundo decêndio de abril (11 a 20/04) quando a precipitação supera a ET_o, e, termina no último decêndio de agosto (21 a 31/08) quando a ET_o supera as precipitações. Os maiores valores de ET_o são de aproximadamente 3,2 mm/dia para o início da estação de cultivo e de 2,5 mm/dia para o final da estação de cultivo. Os menores valores, de aproximadamente 1,8 mm/dia, ocorrem no final de junho. Se for considerado como início da estação de cultivo quando as precipitações superarem metade da ET_o, seu início acontece no primeiro decêndio de abril (01/04), uma semana antes da superação de 100 % da ET_o.

A partir do segundo decêndio de abril (11 a 20/04) começa a ter excesso de água no solo já que os volumes de precipitação diários superam os valores de ET_o. As maiores

precipitações ocorrem no último decêndio de junho coincidindo com o período que apresenta os menores valores de ETo, tendo como consequência excedente de água, que é perdida por escoamento superficial ou drenagem profunda, quando a capacidade máxima de armazenar de água do solo é atingida. Isso é função das características físicas tais como quantidade e tipo de argila e nível de estruturação dos agregados do solo como também da profundidade do sistema radicular efetivo que para o milho é de 0,6 m (Sans e Santana, 2007).

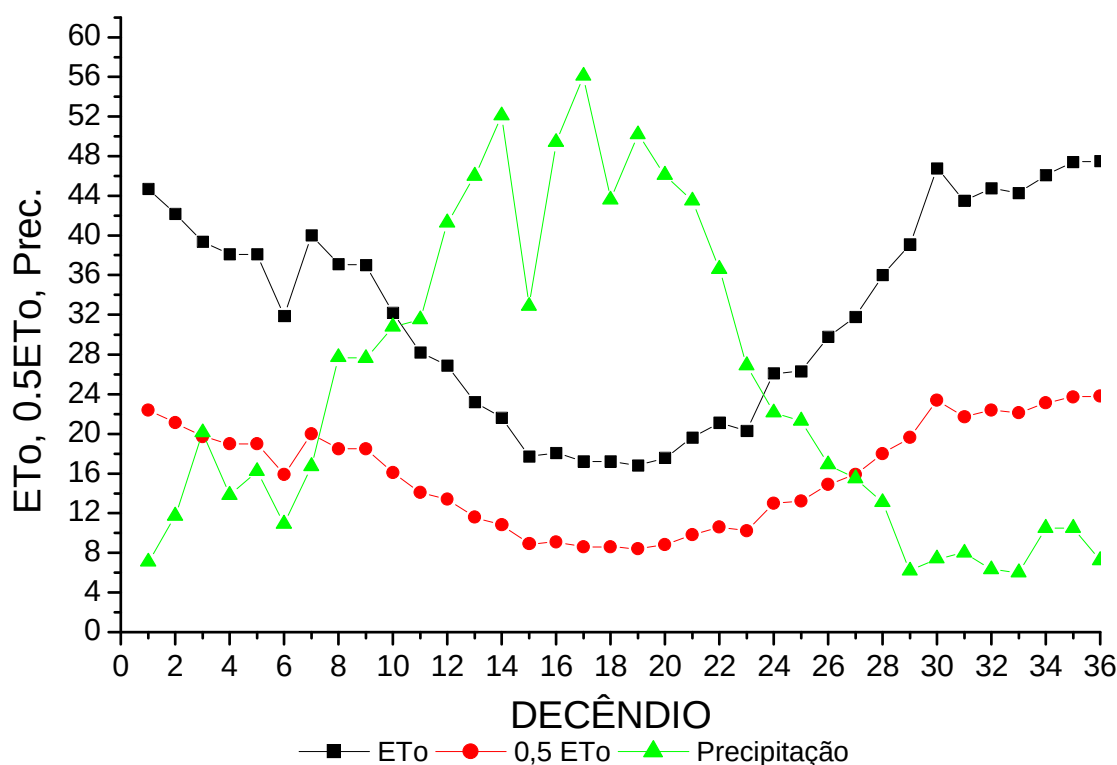


Figura 5. Evapotranspiração de referência (ETo), metade da Evapotranspiração de referência (0,5 ETo) e precipitação decendial na região de Arapiraca-AL.

4.2 Condições térmicas da região e da cultura

A temperatura do ar é o fator climático mais determinante das diferentes fases fenológicas das culturas agrícolas e seus ciclos. A quantidade de dias para as diferentes culturas completarem seus ciclos é função principalmente da temperatura do ar. Através da Figura 6, para qualquer data escolhida para o semeador da cultura do milho, pode-se estabelecer as datas de seus respectivos estágios fenológicos. A possibilidade de previsão das datas de ocorrência dos estágios fenológicos do milho, permite que o agricultor programe os semeados, para que as fases de maior sensibilidade ao déficit hídrico (floração), ocorra quando as probabilidades do ISH estejam acima de 80%.

A curva de graus-dia acumulados para a região, no período que compreende 01 de março e 08 de outubro (Figura 6), pode ser dividida em três períodos: a) de 01 de março a 10 de junho. Este período apresenta temperatura máxima 26,0 °C, mínima 23,1 °C e média 25,0 °C. Caracteriza-se por apresentar temperaturas mais elevadas no início e menores valores no final do período. b) entre 11 de junho e 03 de setembro. Essa fase apresenta valores menores de temperaturas com máximas 23,1 °C, mínimas 21,4 °C e médias 22,2 °C, e, coincide com os meses de maior incidência de precipitações. As quais contribuem para as menores temperaturas e consequentemente o milho semeado nesse período necessitará de mais dias para completar suas fases fenológicas. c) Período que vai de 04 de setembro a 08 de outubro os valores de temperaturas máximas 25,1 °C, mínimas 22,6 °C e médias 23,7 °C apesar de serem maiores que os valores do período (b) não alcançam os patamares do período (a) podendo ser explicado em função de setembro ser um mês em que ainda ocorrem volumes de precipitação razoáveis até final do segundo decêndio.

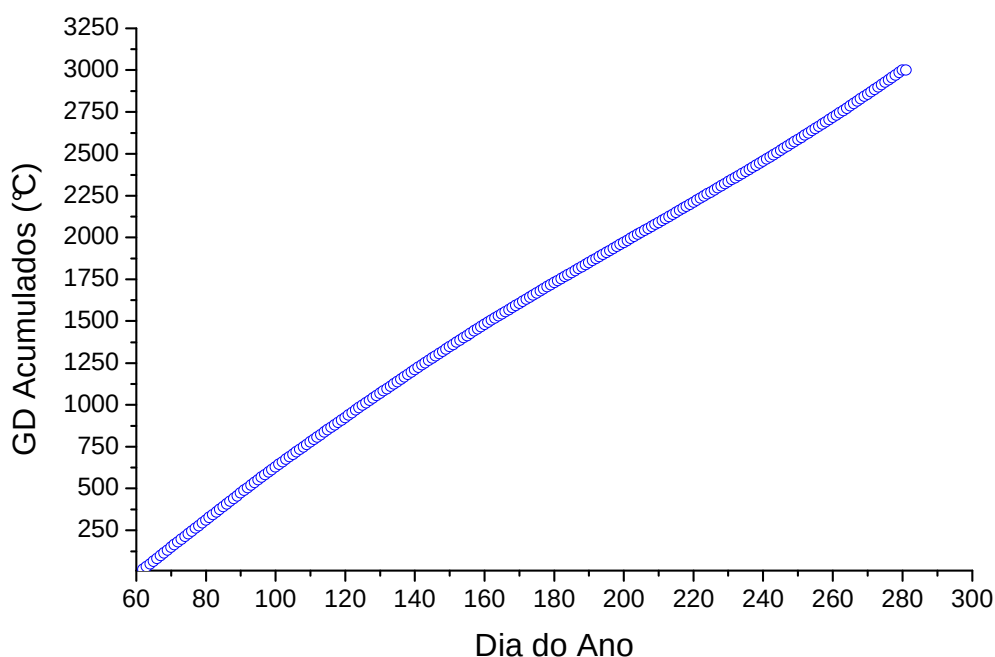


Figura 6. Dias para o florescimento do milho na região de Arapiraca e acúmulo de graus-dia (GD) pentadial em função das datas de semeio (DJ).

Para a cultivar de milho BR 106 foram necessários aproximadamente 758 graus-dia acumulados para completar a fase 04 que se caracteriza pelo florescimento masculino (emissão do pendão) na região de agreste de Alagoas.

Semeando-se o milho no terceiro período pentadial (11-15/04) de abril, época que marca o início da estação chuvosa na região agreste, esta cultivar de milho levaria apenas

48 dias para completar a fase de florescimento ao passo que se semeando no primeiro período pentadial (01-05/06) de junho a mesma cultivar de milho levaria 53 dias para seu florescimento, isto ocorre porque há uma diminuição da temperatura do ar com a intensificação das chuvas, levando a um menor saldo de temperatura por dia e consequentemente o alongamento do ciclo da cultura. A partir do quinto período pentadial (20-25/07) do mês de julho acontece um aumento progressivo da temperatura média e em consequência maior graus-dia (Figura 7).

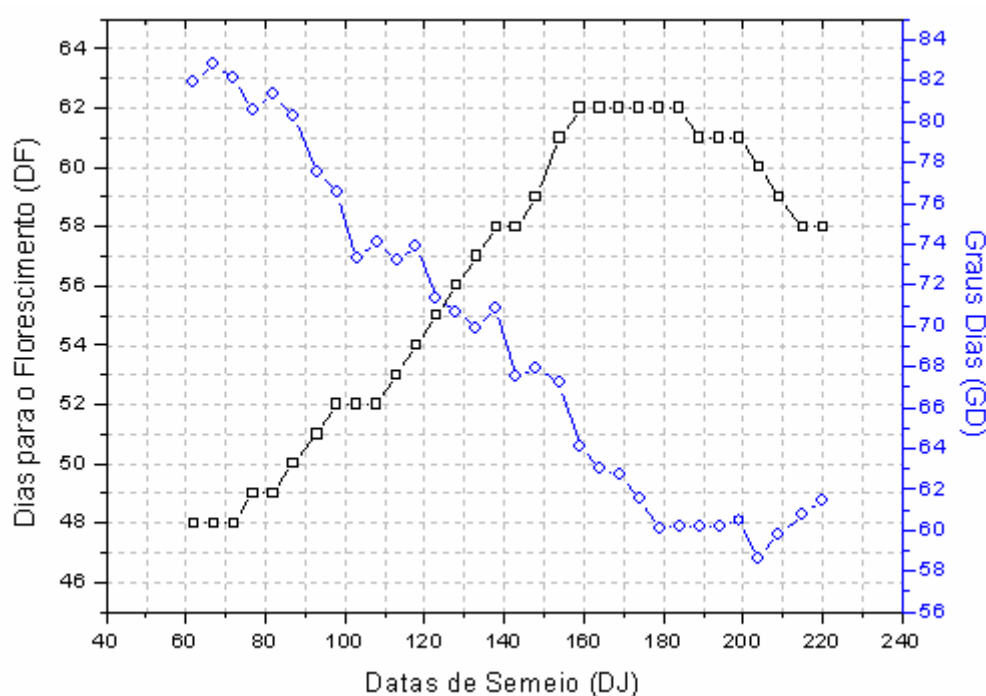


Figura 7. Dias para o florescimento do milho na região Agreste de Alagoas e acúmulo de graus-dia (GD) período pentadial em função das datas de semeio (DJ).

4.3 Índice de Satisfação Hídrica

Nas condições de solo e precipitação pluvial da Fazenda São José, durante o mês de março, a menor probabilidade do ISH (20%), ocorreu no primeiro (01-05/03) e segundo (06-10/03) períodos pentadiais (Figura 8A e 8B) e sua maior probabilidade (42%) foi observada no sexto período pentadial (26-31/03) [Figura 8F]. No terceiro período pentadial (11-20/03) a probabilidade foi de 22% (Figura 8C) e no quarto e quinto períodos pentadiais (16-25/03) as probabilidades foram de 23% (Figura 8D e 8E). As probabilidades foram crescentes a medida que se desloca do primeiro (01-05/03) para o sexto período pentadial

(25-31/03) de março Este primeiro mês da estação chuvosa apresenta probabilidades para o ISH, inferiores a 80%, e portanto, não se mostra apropriado para o semeio do milho.

As condições hídricas no mês de abril foram superiores as de março. Portanto, as probabilidades do ISH foram iguais ou maiores em todos os períodos pentadiais (01-30/04). A menor probabilidade do ISH (42%) ocorreu no segundo período pentadial (06-10/04) [Figura 9B], sendo esta igual à probabilidade do ISH no último período pentadial de março (25-31/03). O primeiro período pentadial (01-05/04) de abril apresentou probabilidade para o ISH mais elevada (47%) que o segundo período pentadial (06-10/04) que foi de 42%. No terceiro (11-15/04), quarto (16-20/04), quinto (21-25/04) e sexto (26-30/04) períodos pentadiais, as probabilidades do ISH foram, 49, 54, 54 e 60%, respectivamente (Figura, 9C,-9F). Excluindo-se o primeiro período pentadial, que apresentou valor superior ao segundo período pentadial, as probabilidades são crescentes no período que compreende o terceiro e sexto períodos pentadiais (11-30/04). Estas probabilidades de ocorrência de ISH permanecem abaixo dos 80 % que é considerada neste trabalho como confiável para realização do planejamento de semeio do milho.

O mês de maio pode ser dividido em duas partes, a primeira apresenta probabilidades do ISH no intervalo de 60 a 70%, sendo constituída pelo primeiro (01-05/05), segundo (06-10/05) e terceiro (11-15/05) períodos pentadiais e suas probabilidades são 68, 68 e 69%, respectivamente, (Figuras 10A-10C). A segunda parte apresenta ISH dentro do intervalo de 70-80% sendo formados pelo quarto (16-20/05), quinto (21-25/05) e sexto (26-31/05) períodos pentadiais e suas probabilidades são 72, 73 e 74%, respectivamente (Figuras 10D-10F). Este mês apresenta probabilidades de ocorrência de ISH inferiores a 80 %. Entanto, essa moderada depleção na disponibilidade de água do solo na fase inicial de desenvolvimento da cultura proporciona maior desenvolvimento do sistema radicular das plantas (Manfron *et al*, 2003), dotando as plantas de maior capacidade de extração de água do solo, em possíveis períodos de veranicos nas fases fenológicas futuras, especialmente, em períodos críticos de exigência hídricas. Através de avaliação práticas de campo pode-se observar que o solo nesta condição apresenta umidade adequada ao seu preparo, pois, permite a entrada de máquinas para preparo e semeio do milho, sem que haja compactação do solo por excesso de umidade.

Em junho as probabilidades de ocorrência do ISH oscilam de 81% no primeiro período pentadial (01-06/06), [Figura 11A] a 96% no sexto período pentadial (25-30/06), [Figura 11F] Para o segundo (06-10/06), terceiro (11-15/06), quarto (16-20/06) e quinto (21-25/06) períodos pentadiais suas probabilidades foram de 89, 94, 92 e 94%,

respectivamente (Figuras 11B-11E). Durante todo o mês de junho as probabilidades do ISH são superiores a 80%, indicando que é um mês apropriado para o semeio do milho, já que as probabilidades mostram que para cada dez anos analisados o ISH esteve oito a nove anos, igual ou maior que 0,5.

Durante todo o mês de julho as probabilidades de ocorrência de ISH, são superiores a 90% (Figura 12A-12F). As probabilidades do ISH para o primeiro (01-05/07), segundo (06-10/07), terceiro (11-15/07), quarto (16-20/07), quinto (21-25/07) e sexto (26-30/07) períodos pentadiais foram, 82, 88, 94, 93, 94 e 96%, respectivamente. Estes dados indicaram que a umidade do solo quase sempre estava suficiente para o semeio e que a cada dez anos, em apenas um, o solo apresentou ISH abaixo de 0,5.

O mês de agosto apresenta probabilidade de ocorrência de ISH, superiores a 90% (Figura 13A-13F) sendo que o terceiro período pentadial (11-15/08) apresenta 100% (Figura 13C). O primeiro (01-15/08), segundo (06-10/08), quarto (16-20/08), quinto (21-25/08) e sexto (26-31/08) períodos pentadiais apresentaram probabilidades para o ISH de 98, 99, 96, 91 e 91%, respectivamente. Nos meses de junho, julho e agosto as probabilidades do ISH foram maiores que 80% e com valores de ISH muito próximos de (1,0), esta condição de umidade do solo refletem a dificuldade dos agricultores para preparo dos solos, e em alguns casos até mesmo para fazer o semeio utilizando semeadora a tração tratorizada, principalmente em solos argilosos.

O último mês da estação chuvosa da região de agreste de Alagoas é setembro e somente o primeiro período pentadial (01-05/09) apresenta probabilidade do ISH superiores a 80% (Figura 14A). O segundo (06-10/09), terceiro (11-15/09), quarto (16-20/09), quinto (21-25/09) e sexto (26-30/09) períodos pentadiais apresentaram probabilidades do ISH de 79, 66, 52, 47 36%, respectivamente. Estes valores de probabilidades do ISH decrescentes indicam que setembro é o mês de transição da estação chuvosa para a estação seca. Na fazenda São José, do primeiro período pentadial de junho ao primeiro período pentadial de setembro as probabilidades do ISH são superiores a 80%. Este período, portanto apresenta umidade adequada para semeio do milho.

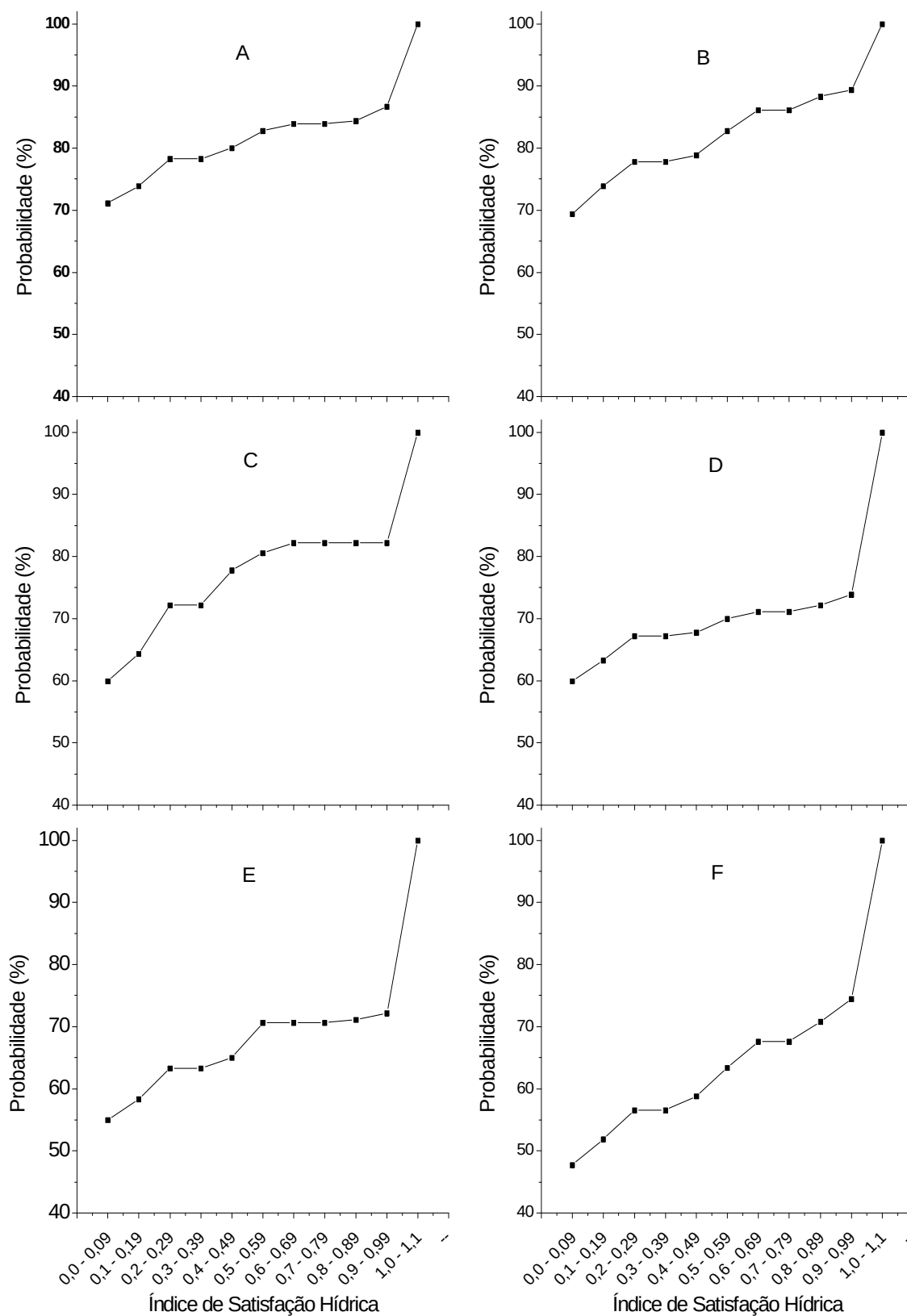


Figura 8. Probabilidades associadas com o Índice de Satisfação Hídrica (ISH), nos pentadiais, (A) 01-05, (B) 06-10, (C) 11-15, (D) 16-20, (E) 21-25 e (F) 26-31, mês de março, Fazenda São José, Arapiraca-AL.

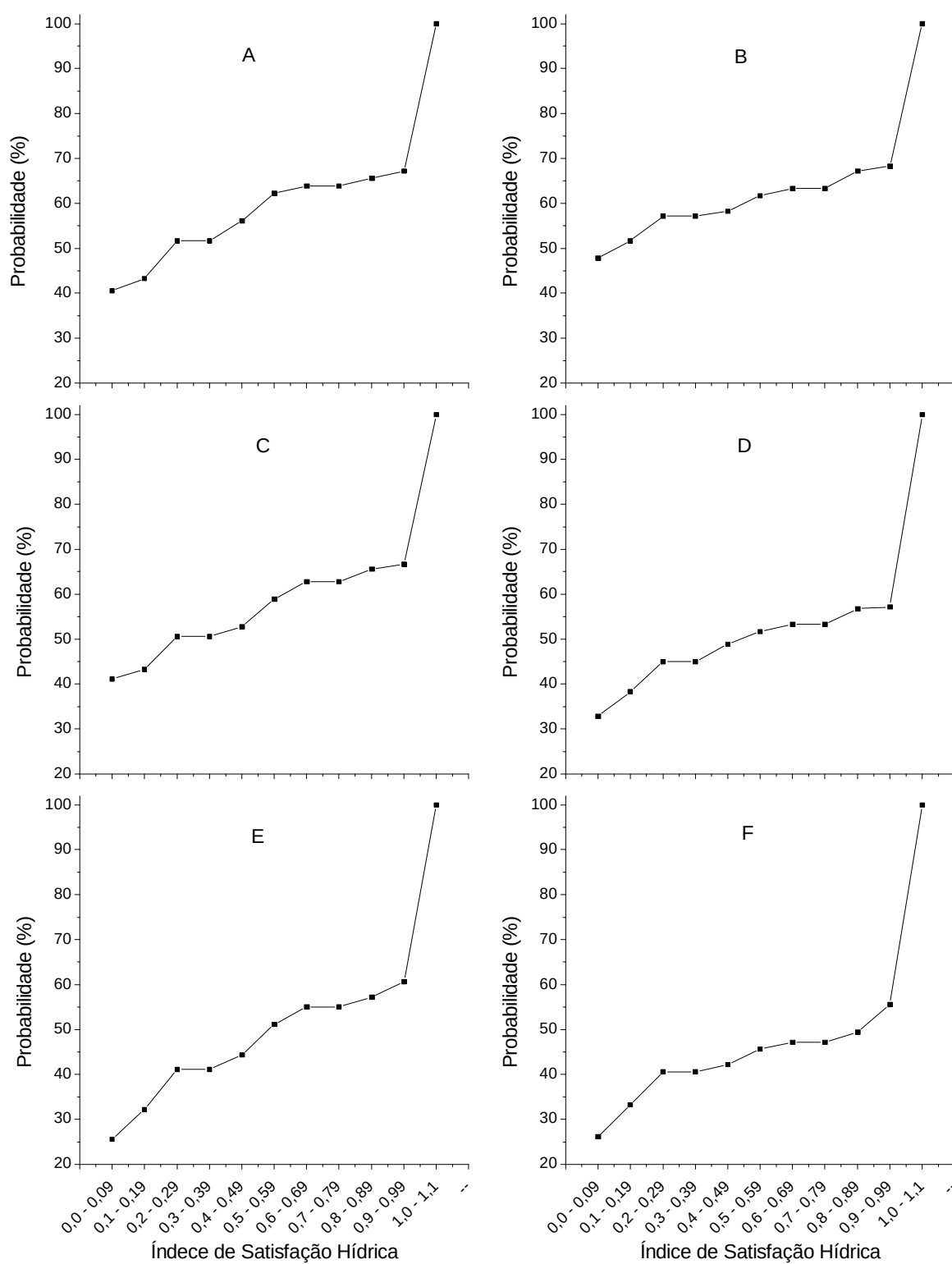


Figura 9. Probabilidades associadas com o Índice de Satisfação Hídrica (ISH), nos pentadiais, (A) 01-05, (B) 06-10, (C) 11-15, (D) 16-20, (E) 21-25 e (F) 26-31, mês de abril, Fazenda São José, Arapiraca-AL.

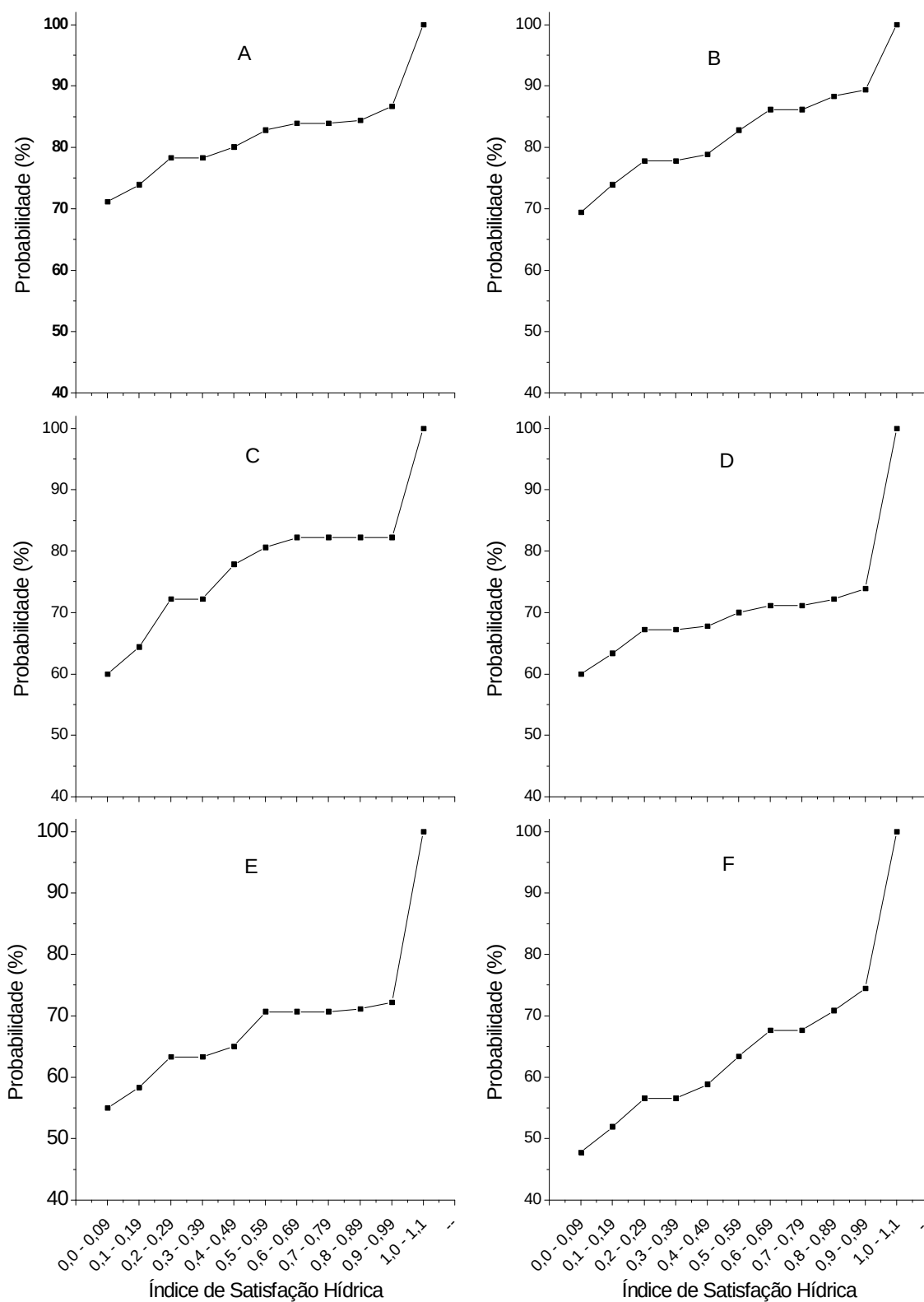


Figura 10. Probabilidades associadas com o Índice de Satisfação Hídrica (ISH), nos pentadiais, (A) 01-05, (B) 06-10, (C) 11-15, (D) 16-20, (E) 21-25 e (F) 26-31, mês de maio, Fazenda São José, Arapiraca-AL.

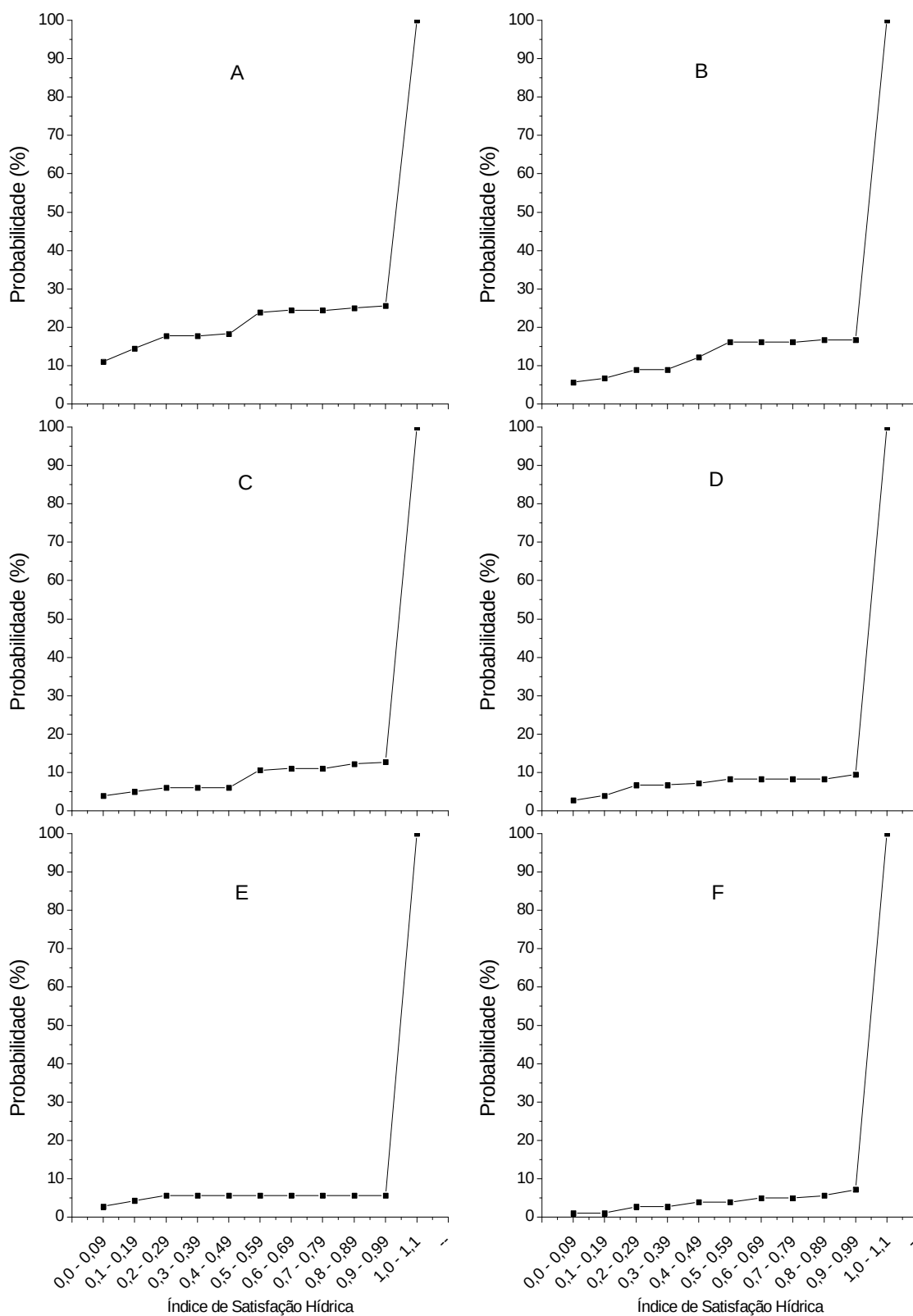


Figura 11. Probabilidades associadas com o Índice de Satisfação Hídrica (ISH), nos pentadiais, (A) 01-05, (B) 06-10, (C) 11-15, (D) 16-20, (E) 21-25 e (F) 26-31, mês de junho, Fazenda São José, Arapiraca-AL.

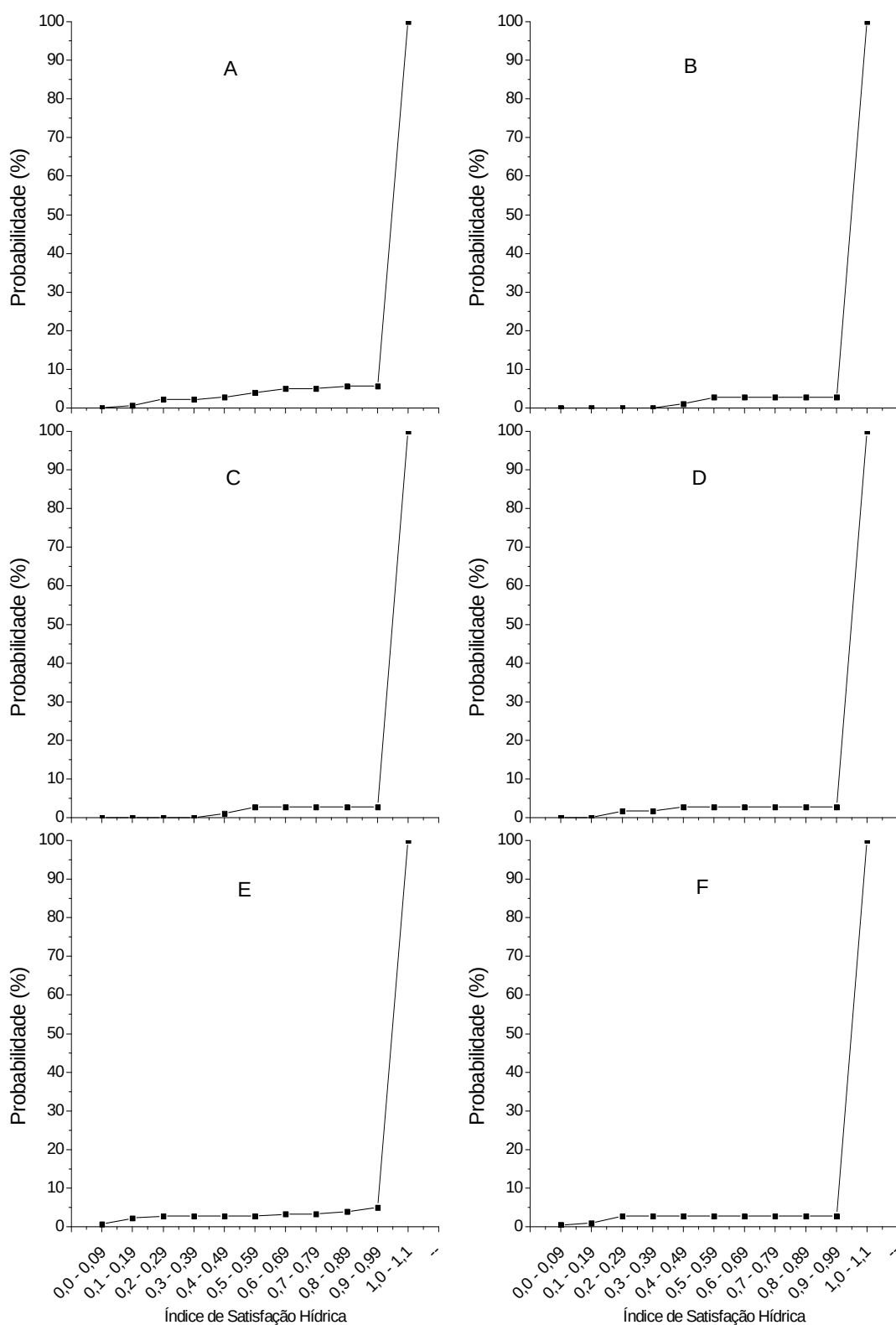


Figura 12. Probabilidades associadas com o Índice de Satisfação Hídrica (ISH), nos pentadiais, (A) 01-05, (B) 06-10, (C) 11-15, (D) 16-20, (E) 21-25 e (F) 26-31, mês de julho, Fazenda São José, Arapiraca-AL.

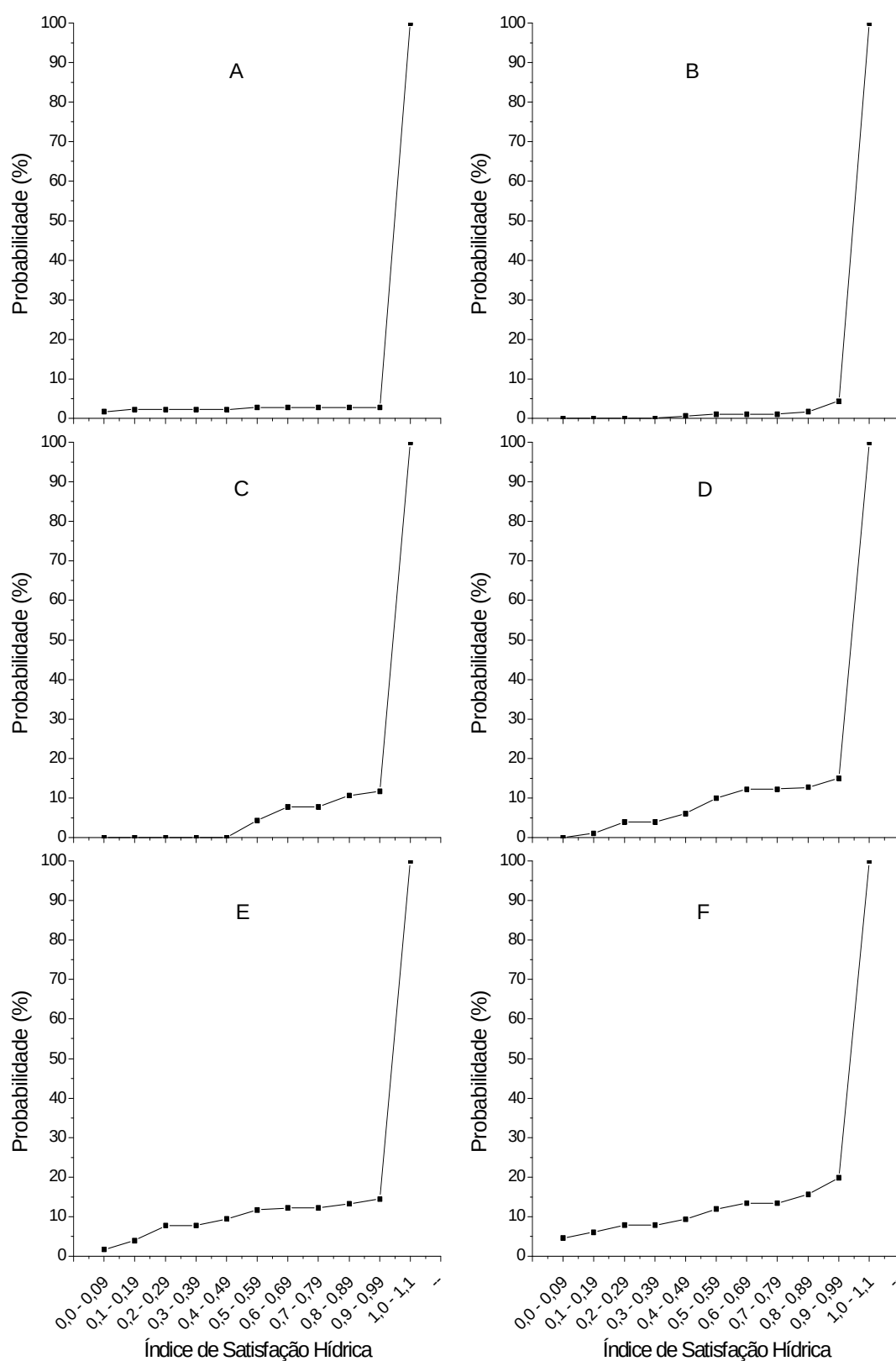


Figura 13. Probabilidades associadas com o Índice de Satisfação Hídrica (ISH), nos pentadiais, (A) 01-05, (B) 06-10, (C) 11-15, (D) 16-20, (E) 21-25 e (F) 26-31, mês de agosto, Fazenda São José, Arapiraca-AL.

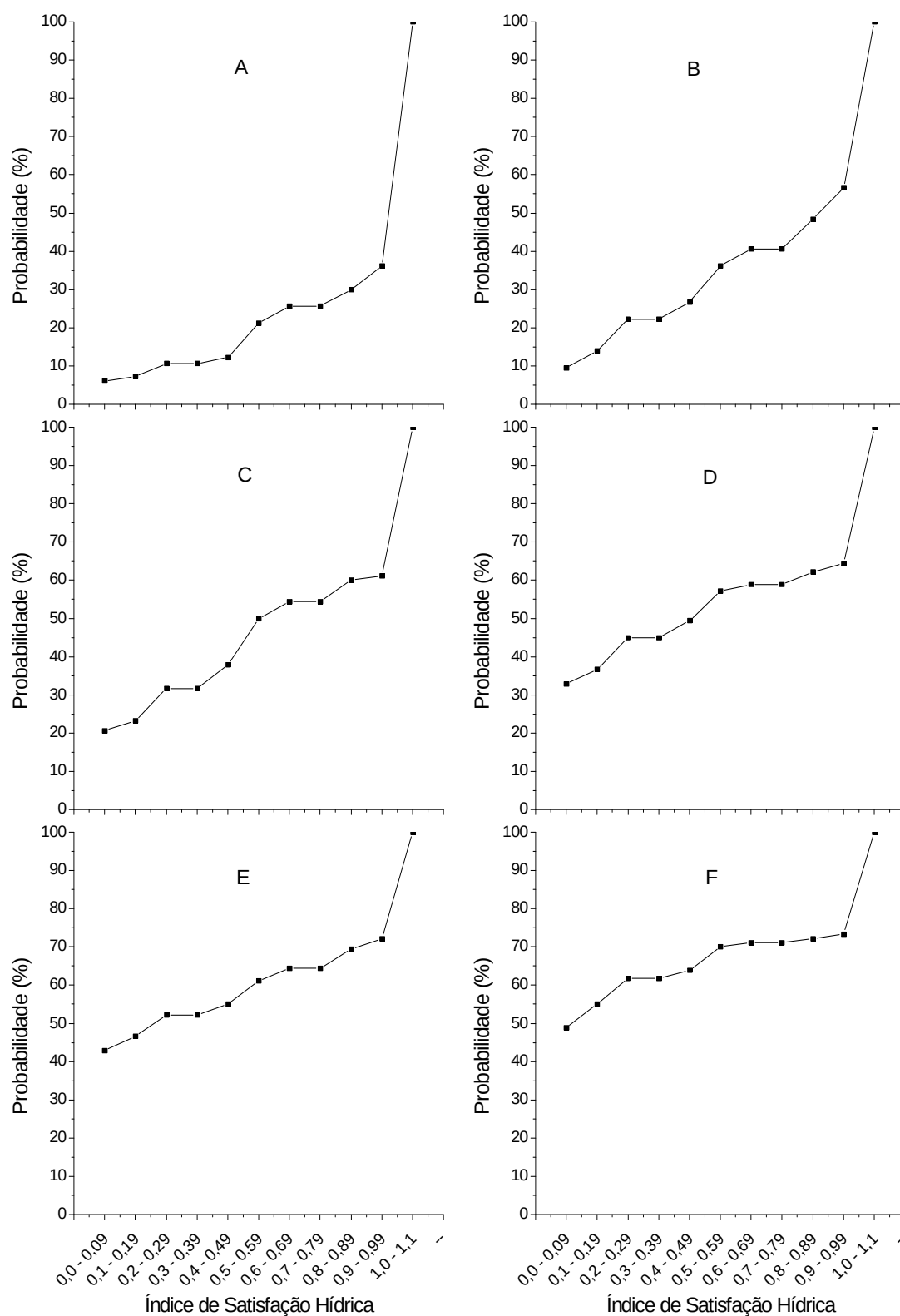


Figura 14. Probabilidades associadas com o Índice de Satisfação Hídrica (ISH), nos pentadiais, (A) 01-05, (B) 06-10, (C) 11-15, (D) 16-20, (E) 21-25 e (F) 26-31, mês de setembro, Fazenda São José, Arapiraca-AL.

Nas condições edafoclimáticas da fazenda Santa Bernadete, observa-se que durante o mês de março ocorreu variações nas probabilidades do ISH, sendo que o primeiro período pentadial (01-05/03) apresentou a menor probabilidade 20% (Figura 15 A), enquanto que no sexto período pentadial (25-31/03) ocorreu a maior probabilidade do ISH (41%), [Figura 15F]. No período que compreende o segundo e o quinto período pentadial (06-25/03) as probabilidades do ISH variaram de 21 a 35% sendo que o segundo período pentadial (06-10/03) apresentou 21%, o terceiro (11-15/03) 22%, quanto (16-20/03) 32% e no quinto (21-25/03) 35%, (Figura 15B-15E). Esta variação crescente nas probabilidades de ocorrências de ISH indica que a partir do primeiro período pentadial inicia-se à estação chuvosa desta região.

Durante o mês de abril, as probabilidades do ISH continuaram aumentando. Entretanto sua menor probabilidade do ISH, 42%, não ocorreu no primeiro (01-05/04) e sim, no segundo (06-10/04) período pentadial (Figura 16B). O primeiro período pentadial (01-06/04) apresentou 44% de probabilidade do ISH, (Figura 16A) mostrando-se 2% maior que o segundo período pentadial. Do terceiro ao sexto período pentadial (11-30/04) houve aumento contínuo das probabilidades do ISH, e estes foram 47, 51, 56 e 58% para o terceiro (11-15/04), quarto (16-20/04), quinto (21-25/04) e o sexto (26-30/04) períodos pentadiais, respectivamente, (Figura 16C-16F). Esses resultados indicam que o segundo período pentadial apresenta menor disponibilidade de água que o primeiro período pentadial.

O mês de maio apresentou todas as probabilidades do ISH superiores a 70%. No primeiro período pentadial (01-05/05) observou-se a menor probabilidade do ISH, 70% (Figura 17A) e no sexto período pentadial (25-31/05) a maior probabilidade 75%. Para o segundo (06-10/05), terceiro (11-15/05), quarto (16-20/05) e quinto (21-25/05) períodos pentadiais as probabilidades do ISH foram de 72, 72, 75, 76%, respectivamente (Figuras 17B-17E). Maio é o mês que a probabilidade do ISH aproxima-se dos 80%, considerada neste trabalho como valor confiável para planejamento de semeio. Este é um mês em que se pode montar uma estratégia para aumentar o volume de solo explorado pelas plantas, já que esta diminuição moderado no ISH na fase inicial de desenvolvimento proporciona esta condição (Manfron *et al*, 2003).

Junho é o primeiro mês da estação chuvosa que apresenta probabilidades do ISH superiores a 80%. O primeiro (01-05/06) e o segundo (06-10/06) períodos pentadiais apresentam 82 e 88% de probabilidade, respectivamente (Figura 18A e 18B), o terceiro (11-15/06), quarto (16-20/06), quinto (21-25/06) e sexto (26-30/06) períodos pentadiais

apresentam probabilidades do ISH de 94, 93, 94 e 96%, respectivamente (Figuras 18C-18F). Durante todo o mês de junho as probabilidades indicaram período adequado ao semeio do milho, visto que em cada 10 anos 08 apresentaram ISH igual ou maior que 0,5.

No mês de julho a menor probabilidade do ISH é 97% e ocorreu no primeiro período pentadial (01-05/07), sendo que o quarto (16-20/07), quinto (21-25/07) e o sexto (26-30/07) períodos pentadiais apresentam os mesmos valores de probabilidade do ISH, (Figuras 19A e 19D-19F), o segundo (06-10/07) e o terceiro (11-15/07) períodos pentadiais apresentam probabilidade do ISH de 99% (Figuras 19B e 19C). Durante este mês a umidade do solo foi suficiente para germinação das sementes e o desenvolvimento inicial das plantas.

Agosto foi outro mês que as umidades do solo foram suficientes para a germinação das sementes e desenvolvimento inicial das plantas, pois as probabilidades do ISH estiveram todos acima de 90% (Figuras 20A-20F) indicando que em cada 10 anos observado 09 apresentaram ISH igual ou maior que 0,5 durante todo o mês. O destaque foi para o terceiro período pentadial (11-15/08), pois este apresentou 100% de probabilidade do ISH.

Setembro apresenta um decréscimo nas probabilidades do ISH, no primeiro período pentadial (01-05/09) a probabilidade foi de 88% (Figura 21A). No segundo período pentadial (06-10/09), diminuiu para 73%, no terceiro (11-15/09) para 62%, no quarto (16-20/09) 51%, no quinto (21-25/09) 45% e no sexto (26-30/09) período pentadial para 36% (Figuras 21B-21F). Este decréscimo nas probabilidades do ISH, indica que setembro é o mês de transição da estação chuvosa para a estação seca. Portanto, inadequada para o semeio do milho em regime de sequeiro.

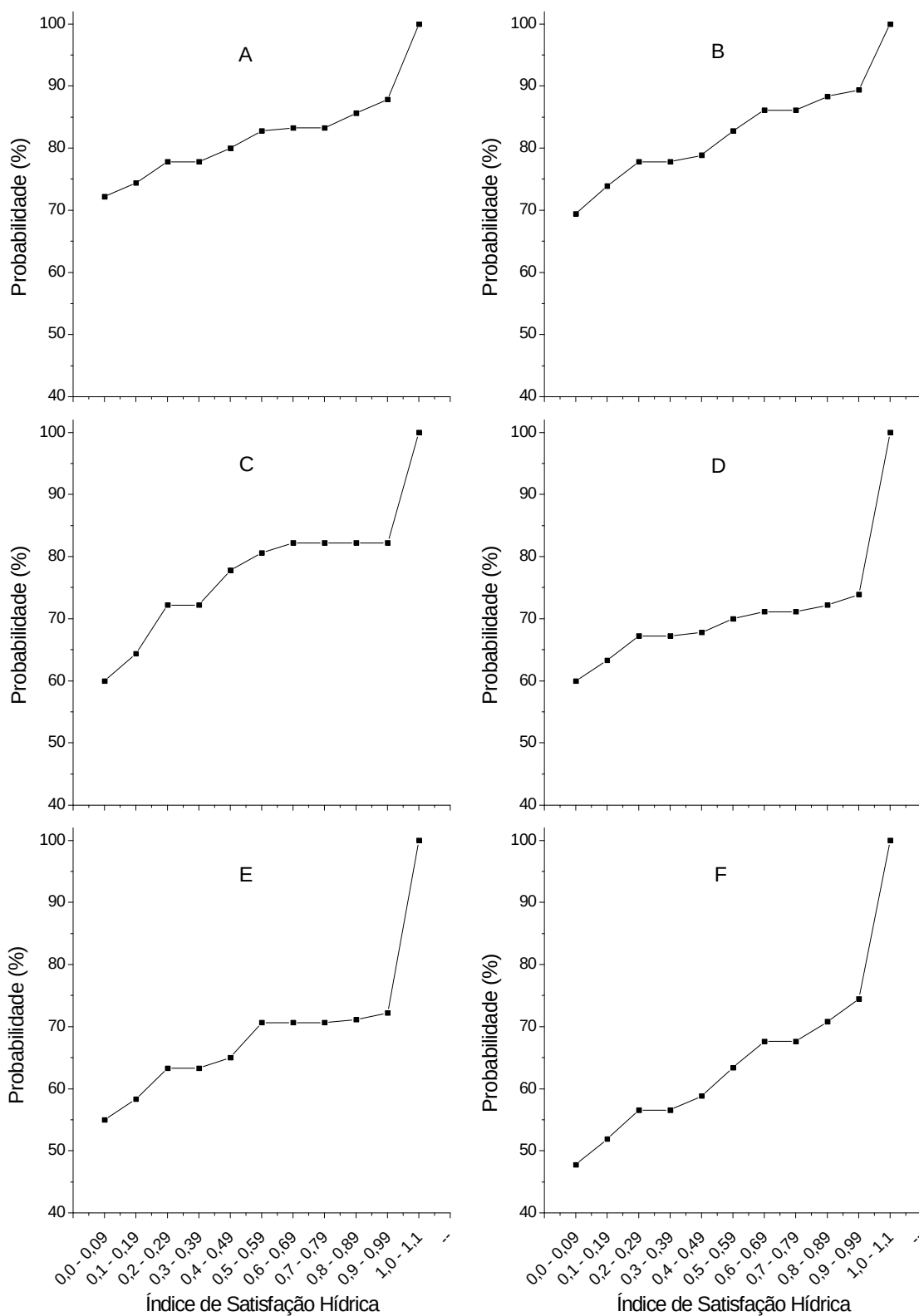


Figura 15. Probabilidades associadas com o Índice de Satisfação Hídrica (ISH), nos pentadiais, (A) 1-5, (B) 6-10, (C) 11-15, (D) 16-20, (E) 21-25 e (F) 26-31, mês de março, Fazenda Santa Bernadete, Arapiraca-AL.

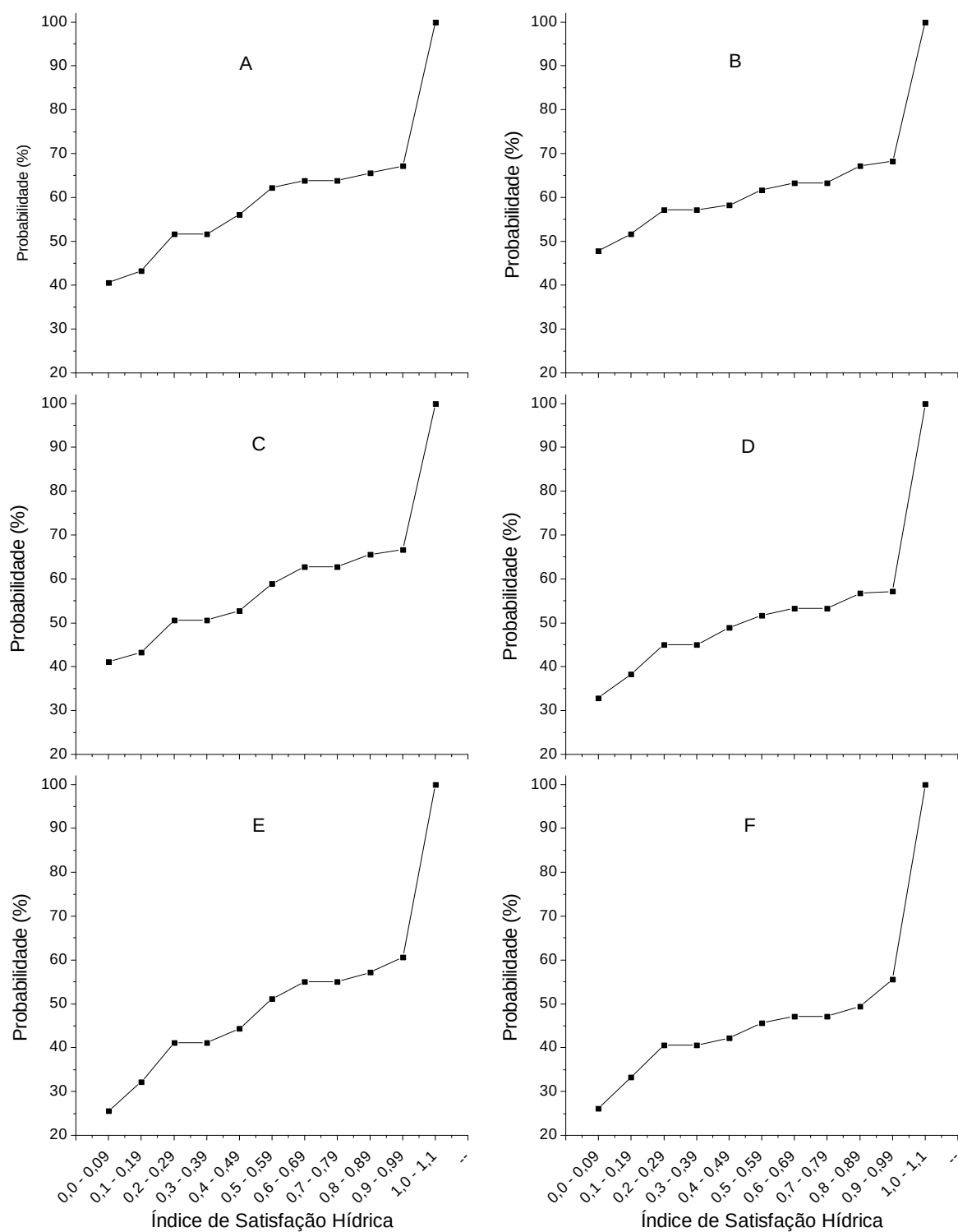


Figura 16. Probabilidades associadas com o Índice de Satisfação Hídrica (ISH), nos pentadiais, (A) 1-5, (B) 6-10, (C) 11-15, (D) 16-20, (E) 21-25 e (F) 26-31, mês de abril, Fazenda Santa Bernadete, Arapiraca-AL.

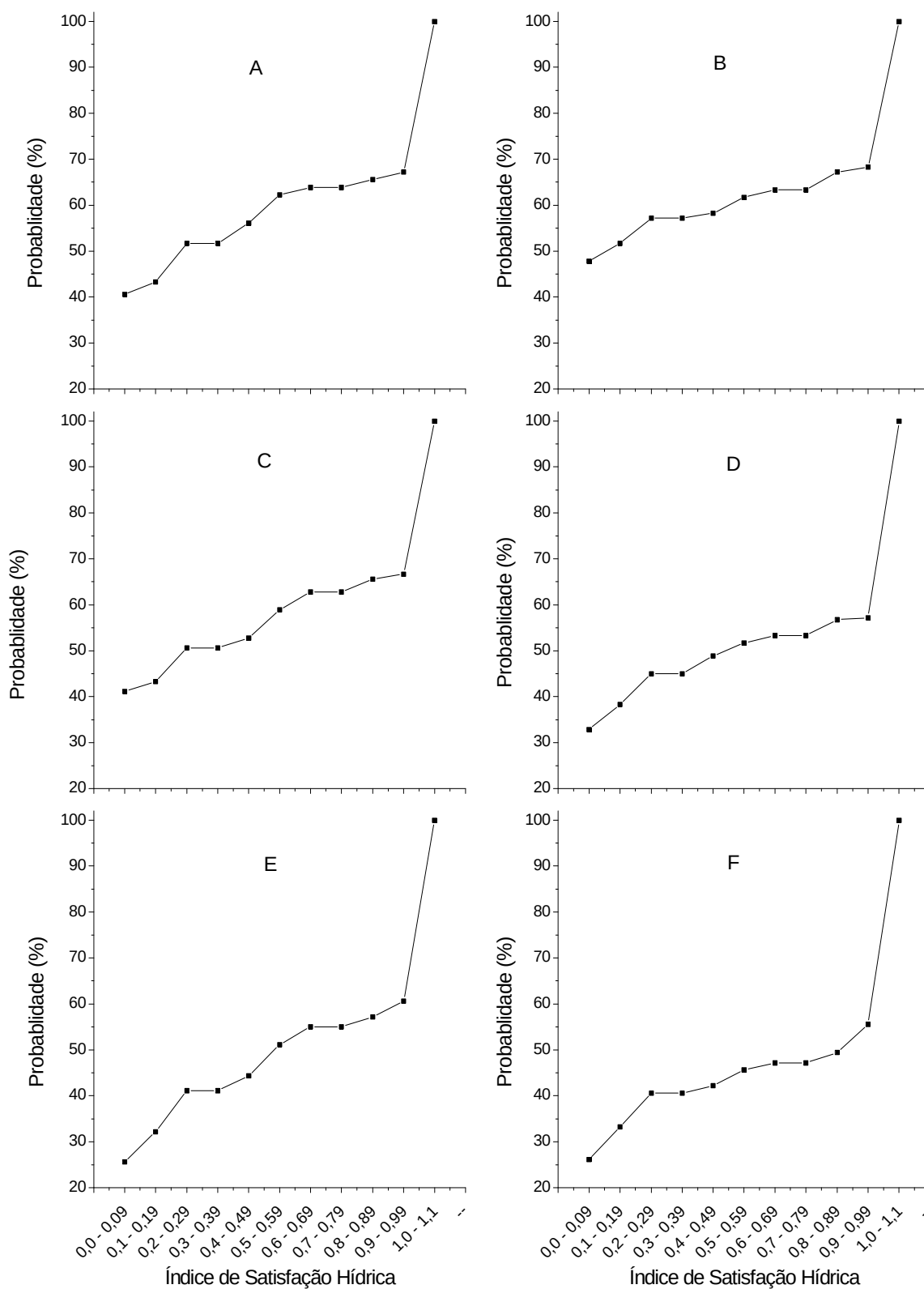


Figura 17. Probabilidades associadas com o Índice de Satisfação Hídrica (ISH), nos pentadiais, (A) 1-5, (B) 6-10, (C) 11-15, (D) 16-20, (E) 21-25 e (F) 26-31, mês de maio, Fazenda Santa Bernadete, Arapiraca-AL.

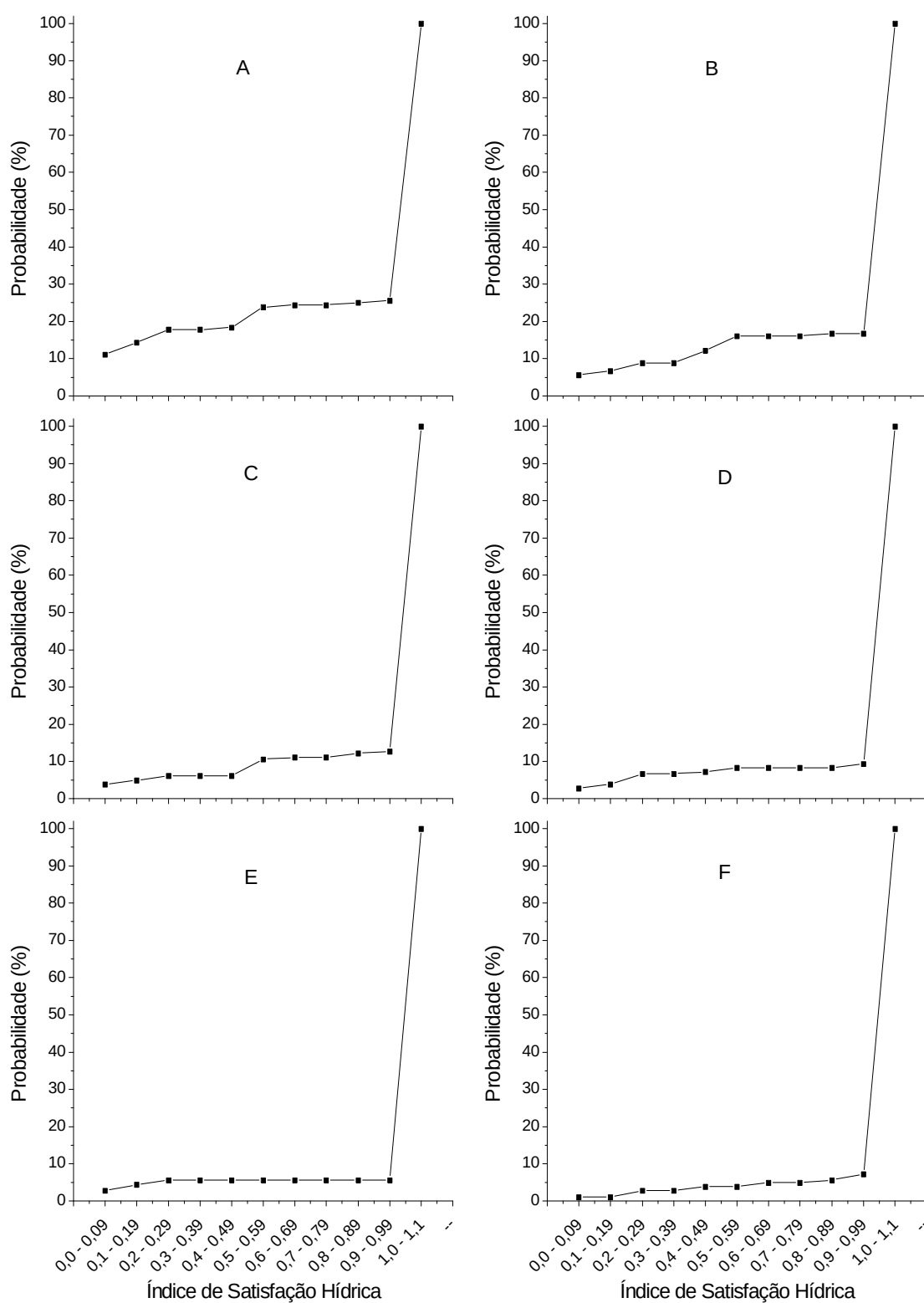


Figura 18. Probabilidades associadas com o Índice de Satisfação Hídrica (ISH), nos pentadiais, (A) 1-5, (B) 6-10, (C) 11-15, (D) 16-20, (E) 21-25 e (F) 26-31, mês de junho, Fazenda Santa Bernadete, Arapiraca-AL.

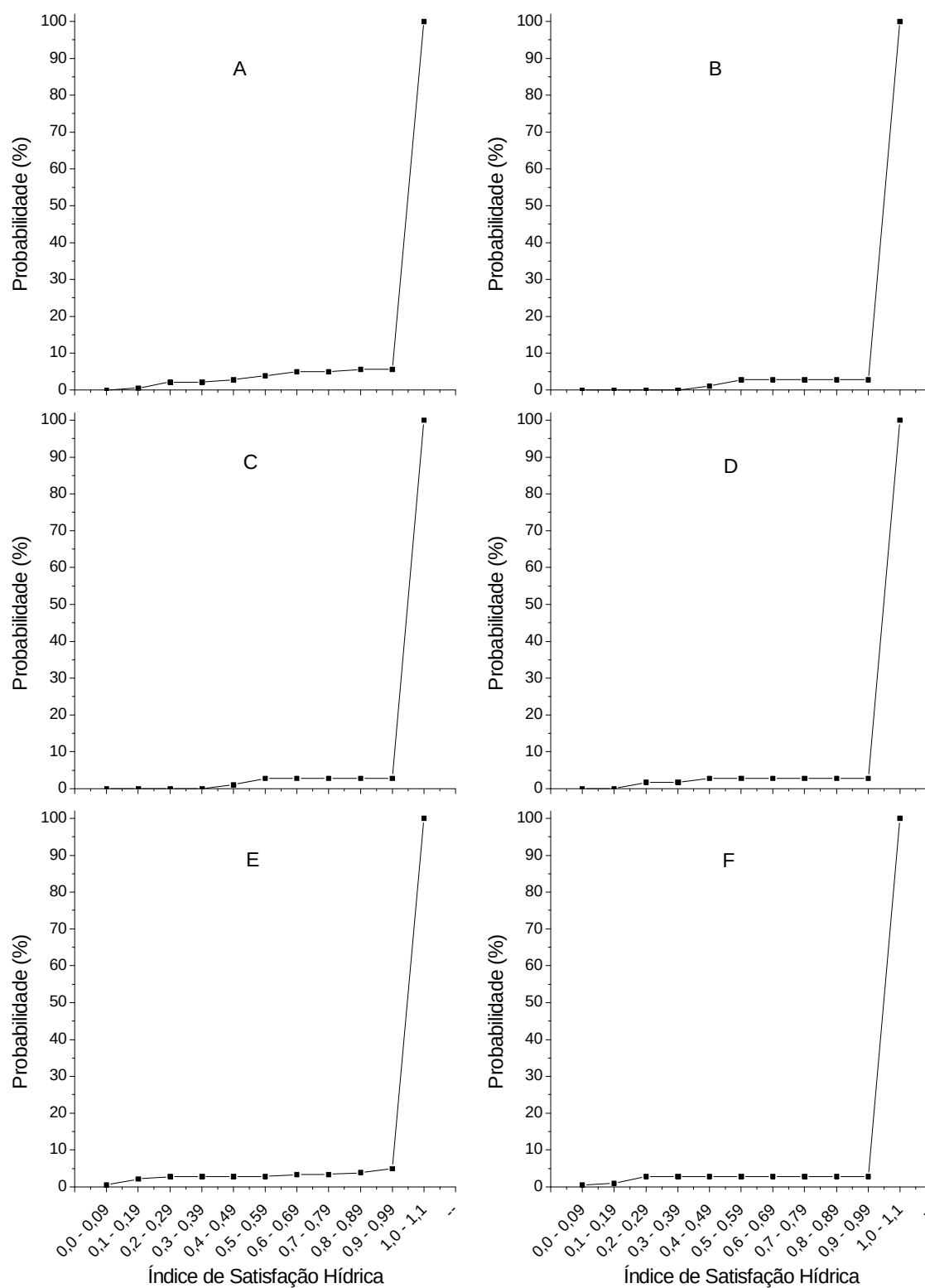


Figura 19. Probabilidades associadas com o Índice de Satisfação Hídrica (ISH), nos pentadiais, (A) 1-5, (B) 6-10, (C) 11-15, (D) 16-20, (E) 21-25 e (F) 26-31, mês de julho, Fazenda Santa Bernadete, Arapiraca-AL.

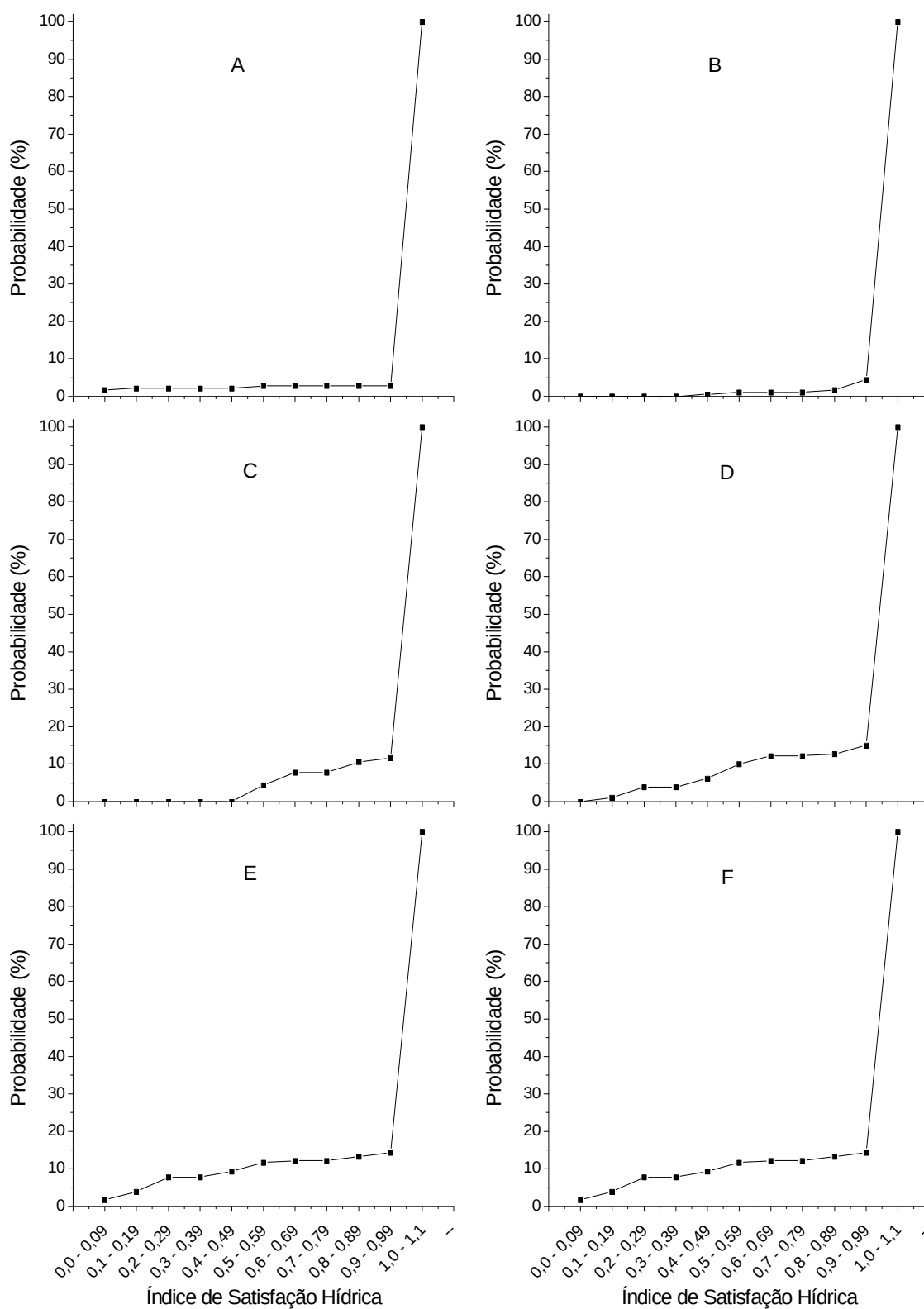


Figura 20. Probabilidades associadas com o Índice de Satisfação Hídrica (ISH), nos pentadiais, (A) 1-5, (B) 6-10, (C) 11-15, (D) 16-20, (E) 21-25 e (F) 26-31, mês de agosto, Fazenda Santa Bernadete, Arapiraca-AL.

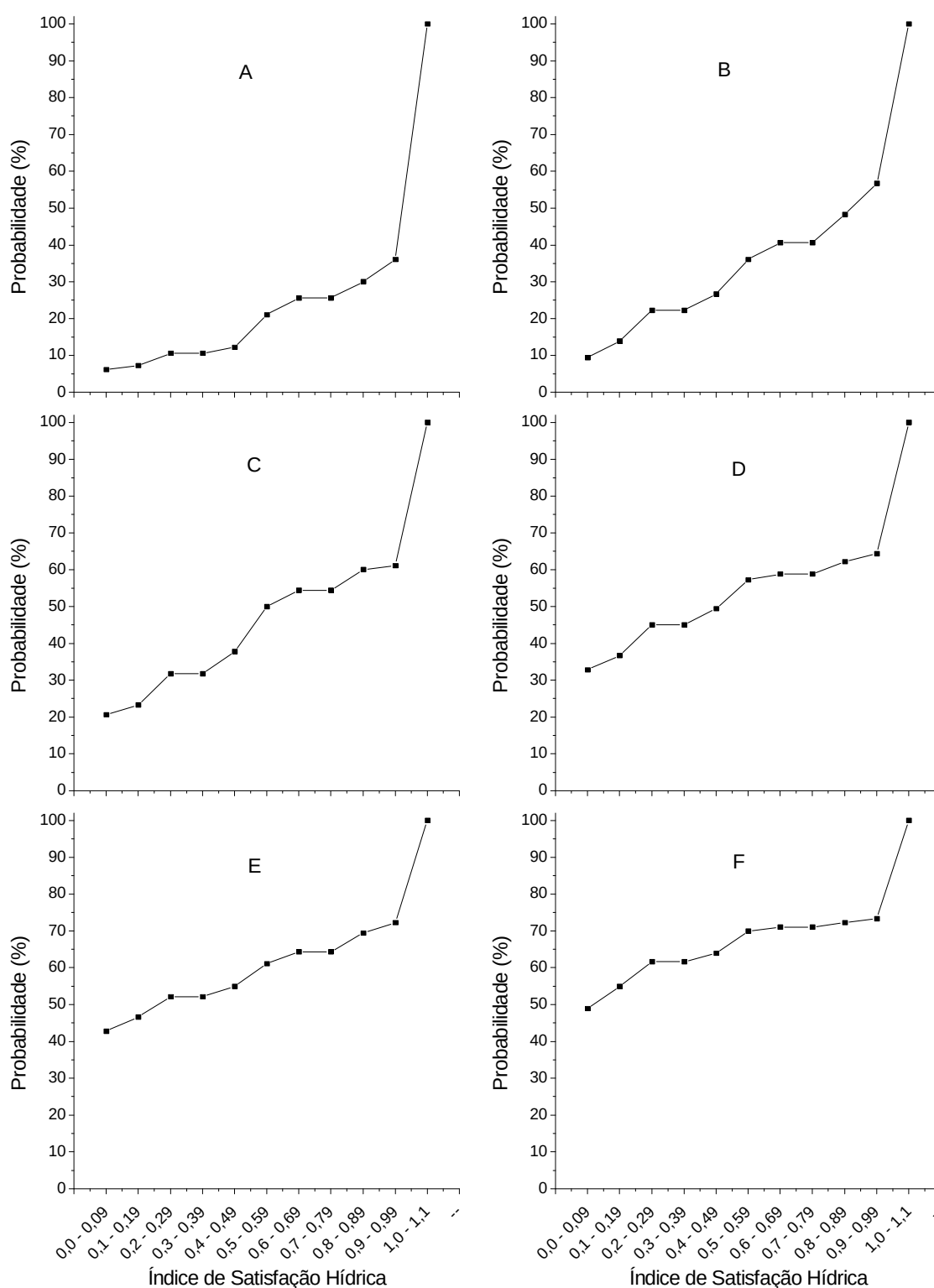


Figura 21. Probabilidades associadas com o Índice de Satisfação Hídrica (ISH), nos pentadiais, (A) 1-5, (B) 6-10, (C) 11-15, (D) 16-20, (E) 21-25 e (F) 26-31, mês de setembro, Fazenda Santa Bernadete, Arapiraca-AL.

4.4 Calendário de cultivo para o milho

A avaliação da Tabela 3 indica que as datas pentadiais simuladas para semeio do milho no período março - maio (01/03-31/05) apresenta as probabilidades do ISH crescentes, sendo que no primeiro período pentadial (01-05/03) de março e no sexto período pentadial (25-31/05) de maio, tem ISH com probabilidades de 20 e 74%, respectivamente já as probabilidades do ISH para o ponto crítico de exigência de água (10 dias antes e 10 dias depois do florescimento), para semeio efetuado no mesmo período, (01/03-31/05), variaram de 47 a 99%. No período que compreende o quarto período pentadial de abril (16-20/04) e o sexto período pentadial de maio (26-31/05), a menor e maior probabilidade, foram de 84 e 99%, respectivamente. Durante todo o mês de maio, as probabilidades do ISH para as datas de semeio variam de 70 a 75%, pouco abaixo dos 80%, considerados neste trabalho como menor probabilidade apropriada para planejamento de datas pentadiais de semeio, considerando também, as probabilidades do ISH no período crítico. Entretanto, durante o período crítico de exigência de água, a menor probabilidade do ISH foi de 84%. Maio pode ser um mês estratégico para o semeio do milho, pois esta condição de menor disponibilidade de água no solo na fase inicial de desenvolvimento das plantas (Manfron *et al*, 2001) favorece o maior desenvolvimento do sistema radicular das plantas e consequentemente maior volume de solo será explorado.

Se o único critério para escolha do período adequado para semeio fosse o ISH com probabilidade igual ou maior que 80% no momento do semeio, cometer-se-ia o equívoco de indicar o período que compreende o primeiro período pentadial de junho ao segundo período pentadial de agosto, (01/06-05/08), já que a menor probabilidade do ISH do período foi de 82%. Levando-se em consideração o ponto crítico de exigência de água o período mais adequado para semeio do milho foi do primeiro ao sexto período pentadial de junho, (01-30/06), pois as probabilidades do ISH neste período, para o semeio variam de 82 a 96% e no período crítico de exigência de água variaram de 84 a 99%. A partir do primeiro período pentadial de julho (01-05/07) acontece um decréscimo nas probabilidades para o período crítico, chegando a 24% para semeio realizado no segundo período pentadial de agosto (06-10/08).

Tabela 3. Datas simuladas para semeio pentadial (DSS), Probabilidades (%) do ISH no momento do semeio (MS), 10 dias antes (DAF), 10 dias depois (DDF) do florescimento, datas prováveis para o florescimento (DPF), dias para o florescimento (DF), na Fazenda São José, Arapiraca Alagoas

DSS	Probabilidade (%)			DPF	DF
	MS	DAF	DDF		
3/mar	20	49	56	19/abr	48
8/mar	20	54	64	25/abr	48
13/mar	22	56	68	30/abr	48
18/mar	33	64	69	6/mai	49
23/mar	33	68	71	11/mai	49
28/mar	42	69	74	17/mai	50
3/abr	47	72	75	24/mai	51
8/abr	42	73	84	30/mai	52
13/abr	49	76	91	5/jun	52
18/abr	54	84	93	10/jun	52
23/abr	54	91	93	16/jun	53
28/abr	60	93	96	22/jun	54
3/mai	68	94	97	28/jun	55
8/mai	68	96	98	4/jul	56
13/mai	69	97	97	10/jul	57
18/mai	72	98	97	16/jul	58
23/mai	73	97	97	21/jul	58
28/mai	74	97	97	27/jul	59
3/jun	81	97	99	3/ago	61
8/jun	89	98	99	9/ago	62
13/jun	94	99	95	14/ago	62
18/jun	92	99	93	19/ago	62
23/jun	94	96	92	24/ago	62
28/jun	96	93	88	29/ago	62
3/jul	97	92	78	3/set	62
8/jul	98	90	66	7/set	61
13/jul	98	82	54	12/set	61
18/jul	97	69	47	17/set	61
23/jul	97	59	39	21/set	60
28/jul	97	50	34	25/set	59
3/ago	97	44	30	30/set	58
8/ago	99	36	23	5/out	58

Os resultados apresentados na Tabela 4 mostraram que para o planejamento do semeio do milho, o período compreendido entre início de março e final de maio (01/03-31/05) apresenta ISH com probabilidades de 20 e 75%, para o primeiro período pentadial de março (01-05/03) e sexto período pentadial de maio (26-31/05), respectivamente. Observa-se o aumento contínuo das probabilidades de ISH à medida que se aproxima do final do mês de maio. Já analisando o período crítico de exigência de água para estas datas de semeio, a menor probabilidade do ISH foi 47% para semeio efetuado no primeiro período pentadial de março (01-05/03) e de 99 e 98 % para semeio realizado no segundo (06-10/05) e terceiro (11-15/05) períodos pentadiais e de 97% para semeios realizados no quarto, quinto e sexto períodos pentadiais (16-31/05) de maio. O comportamento, também é crescente até o primeiro período pentadial de maio (01-05/05), do segundo ao sexto períodos pentadiais (06-31/05) de maio acontece uma pequena oscilação variando de 99 para 97%, respectivamente.

As probabilidades para as datas de semeio, durante o mês de maio (01-31/05), variaram de 68 a 74%, e para o período crítico de exigência de água, variam de 94 a 98%. O semeio realizado durante o mês de maio (01-31/05) pode ajudar a minimizar efeitos de período de estresse hídrico na fase reprodutiva, já que a diminuição na disponibilidade de água no solo leva as plantas a investirem mais no desenvolvimento do sistema radicular e consequentemente as plantas exploram um maior volume de solo.

Para os semeios realizados durante todo o mês de junho (01-30/06) a menor probabilidade do ISH foi 82% e para o período crítico de exigência de água a menor probabilidade do ISH foi 84%. Durante todo o mês de junho (01-30/06) o ISH apresenta-se com probabilidades variando de 82 a 96% para o semeio e de 84 a 99% para 10 dias antes das datas de provável florescimento e 10 dias depois. Junho é o mês mais apropriado para realização do semeio visto que apresenta as maiores probabilidades do ISH.

Do primeiro período pentadial de julho ao segundo período pentadial de agosto (01/06-10/08) as probabilidades do ISH continuaram acima de 80 %, no entanto, semeio realizado neste período faz coincidir o período crítico de exigência de água com probabilidades inicialmente de 74%, decrescendo continuamente, alcançando valores de 24% no período crítico para o semeio realizado no segundo período pentadial (06-10/08) de agosto.

Tabela 4. Datas simuladas para semeio pentadial (DSS), Probabilidades (%) do ISH no momento do semeio (MS), 10 dias antes (DAF), 10 dias depois (DDF) do florescimento, datas prováveis para o florescimento (DPF), dias para o florescimento (DF), na Fazenda Santa Bernadete, Arapiraca Alagoas

DSS	Probabilidade (%)			DPF	DF
	MS	DAF	DDF		
3/mar	20	47	56	19/abr	48
8/mar	21	53	64	25/abr	48
13/mar	22	56	71	30/abr	48
18/mar	32	64	72	6/mai	49
23/mar	35	71	74	11/mai	49
28/mar	41	72	76	17/mai	50
3/abr	44	75	77	24/mai	51
8/abr	42	76	84	30/mai	52
13/abr	47	77	91	5/jun	52
18/abr	51	84	93	10/jun	52
23/abr	56	91	94	16/jun	53
28/abr	58	94	96	22/jun	54
3/mai	70	94	97	28/jun	55
8/mai	72	96	99	4/jul	56
13/mai	72	98	98	10/jul	57
18/mai	75	99	97	16/jul	58
23/mai	76	98	97	21/jul	58
28/mai	75	97	97	27/jul	59
3/jun	82	97	99	3/ago	61
8/jun	88	98	98	9/ago	62
13/jun	94	99	93	14/ago	62
18/jun	93	99	91	19/ago	62
23/jun	94	94	91	24/ago	62
28/jun	96	91	84	29/ago	62
3/jul	97	91	74	3/set	62
8/jul	99	88	63	7/set	61
13/jul	99	78	52	12/set	61
18/jul	97	65	46	17/set	61
23/jul	97	56	39	21/set	60
28/jul	97	49	36	25/set	59
3/ago	98	42	31	30/set	58
8/ago	99	36	24	5/out	58

5 CONCLUSÕES

As precipitações pluviais anuais e da estação chuvosa da região de Arapiraca apresentam grande variação interanual e irregularidade na distribuição ao longo do ano, sendo a variação dos totais interanual e a má distribuição na estação chuvosa, a responsável pela diminuição nas produtividades da cultura do milho entre locais e anos;

A estação chuvosa para a região do Agreste de Alagoas tem seu início no segundo decêndio de abril quando a precipitação supera a ETo e seu final no último decêndio de agosto quando a ETo supera as precipitações;

As temperaturas do ar médias diárias são maiores no início e no final da estação chuvosa, desta forma os semeios realizados do início de maio até o final de junho, apresentam ciclo mais longo em função das temperaturas médias diárias serem menores, ao tempo que semeios realizados nos dois primeiros meses da estação chuvosa (março-abril) e nos dois últimos (julho e agosto), mais precocemente completam seus ciclos;;

Para os dois locais de estudo (fazenda São José e Fazenda Santa Bernadete) o período apropriado para semeio do milho BR 106 ou outras cultivares ou híbridos que apresentem ciclo semelhante, vai de primeiro a trinta de junho (01-30/06).

REFERÊNCIAS

ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration – guidelines for computing crop water requirements**. FAO - Rome, 1998. 300p. (Irrigation and drainage paper 56).

ANTONINO, A. C. D.; SAMPAIO, E. V. S. B.; OLIO, A. D.; SALCEDO, I. H. Balanço Hídrico em Solo com Cultivos de Subsistência no Semi-árido do Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.4, n.1, p.29-34, 2000 Campina Grande, PB, DEAg/UFPB.

BAIARDI, A. **Conceitos básicos: ciência, tecnologia e inovação**. Salvador: 02 a 06 de Setembro de 2002.

BARDY, L.P.C. **Competitividade e desenvolvimento tecnológico**. Visões Estratégicas. 2000.

CARDOSO, C. E. L. **Competitividade e inovação tecnológica na cadeia agroindustrial da fécula de mandioca no Brasil**. (tese de doutorado) Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz Queiroz; Piracicaba, SP. 130f. 2003.

CARVALHO, H. W. L.; CARDOSO, M. J.; LEAL, M. L. S.; SANTOS, M. X.; TABOSA, J. N. e SOUZA, E. M. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho no Nordeste Brasileiro. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.40, n.5, p.471-477, maio 2005.

CINTRA, F. L. D.; LIBARDI, P. L. ;SAAD, A. M. Balanço Hídrico no Solo para Porta-enxertos de Citros em Ecossistema de Tabuleiro Costeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.4, n.1, p.23-28, 2000 Campina Grande, PB, DEAg/UFPB.

CRUZ, J. C.; FILHO, I. A. P.; ALVARENGA, R. C.; NETO, M. M. G.; VIANA, J. H. M.; OLIVEIRA, M. F. e MATRANGOLO, W. J. R. Cultivo do Milho. **Embrapa Milho e Sorgo**. Sistema de Produção 2. ISSN 1679-012X Versão Eletrônica – 4ª edição, setembro de 2008.

DEPARTAMENTO DE PRODUÇÃO MINERAL. Projeto RADAMBRASIL. **Levantamento de Recursos Naturais**. 1978.

DIDONET, A. D.; RODRIGUES, O.; MARIO, J. L.; IDE, F. ; TISOT, D. **Efeito de temperatura no desenvolvimento de milho**. Disponível em <http://www.cnpt.embrapa.br/culturas/milho/tempmil.htm>. Acessado em 02 de junho de 2009.

DOORENBOS, J. ; KASSAM, A. H., **Efeito da água no rendimento das culturas**. (ESTUDOS FAO, IRRIGAÇÃO E DRENAGEM 33), Tradução Gheyi, H. R. e outros, Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande. FAO 306p. 1994.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Manual de métodos de análises de solo. 2ª Ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA/CNPS, 1997. 212P.

EMBRAPA MILHO E SORGO, Recomendação Técnica para o Cultivo do Milho, Brasília-DF. 204p. 1997.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. Ecofisiologia e fenologia. **Produção de milho**. Guaíba: Agropecuária, 2004. p. 21-54.

FILHO, I. A. P.; CRUZ, I. **Cultivo do Milho**. Sistema de produção 01. Embrapa Milho e Sorgo. 2006. Acessado na Internet, <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa>, em 23 de junho de 2009.

GODOY, R. C. B. **Milho. Contexto Mundial**. Disponível em <http://www.pr.gov.br/seab/deral/cultur14.pdf>. Acessado em 23 de junho de 2009.

LIBARDI, P.L. Dinâmica da água no solo. Piracicaba, 1995. 497p.

MALUF, J. R. T.; CUNHA, G. R.; MATZENAUER, R.; PASINATO, A.; PIMENTEL, M. B. M.; MÁRCIA RODRIGUES CAIAFFO, M. R. e PIRES, J. L. F. Zoneamento de riscos climáticos para a cultura de milho no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de**

Agrometeorologia, Passo Fundo, v.9, n.3, (Nº Especial: Zoneamento Agrícola), p.460-467, 2001.

MANFRON, P. A.; BACCHI, O. O. S.; NETO, D. D.; PEREIRA, A. R.; MEDEIROS, S. L. P.; PILAU, F. G.. Modelo da profundidade efetiva do sistema radicular na cultura de milho em função de graus-dia acumulados. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 11, n. 2, p. 327-332, 2003.

DE MARIA, I.C.; CASTRO, O.M. ; DIAS, H. S. Atributos físicos do solo e crescimento radicular de soja em Latossolo Roxo sob diferentes métodos de preparo do solo. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v.23, p.703-709, 1999.

NULLETT, D. AND GIAMBELLUCA, T. W., 1988. Risk analysis of seasonal agricultural drought on low Pacific island. **Agric. For. Meteorol.**, 42: 229-239.

SAAD, A.M. **Uso do tensiômetro no controle da irrigação por pivô central**. Piracicaba, ESALQ/USP, 1991. 141 p. (Dissertação de Mestrado em Irrigação e Drenagem), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, USP, 1991.

SANGOI, L.; ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F.; MINETTO, T. J. e BOSOTTO, V. Níveis de manejo na cultura do milho em dois ambientes contrastantes: análise técnico-econômica. **Ciência Rural**, v. 33, n. 6, nov-dez, 2003.

SANS, L. M. A.; GUIMARAIS, D. P. Embrapa milho e sorgo. **Cultivo de Milho**. Sistema de produção de milho 1. Zoneamento Agrícola. 2007. Disponível em <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa>. Acesso em: 14 janeiro de 2008.

SANS, L. M. A.; SANTANA, D. P. Embrapa milho e sorgo. **Cultivo de Milho**. Sistema de produção 1, zoneamento agrícola. 2007. Disponível em http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Milho/CultivodoMilho_3ed/zoneamento.htm Acesso em: 14 janeiro de 2009.

SILVA, P.R.F. Crescimento e desenvolvimento. In: **Indicações técnicas para a cultura de milho no estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Fepagro, Embrapa Trigo, Emater/RS, Fecoagro/RS, n.7, 2001. 135p.