



1999/016

PAC

1999

TS-1999/016

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA - CAMPUS II  
E  
CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS

PÓS - GRADUAÇÃO  
EM METEOROLOGIA

DEFINIÇÃO DE ÁREAS APTAS E ÉPOCAS DE PLANTIO PARA A CULTURA  
DE SOJA NO NORDESTE E SUDESTE DO ESTADO DO PARÁ

AUTORA: NILZA ARAÚJO PACHECO

PUBLICAÇÃO DCA - CMM TD Nº 01 - 1999

CAMPINA GRANDE

JANEIRO - 1999

**DEFINIÇÃO DE ÁREAS ÁPTAS  
E ÉPOCAS DE PLANTIO PARA  
A CULTURA DA SOJA NO  
NORDESTE E SUDESTE DO  
ESTADO DO PARÁ.**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA - UFPB**

**CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA - CCT**

**DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS – DCA**

**CURSO DE MESTRADO EM METEOROLOGIA**

**DEFINIÇÃO DE ÁREAS APTAS E ÉPOCAS DE PLANTIO PARA A CULTURA DA  
SOJA NO NORDESTE E SUDESTE DO ESTADO DO PARÁ.**

**NILZA ARAUJO PACHECO**

**CAMPINA GRANDE - PB**

**JANEIRO – 1999**

15  
16/12/99

**NILZA ARAUJO PACHECO**

**DEFINIÇÃO DE ÁREAS APTAS E ÉPOCAS DE PLANTIO PARA A CULTURA DA  
SOJA NO NORDESTE E SUDESTE DO ESTADO DO PARÁ.**

**Dissertação apresentada ao Curso de  
Mestrado em Meteorologia da  
Universidade Federal da Paraíba, em  
cumprimento às exigências para obtenção  
do Grau de Mestre.**

**Área de Concentração: Climatologia Agrícola**

**Orientador: Prof. Dr. Pedro Vieira de Azevedo**

**Co - Orientador: Dra. Therezinha Xavier Bastos**

**CAMPINA GRANDE - PB**

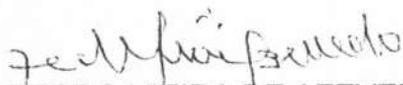
**JANEIRO - 1999**

NILZA ARAÚJO PACHECO

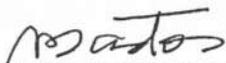
DEFINIÇÃO DE ÁREAS APTAS E ÉPOCAS DE PLANTIO PARA A CULTURA  
DE SOJA NO NORDESTE E SUDESTE DO ESTADO DO PARÁ

APROVADA EM 15/01/99

BANCA EXAMINADORA



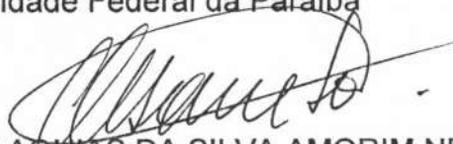
Prof. Dr. PEDRO VIEIRA DE AZEVEDO  
Universidade Federal da Paraíba



Dra. TEREZINHA XAVIER BASTOS  
EMBRAPA/CPATU



Prof. Dr. BERNARDO BARBOSA DA SILVA  
Universidade Federal da Paraíba



Dr. MALAQUIAS DA SILVA AMORIM NETO  
EMBRAPA/CNPA

**DEDICO,**

**À DEUS, que é a fonte de toda sabedoria, inspiração e iluminação.**

**Aos meus queridos pais Waldemar Cavalcante Pacheco e Zilmar Araujo Pacheco pelo carinho, dedicação, paciência e incentivo demonstrados durante toda minha vida.**

**Aos meus irmãos, José, Almir, Waldemir, Helder e Ronaldo Araujo Pacheco, Dulce Pacheco de Moura e Edna Pacheco Vasconcelos e aos meus sobrinhos: Rogério, Diene, Danielle, Larissa, Ludy, Ítalo, Ícaro, Waldemar Neto, Luciano. Adriano, Yuri. Isabelle, Lorena, Laila e Leonardo pela compreensão.**

**IN MEMORIUM**

**À minha querida e inesquecível irmã Odila Araujo Pacheco.**

**AGRADECIMENTOS,**

**À DEUS** pela força, orientação, sabedoria, inspiração e, sobretudo, por ter permitido a recuperação da minha saúde e a conclusão deste trabalho.

**À EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA**, particularmente a Embrapa Amazônia Oriental, pela seleção do meu nome e pela confiança em mim depositada.

**À UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA-UFPB**, particularmente nas pessoas do Prof. Enilson Palmeira Cavalcante, Prof. José Oribe Rocha de Aragão e Prof<sup>a</sup> Maria Regina Aragão pela competência, dedicação, paciência e compreensão demonstrados no decorrer do curso.

**À secretária do curso de mestrado de Meteorologia da UFPB, Divanete Cruz Rocha** pela competência, dedicação e exemplo de eficiência.

**Ao Dr. Prof. Pedro Vieira de Azevedo e a Dra. Therezinha Xavier Bastos** pela orientação na elaboração deste trabalho.

**Ao pesquisador da Embrapa-Centro de Pesquisa de Algodão, Malaquias da Silva Amorim Neto e ao Prof. Dr. da Universidade Federal da Paraíba, Bernardo Barbosa da Silva** pela revisão e sugestões para melhoria deste trabalho.

**Aos colegas do Curso de Mestrado em Meteorologia da UFPB: Andréia, Jaqueline, Josadark, Roberto Carlos, e em especial à Ioneide Alves de Sousa e Gildarte Barbosa da Silva** pela inestimável e valiosa colaboração dispensada em todos os momentos.

**À pesquisadora da Embrapa Amazônia Oriental, Tatiana Deane de Abreu Sá** pelo apoio na elaboração do Abstract desta Dissertação.

Ao assistente de pesquisa da Embrapa Cerrados, Balbino Antonio Evangelista pela valiosa orientação na utilização dos softwares (BIPZON, CHUVA, SARRA e SIG) usados nesse trabalho.

Ao pesquisador da Embrapa Amazônia Oriental, Jamil Chaar El Husny pelo fornecimento de dados da cultura da soja, originados do experimento instalado no município de Paragominas, PA.

Aos meus amigos do Laboratório de Climatologia Agrícola da Embrapa Amazônia Oriental: Raimundo Bento Ferreira, José Luís de Souza Coelho, José Dugan Paula da Rocha e Reginaldo Ramos Frazão e a estagiária Wanda M. N. Ribeiro.

Ao Laboratório de Sensoriamento Remoto da Embrapa Amazônia Oriental, particularmente ao técnico Antonio Guilherme Soares Campos, pela colaboração na confecção dos mapas de Zoneamento para a cultura da soja no Sistema de Informações Geográficas.

À Bibliotecária da Embrapa Amazônia Oriental, Isanira Coutinho Vaz Pereira pela normalização das referências bibliográficas.

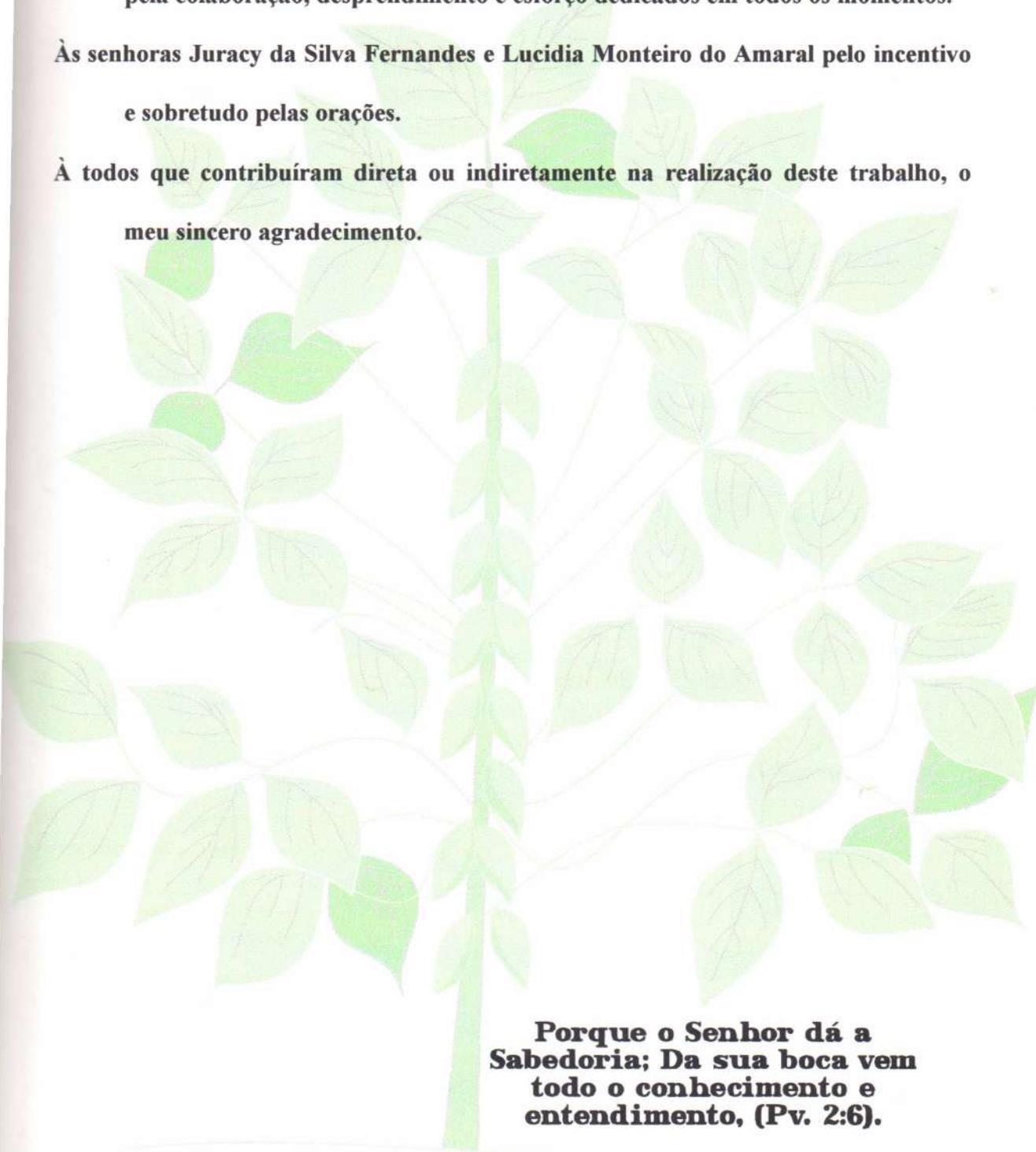
Ao Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica (DNAEE) pelo fornecimento de dados diários de precipitação pluviométrica das estações situadas no nordeste, sudeste e sudoeste do Pará.

Aos meus pais, irmãos e demais familiares, particularmente as minhas irmãs Dulce Pacheco de Moura e Edna Pacheco Vasconcelos e à minha cunhada Ana Telma Brabo Pacheco pelo incentivo, apoio e compreensão.

Aos amigos casal Antônio e Maria Vênus Coutinho, um agradecimento muito especial pela colaboração, desprendimento e esforço dedicados em todos os momentos.

Às senhoras Juracy da Silva Fernandes e Lucidia Monteiro do Amaral pelo incentivo e sobretudo pelas orações.

À todos que contribuíram direta ou indiretamente na realização deste trabalho, o meu sincero agradecimento.



**Porque o Senhor dá a Sabedoria; Da sua boca vem todo o conhecimento e entendimento, (Pv. 2:6).**

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.	
FIGURA 3.1	Varição média mensal da precipitação pluviométrica (mm) dos municípios de: a) Altamira, b) Belém, c) Capanema, d) Capitão Poço, e) Castanhal, f) Conceição do Araguaia, g) Marabá, h) Paragominas, i) Tomé Açu e j) Tracuateua. ....	30
FIGURA 3.2	Varição média mensal da umidade relativa do ar (%) e da precipitação pluviométrica (mm) dos municípios de: a) Altamira, b) Belém, c) Capitão Poço d) Conceição do Araguaia, e) Marabá, f) Paragominas, g) Tomé Açu e h) Tracuateua. ....	31
FIGURA 3.3	Varição média mensal da temperatura máxima (°C), temperatura média compensada (°C) e temperatura mínima (°C) dos municípios de: a) Altamira, b) Belém, c) Capitão Poço d) Conceição do Araguaia, e) Marabá, f) Paragominas, g) Tomé Açu e h) Tracuateua. ....	32
FIGURA 3.4	Varição média do total mensal de horas de insolação (h) dos municípios de: a) Altamira, b) Belém, c) Capitão Poço d) Conceição do Araguaia, e) Marabá, f) Paragominas, g) Tomé Açu e h) Tracuateua. ....	33
FIGURA 3.5	Mapa de localização das estações pluviométricas utilizadas no trabalho. ...	40
FIGURA 4.1	Varição média mensal da precipitação pluviométrica (mm) e evapotranspiração de referência (mm), estimada pelo método de Priestley & Taylor (1972) para os municípios de: a) Altamira, b) Belém, c) Capitão Poço, d) Conceição do Araguaia, e) Paragominas e f) Tracuateua. ....	61
FIGURA 4.2	Zoneamento agroclimático da cultura da soja no Leste do Estado do Pará, considerando-se um solo com capacidade de retenção de água de 50mm, cultivar de ciclo precoce e semeadura de 01 a 10 de janeiro. Embrapa Amazônia Oriental, Belém, PA. 1998. ....	65
FIGURA 4.3	Zoneamento agroclimático da cultura da soja no Leste do Estado do Pará, considerando-se um solo com capacidade de retenção de água 50mm, cultivar de ciclo precoce e semeadura de 11 a 20 de janeiro. Embrapa Amazônia Oriental, Belém, PA. 1998. ....	66
FIGURA 4.4	Zoneamento agroclimático da cultura da soja no Leste do Estado do Pará, considerando-se um solo com capacidade de retenção de 50mm, cultivar de ciclo precoce e semeadura de 21 a 30 de janeiro. Embrapa Amazônia Oriental, Belém, PA. 1998. ....	67

FIGURA 4.14	Zoneamento agroclimático da cultura da soja no Leste do Estado do Pará, considerando-se um solo com capacidade de retenção de água de 35mm, cultivar de ciclo tardio e semeadura de 01 a 10 de janeiro. Embrapa Amazônia Oriental, Belém, PA. 1998.....	78
FIGURA 4.15	Zoneamento agroclimático da cultura da soja no Leste do Estado do Pará, considerando-se um solo com capacidade retenção de água de 50mm, cultivar de ciclo tardio e semeadura de 01 a 10 de janeiro. Embrapa Amazônia Oriental, Belém, PA. 1998. ....	79
FIGURA 4.16	Zoneamento agroclimático da cultura da soja no Leste do Estado do Pará, considerando-se um solo com capacidade de retenção de água de 25mm, cultivar de ciclo tardio e semeadura de 11 a 20 de janeiro. Embrapa Amazônia Oriental, Belém, PA. 1998. ....	82
FIGURA 4.17	Zoneamento agroclimático da cultura da soja no Leste do Estado do Pará, considerando-se um solo com capacidade de retenção de água de 35mm, cultivar de ciclo tardio e semeadura de 11 a 20 de janeiro. Embrapa Amazônia Oriental, Belém, PA. 1998. ....	83
FIGURA 4.18	Zoneamento agroclimático da cultura da soja no Leste do Estado do Pará, considerando-se um solo com a capacidade de retenção de água de 50mm, cultivar de ciclo tardio e semeadura de 11 a 20 de janeiro. Embrapa Amazônia Oriental, Belém, PA. ....	84
FIGURA 4.19	Zoneamento agroclimático da cultura da soja no Leste do Estado do Pará, considerando-se um solo com a capacidade de retenção de água de 25mm, cultivar de ciclo tardio e semeadura de 21 a 30 de janeiro. Embrapa Amazônia Oriental, Belém, PA. 1998. ....	85
FIGURA 4.20	Zoneamento agroclimático da cultura da soja no Leste do Estado do Pará, considerando-se um solo com a capacidade de retenção de água de 35mm, cultivar de ciclo tardio e semeadura de 21 a 30 de janeiro. Embrapa Amazônia Oriental, Belém, PA. 1998. ....	86
FIGURA 4.21	Zoneamento agroclimático da cultura da soja no Leste do Estado do Pará, considerando-se um solo com a capacidade de retenção de água de 50mm, cultivar de ciclo tardio e semeadura de 21 a 30 de janeiro. Embrapa Amazônia Oriental, Belém, PA. 1998. ....	87

## LISTA DE TABELAS

	Pag.	
TABELA 3.1	Valores médios anuais de precipitação pluviométrica (mm), de temperatura do ar máxima, mínima e média (°C) e umidade relativa do ar (%) provenientes de estações meteorológicas localizadas na área ou próximas da região em estudo. ....	34
TABELA 3.2	Principais classes de solos encontrados no Estado do Pará, predominantes no Leste (nordeste e sudeste). ....	36
TABELA 3.3	Relação das estações meteorológicas localizadas na área ou próximo da região em estudo, utilizadas na estimativa da evapotranspiração pelo método de Priestley e Taylor. ....	41
TABELA 3.4	Caracterização e rendimento de cultivares de soja em Paragominas-PA. ....	42
TABELA 4.1	Valores médios totais anuais de precipitação pluviométrica (mm) para as estações localizadas na área de estudo de regime de chuvas. ....	53
TABELA 4.2	Demonstrativo dos totais pluviométricos (mm), obtidos para análise freqüencial decendial, nos meses de janeiro à abril. Estações situadas nas microrregiões ao Leste do Estado do Pará. ....	55
TABELA 4.3	Evapotranspiração de referência decendial (mm/dia), estimada pelo método de Priestley e Taylor (1972), considerando-se dados meteorológicos com séries contínuas e/ou descontínuas no período de 1979 a 1995. ....	58
TABELA A.1	Localização das estações pluviométricas. ....	103
TABELA A.2	Características físicas e água disponível para alguns solos na região de Altamira/Itaituba (Transamazônica). ....	107
TABELA A.3	Características físicas e determinação de água disponível para alguns solos na região do Nordeste Paraense. ....	108

## SUMÁRIO

RESUMO .....	XIV
ABSTRACT .....	XV
CAPITULO I .....	01
INTRODUÇÃO .....	01
CAPITULO II .....	06
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	06
2.1 – Características Térmicas e Hídricas da Região. ....	06
2.1.1 – Regime Térmico .....	06
2.1.2 – Regime Hídrico .....	08
2.2 – Cultura da soja ( <i>Glycine max L. Merill</i> ).....	10
2.2.1 – Botânica .....	11
2.2.2 – Variedades .....	13
2.2.3 – Doenças e Pragas .....	14
2.2.4 – Exigências Edafoclimáticas. ....	15
2.2.5 – Necessidades Hídricas da cultura da soja. ....	20
2.3 – Balanço Hídrico.....	21
2.4 – Evapotranspiração.....	24
2.5 – Zoneamento Agroclimático.....	26
CAPÍTULO III.....	28
MATERIAL E MÉTODOS .....	28
3.1 – Material .....	28
3.1.1 – Caracterização da Area .....	28
3.1.1.1 – Situação Geográfica e Clima .....	28
3.1.1.2 – Solos .....	35
3.1.1.3 – Vegetação .....	37

3.1.2. – Dados Meteorológicos .....	38
3.1.2.1 - Precipitação Pluviométrica .....	38
3.1.2.2 - Evapotranspiração de Referência .....	39
3.1.3 - Dados Bióticos .....	42
a) - Dados da Cultura da Soja. ....	42
3.2 - Métodos .....	43
3.2.1 - Caracterização do Regime de Chuvas .....	43
3.2.2 - Estimativa da Evapotranspiração de Referência .....	43
3.2.3 - Balanço Hídrico .....	45
3.2.4 - Variação Espacial dos Índices de Satisfação das Necessidades Hídricas (ISNH). ....	47
CAPÍTULO IV .....	50
RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	50
4.1 – Regime de Pluviométrico .....	50
4.2 – Evapotranspiração de Referência .....	56
4.3 – Zoneamento Agroclimático para a Cultura da Soja. ....	62
CAPÍTULO V .....	88
CONCLUSÕES .....	88
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS. ....	90
ANEXOS .....	103

## RESUMO

O objetivo deste trabalho foi definir áreas aptas e épocas mais favoráveis ao plantio da soja no Nordeste e Sudeste do Estado do Pará considerando a disponibilidade hídrica para o ciclo da cultura, bem como o risco climático para sua semeadura. Para tanto, utilizou-se a análise freqüencial da chuva para períodos decendiais ao nível de 20%, 50% e 80% para anos considerados de baixo, médio e alto risco climático respectivamente; simulação do balanço hídrico para a cultura utilizando o modelo SARRA e o Sistema de Informações Geográficas (SGI) para espacialização das informações obtidas. Os principais dados de entrada no balanço hídrico são precipitação pluviométrica diária, evapotranspiração de referência, duração do ciclo e das fases fenológicas da cultura e o coeficiente da cultura para definição de épocas mais favoráveis ao plantio da soja e determinação dos índices de satisfação hídrica (ISNH) para a fase compreendida entre a floração e o enchimento de grãos que é fase crítica quanto a disponibilidade hídrica. Foram realizadas simulações do balanço hídrico com a combinação de 12 épocas de plantios, duas variedades e três reservas úteis de água no solo de 25mm, 35mm e 50mm, obtendo-se os ISNH. A definição de áreas mais adequadas ao cultivo da soja foi baseada na espacialização da variação média dos ISNH para a fase crítica da cultura, sendo gerados no SGI mapas de zoneamento agroclimático para a cultura no Leste do Estado do Pará, os quais mostram diferenças quanto a época adequada de plantio, causadas pela variações do regime pluviométrico, ciclo da cultura e reserva de água no solo, bem como para cada época de semeadura as áreas favoráveis, intermediárias e desfavoráveis para o plantio da soja. O trabalho mostra ainda que a maior parte da região estudada apresenta áreas em condições favoráveis a semeadura da soja no período de 01 a 31 de janeiro, sendo o terceiro decêndio a época mais adequada devido a colheita coincidir com o início da redução das chuvas na maioria das microrregiões. Avançando-se com a data de semeadura aumenta-se, no sentido de Sul para o Norte, as áreas em condições desfavoráveis a semeadura da soja. Os resultados deste trabalho fornecerão subsídios para reduzir ou minimizar os prejuízos econômicos causados pela semeadura da soja em período e áreas inadequadas.

### ABSTRACT

The aims of this study is the identification of the most suitable areas and sowing periods for the establishment of soybean crop in northeastern and southeastern Pará State region (Brasil). It takes into consideration the water availability for crop cycle as well as the climatic risk for its sowing. For this, a ten-day-period-frequency analysis of the rainfall was performed at levels of 20%, 50% and 80% for the years that were considered being of low, medium and high climatic risk respectively. Water balance simulation for crop was performed by using SARRA model and the SGI (Geographic Information System) for spatial analyses. The main input data for these are: daily rainfall, reference evaporation, duration of crop cycle and phenological phases of crop and its coefficient. The last date input are used for determining ISNH (Fulfillment of Water Need Indexes) for the growing phase which goes from flowering to grain filling (crop's critical phase). Water balance simulation for soybean crop was performed by combing twelve planting periods, two varieties and three usable soil water reserve of 25mm, 35mm and 50mm in order to obtain the ISNH. The definition of the appropriate area for soybean cropping was based in the spatial medium variation of ISNH for the crop critical phase. This was mapped through GIS Agroclimatic zoning maps for soybean crop in Eastern Pará. It map of this shows differences concerning the appropriate period for cropping caused by the variations in the rainfall regime, soybean variety cycle and soil water reserve, as well as the suitable, intermediate suitable and unsuitable sowing periods. The study also shows that the biggest studied area presents suitable areas for soybean-crop in the period that goes from 1 to 31 of January. However the last 10 days of this period are the most suitable ones due to cropping season coincide with the beginning of rainfall decreasing. Its the sowing period advances, there's an increase in the South to North direction, of the areas which final themselves unfit for soybean sowing the results of this work will furnish subsidy to reduce or minimize economical damages caused by soybean crop sowing in areas and periods that are unsuitable for such to take place.

## CAPÍTULO I

### INTRODUÇÃO

As chuvas, por sua grande variabilidade em termos espacial e temporal, se constitui num dos elementos climáticos de maior importância para agricultura por sua grande influência em todos os estádios de desenvolvimento das culturas (Jackson,1982; Molion,1989, Bastos et al., 1986; Bastos, 1990 e Some, 1991). O excesso ou a deficiência hídrica em determinados subperíodos de desenvolvimento dos cultivos agrícolas pode acarretar prejuízos, em termos de produtividade e de economia, sendo portanto de grande importância os estudos voltados para a avaliação da influência dos regimes pluviométricos na produção agrícola.

A Amazônia e particularmente o Estado do Pará tem sido beneficiado por diversos estudos climáticos. A partir da década de 80 foram realizados diversos estudos enfatizando as causas da elevada precipitação pluviométrica e a influência que a floresta exerce sobre o clima a nível global tendo-se publicados diversos trabalhos, entre os quais pode-se citar: Kousky & Kagano (1981), Henderson-Sellers et al. (1987), Shuttleworth et al. (1991). No tocante aos estudos envolvendo a influência dos elementos climáticos na produção agrícola regional, predominam os trabalhos de climatologia descritiva e de regionalização, podendo-se citar: Bastos (1982) Bastos & Diniz (1982), SUDAM (1983), Bastos et al. (1986) e Diniz (1986). Com relação à avaliação dos parâmetros agroclimáticos, os trabalhos realizados estão mais voltados para o nordeste paraense e concentrados em Belém, e com poucas informações a esse respeito para o sudeste do Pará, podendo-se citar em termos de radiação solar Diniz et al., 1983; Diniz et al., 1986 e Rendeiro et al.,1986 e de precipitação pluviométrica, (Cutrim, 1983; Chaib Filho et al., 1986; Galate, 1987; Martorano et al., 1992; Sá et al., 1992; Nechet, 1984, 1993, 1993a; Santos, 1992 e Santos,1993) e em termos de umidade relativa (Bastos & Diniz,1980). No tocante ao

balanço hídrico, de modo geral, os estudos realizados são destinados à caracterização climática (Santos, 1980) e para subsidiar zoneamentos agrícolas e regionalização de cultivos, envolvendo um elenco de mais de 10 culturas, destacando-se as culturas perenes e semi perenes: cacau, café, cana de açúcar, seringueira, mandioca, pimenta do reino e as frutícolas: abacaxi, banana e laranja, e as plantas de ciclo anual: amendoim, arroz, feijão, milho e algodão. (Bastos, 1972; Bastos, 1997), notando-se todavia uma carência de estudos agroclimáticos para a cultura da soja, que atualmente desponta como sendo de grande interesse econômico para o Estado do Pará.

O Estado do Pará pode ser considerado como um dos mais desenvolvidos da Amazônia. É o segundo maior estado da federação brasileira, com uma superfície de 1.253.164,5 km<sup>2</sup>, representando 14,66% de todo o território brasileiro e está dividido em seis mesorregiões e 22 microrregiões, abrangendo 142 municípios. As mesorregiões são caracterizadas, principalmente, pelas semelhanças econômicas, sociais e políticas, e as microrregiões pela estrutura produtiva de cada comunidade econômica. Os municípios, de acordo com a área são classificados em pequeno, médio e grande porte.

A população paraense, segundo o Anuário Estatístico do Brasil (1994), aumentou de 1.538.193, em 1960, para 4.950.060 habitantes, em 1990. As estimativas para 1995 foram em torno de 5.332.187 habitantes. O crescimento populacional foi observado a partir da década de 70, devido a implantação dos grandes projetos agropecuários e extrativismo (vegetais e minerais) que se estabeleceram no Estado, atraídos por incentivos fiscais da Superintendência de Desenvolvimento da Amazônia - SUDAM.

O crescimento populacional do Estado e a implantação de grandes projetos agropecuários, têm sido considerados como os principais atores da ocorrência de desmatamentos que vem sendo processados ao longo do Estado notadamente nas regiões nordeste e sudeste paraense e vêm atraindo atenção de diversas entidades científicas e de

ambientalistas por deduzirem que a redução da floresta possa influir, a nível global, no clima e no regime pluviométrico local. Logo, faz-se necessário intensificar pesquisas voltadas para o aperfeiçoamento dos conhecimentos sobre os ecossistemas tropicais e, concomitantemente, de realizar exploração agrícola em bases sustentáveis considerando os interesses conservacionistas e o de utilização. Nesse contexto é de suma importância avaliar, além dos fatores agronômicos, a influência dos elementos climáticos, particularmente a sazonalidade pluviométrica, na produtividade agrícola do Estado do Pará., envolvendo cultura da soja que é objeto do presente estudo.

A produção agrícola no Estado do Pará é desenvolvida basicamente por pequenos e médios produtores rurais, sendo a agricultura direcionada para culturas alimentares como o milho, arroz, feijão e mandioca, ao lado de culturas perenes e semi-perenes como pimenta do reino, dendê, maracujá, cacau, laranja, urucum e mandioca. Paralelamente, a fronteira agrícola no Estado vem se expandindo com a introdução de novas culturas, e entre elas se destaca a soja, que é uma opção de investimento já que o cultivo dessa leguminosa foi aprimorado em outras áreas brasileiras, proporcionando conhecimentos básicos para implantação em áreas de interesse no Pará.

A importância da soja, em relação as outras culturas reside no fato de conter elevado teor de proteína, sendo portanto uma opção para substituir ou complementar os alimentos derivados de animais. A sua semente é composta de 5,4% de cinzas, 2,3% de fibras, 20% de óleo, 32,3% de carboidratos e 40% de proteína. Devido sua economicidade e abundância, desponta como importante alternativa para suprimento calórico-proteico das populações humanas. Nos países desenvolvidos a soja é incorporada às estratégias alimentares, sendo utilizada das mais diversas formas - *in natura*, como ingrediente de produtos industrializados ou como carne vegetal. No Brasil, a aceitação da soja ainda é limitada, sendo consumida, de forma mais ampla, através de seus sub-produtos, como o

óleo e a margarina (Carrão-Panizzi, 1987). Além disso, é uma das principais fontes de divisas para o Brasil, que é o segundo produtor mundial e, como grande exportador, interfere significativamente no mercado internacional dessa oleaginosa.

A expansão do plantio da soja no Brasil iniciou no final da década de 60 e a partir de então, o Brasil emvidou esforços para promover suas exportações, visando atender a ampliação do mercado mundial de soja e seus derivados. A produção da soja obteve um crescimento acentuado, contribuindo para alterar sua importância relativa no cenário nacional e internacional. Segundo Fageria (1989), no período compreendido entre 1970 e 1980, a produção da soja aumentou rapidamente de um milhão e meio para 15 milhões de toneladas. Durante esse período, as únicas safras que não atingiram produções elevadas foram as de 1977-78 e 1978-79, devido as condições climáticas serem extremamente adversas.

No Estado do Pará o plantio da soja iniciou em 1996 com a implantação do Pólo Agroindustrial da soja com o objetivo de tornar produtivas áreas de cerrado, áreas de capoeiras e áreas degradadas com a produção de grãos, principalmente com os da cultura de soja. A política do governo Estadual vem favorecendo a expansão do plantio dessa cultura, através da liberação de crédito subsidiado e da isenção fiscal aos empresários interessados em investir em tecnologia para aumentar a produção e a produtividade de soja. Paralelamente, os produtores rurais têm manifestado interesse em cultivar a soja atraídos pela política governamental e pela perspectiva de retorno econômico compensador.

Além da política do governo do Estado, outros fatores apontam para a viabilidade do cultivo da soja na região e contribuem para incentivar a expansão de seu plantio como a perspectiva da formação de complexo Agroindústria para a comercialização de calcário e fertilizantes; o incremento de outros setores agrícolas como a avicultura; a introdução das

áreas produtoras de soja no Corredor de Exportação Norte; e a utilização de áreas degradadas, capoeiras e cerrados com o cultivo de grãos reduzindo dessa forma o avanço da fronteira agrícola sobre ecossistemas de florestas permitindo uma exploração econômica sem agredir o meio ambiente.

Considerando esses fatores e que o cultivo da soja necessita de altos investimentos e de tecnologia adequada para garantir o sucesso de sua implantação, é importante a realização de pesquisas envolvendo não só os aspectos agronômicos e econômicos da cultura, bem como os relacionados com a influência climática nos estádios de desenvolvimento da cultura. No Estado do Pará, as pesquisas realizadas pela Embrapa com essa cultura abordam a avaliação de cultivares e linhagens de soja para identificação de variedades mais produtivas carecendo, portanto, de estudos relacionados com o risco climático na semeadura da soja.

Em função de tais aspectos, este estudo objetivou definir áreas e épocas mais favoráveis para o plantio da soja no leste do Pará, considerando a disponibilidade hídrica para o ciclo da cultura e o risco climático para o estágio compreendido entre a floração e enchimento de grãos, tendo em vista ser o período mais crítico da cultura. Tal estudo, pioneiro no Estado do Pará, aliado aos que vêm sendo efetuado por pesquisadores da Embrapa Amazônia Oriental, em parceria com outras instituições, como por exemplo a Secretaria de Agricultura do Estado do Pará (SAGRI), propiciará subsídios para reduzir e minimizar os prejuízos econômicos causados pela semeadura de soja em período e áreas inadequadas.

## CAPÍTULO II

### REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 2.1 - Características Térmicas e Hídricas da Região

##### 2.1.1 - Regime Térmico

A temperatura reflete o estado energético de uma substância; portanto, as oscilações térmicas indicam claramente as variações da quantidade de energia solar que atinge o sistema Terra-atmosfera. Essa variação ocorre mesmo na presença de combinações de fatores que atuam na temperatura do sistema (Vianello & Alves, 1991). Dentre os fatores que influenciam a distribuição de temperatura no globo terrestre, estão incluídos, além da quantidade de insolação recebida, a natureza da superfície, o relevo, as correntes marítimas, a distância do mar, e a natureza da corrente dos ventos. No tocante à agricultura, a temperatura é considerada um dos fatores importantes que influencia o crescimento, adaptação e a distribuição geográfica das plantas (Fageria, 1989).

As variações sazonais da temperatura do ar são determinadas em função da latitude e altitude. As regiões situadas em altas latitudes, apresentam as maiores amplitudes de temperaturas médias ou de temperaturas máximas. De modo geral, as localidades situadas nas baixas latitudes, como é o caso da região Amazônica e particularmente as áreas nordeste e sudeste do Estado do Pará, não apresentam grandes variações estacionais durante o ano, sendo, portanto, uma região caracterizada por pequena flutuação térmica (Bastos et al., 1986).

Para a área de estudo são poucas as informações publicadas relacionadas ao regime térmico, sendo o mesmo caracterizado dentro do contexto da Amazônia ou do Estado do Pará, que em geral apresenta temperaturas elevadas e pequenas flutuações térmicas. Contudo, existem algumas áreas na região, situadas na Amazônia Oriental, que apresentam

valores de temperaturas mínimas abaixo da média das temperaturas mínimas, evidenciando a ocorrência de amplitude térmica acentuada. Portanto, o conceito de uniformidade térmica não pode ser estendido a toda a região (Bastos, 1972; Ribeiro, 1976; Noé-Dobrea & Santos, 1979; Bastos & Diniz, 1982 e Cutrim, 1983). As temperaturas mínimas observadas em algumas áreas da Amazônia Ocidental, segundo o Anuário Estatístico do Brasil (1994) são devidas, em grande parte, à influência do fenômeno de "friagem", que consiste na queda de temperatura de maneira brusca e de curta duração, causada pela penetração de Anticiclone Polar, de trajetória continental, e da frente polar dele resultante. Ainda, com relação à ocorrência de temperaturas mínimas, Noé-Dobrea & Santos (1979) ressaltaram a importância do estudo do fenômeno da "friagem" dentro da região Amazônica, uma vez que fornecerá dentre outros benefícios, critérios adicionais ao zoneamento agroclimático e estabelecerá limites de áreas ótimas ao desenvolvimento de vários cultivos.

SUDAM (1984), analisando dados de temperatura de 92 estações da Amazônia Brasileira e de estações de áreas próximas, identificou para a região, através de análise das isothermas, as seguintes condições: temperaturas médias, máximas e mínimas anuais variando, respectivamente, entre 22°C e 27°C, 28°C e 33°C e 17°C e 23°C. No Estado do Pará a variação de temperatura média anual é de aproximadamente 24°C a 27°C e a amplitude de variação média mensal não ultrapassa 5°C. Na estação chuvosa, janeiro a maio, os valores de temperaturas máximas geralmente estão compreendidos entre 29°C e 31°C e no período de menor pluviosidade, junho a novembro, de 31°C a 34°C. Com relação a temperatura mínima, são observados valores absolutos em torno de 21°C a 23°C e durante o período menor incidência de chuvas ocorre um acréscimo mínimo na temperatura (Bastos, 1990).

### 2.1.2 – Regime Hídrico

Da mesma maneira que o regime térmico, a precipitação pluviométrica, também é estudada em termos de região Amazônica, sendo portanto o Pará, incluindo a parte leste desse Estado, caracterizado através dos estudos que vêm sendo realizados na Amazônia. A precipitação pluviométrica é considerada por diversos autores como o elemento climático de maior variabilidade (Bastos, 1972 e 1990; Bastos et al., 1986; Noé-Dobrea & Santos, 1979; Santos, 1980; Bastos & Diniz, 1982; Cutrim, 1983). Em função de sua grande variabilidade, a precipitação pluviométrica na região Amazônica é o elemento climático que mais influencia a produção agrícola (Chaib Filho et al, 1984; Assad, 1994). Também, em função dessa variabilidade, a precipitação pluviométrica é considerada o parâmetro meteorológico mais importante, principalmente nas regiões tropicais, onde a maioria das atividades agrícolas e hidrológicas estão associadas aos regimes de chuvas (Molion, 1989).

Os regimes pluviométricos caracterizam-se por apresentar duas épocas de chuvas distintas, sendo uma identificada pela frequência abundante de chuvas, que geralmente inicia em dezembro, podendo se estender até maio; e outra caracterizada por baixa pluviosidade, que inicia, geralmente, em junho e prolonga-se até novembro, podendo apresentar períodos de estiagem acentuada (Bastos et al, 1986).

De acordo com o mapa de isoietas (SUDAM, 1984), elaborado com dados de precipitação pluviométrica de 354 estações da Amazônia e regiões circunvizinhas, a variabilidade de precipitação no Estado do Pará oscila de 1.500 a 3.500mm. Os maiores valores de precipitação ocorrem no nordeste do Estado, próximo a área litorânea e decrescem na direção sul. Os menores valores de precipitação pluviométrica são observados no sul do Estado, distante, portanto, da influência do litoral (Bastos, 1990).

Molion & Kousky (1986) e Molion (1987) através de estudos sobre a circulação da troposfera na Bacia Amazônica e sua relação com os mecanismos que produzem chuvas,

concluíram que atuam na região sistemas que variam desde a escala de convecção-cúmulo até configurações de escala global. As causas físicas da variabilidade interanual da precipitação pluviométrica na Amazônia provavelmente estão relacionadas com as flutuações de macroescala, principalmente às da intensidade da circulação de Hadley-Walker, que por sua vez estão associadas com a intensidade e a variabilidade, tanto espacial como temporal, das fontes de calor sensível e calor latente nos continentes tropicais.

Molion (1987) afirma que o aquecimento da superfície nos trópicos produz uma célula de circulação direta térmica forçada com ascendência de ar quente e úmido sobre o continente e subsidência de ar seco sobre as áreas oceânicas adjacentes. Tal circulação é conhecida como célula de Walker, cujo ramo ascendente contribui para o intenso desenvolvimento de nuvens convectivas e altas precipitações, e o ramo descendente, que estende-se desde o este da Amazônia até o oeste da África, inibe a formação de nuvens e precipitação. A circulação termicamente forçada sobre a região aquecida induz convergência de ar e baixa pressão atmosférica nos baixos níveis e divergência de ar e alta pressão atmosférica nos altos níveis, originando um sistema de pressão localizado na troposfera ao nível de 200mb denominado Alta da Bolívia, que produz precipitação de acordo com a sua posição. Quando a Alta enfraquece e move-se para o norte durante o inverno é evidenciado uma estação seca nas partes sul e leste da Amazônia. Segundo Kousky & Kagano (1981), a variabilidade estacional da precipitação sobre a região Amazônica, provavelmente, se relaciona diretamente com a posição da Alta da Bolívia e as variações interanuais e mensais nos totais de precipitação geralmente são atribuídos às mudanças na circulação atmosférica de larga escala.

Outro mecanismo que influencia a variabilidade da precipitação pluviométrica na região Amazônica, referenciado por Molion (1987) e Molion & Kousky (1986), é a Zona

de Convergência Intertropical (ZCIT), originada pela convergência dos ventos alísios dos hemisférios Norte e Sul. Segundo esses autores a ZCIT é a responsável por totais de precipitação mais elevados no interior do continente a oeste e ao sul da Amazônia e ao longo da costa norte próximo a foz do Amazonas.

A ocorrência de linhas de instabilidade, induzidas por brisas marítimas, são provavelmente fatores responsáveis pela distribuição média mensal da precipitação pluviométrica nessa região e podem explicar a alternância de máximos e mínimos de totais anuais de precipitação que se observam de este para oeste, em torno do Amazonas. Com relação à distribuição da chuva no Estado do Pará, Cohen (1989) concluiu que 45% da precipitação que ocorre na parte Leste é devida a linhas de instabilidade.

Marques et al. (1980) salientaram que são responsáveis por padrões de distribuição de chuvas na Amazônia, o deslocamento meridional do sol, que atua como fonte de energia para os processos convectivos, e o oceano Atlântico, que funciona como fornecedor de vapor d'água para a região. Aldaz (1971) ressaltou que, apesar dos efeitos costeiros, orográficos e de radiação solar, os regimes pluviométricos, provavelmente, estão mais associados aos fenômenos da troposfera superior do que às condições da baixa atmosfera.

Nechet (1993) relatou que a variação diurna das chuvas nas regiões tropicais é atribuída a interação de vários fatores complexos, tais como: aquecimento e resfriamento por radiação, brisas, frequências de perturbações sinópticas e etc. Na região Amazônica, onde as precipitações são abundantes, a pluviosidade é, juntamente com a radiação global, o parâmetro meteorológico mais importante (Cardon et al., 1987).

## 2.2 - Cultura da Soja (*Glycine max* L. Merrill)

A soja é uma leguminosa anual, originária da China. Atualmente é cultivada em diversas regiões do mundo; entretanto, a sua maior produção está centralizada nos Estados Unidos, Brasil, República Popular da China, México, Indonésia, Argentina e Paraguai. É

considerada um dos produtos agrícolas de grande importância, por apresentar alto valor nutritivo devido aos índices elevados de proteína e também por originar diversos tipos de alimentos. Seus grãos contêm aproximadamente 40% de proteínas, 20% de óleo e 25% de carboidratos. É usada como alimentação humana, como ração para animais e como matéria prima para a indústria.

### 2.2.1 – Botânica

A soja é uma planta pertencente à família *Leguminosae*, sub-família *Papilionoideae*, tribo *Phaseolus*, e ao gênero *Glycine* L., sendo classificada como *Glycine max* .L. *Merrill*. De acordo com Sedyama et al. (1985), a soja é uma planta herbácea, anual, ereta, de crescimento morfológico diversificado, idêntico ao feijão-comum, diferenciando-se, além de outros caracteres, pelas hastes e vagens pubescentes. A altura varia entre 0,3 a 2,0m, podendo ser muito ou pouco ramificada. Dependendo da variedade e condições ambientais o ciclo da soja varia de 80 a 200 dias.

O sistema radicular é axial fasciculado e da raiz pivotante partem as raízes secundárias que se ramificam. Frequentemente, apresenta nódulos, em consequência de bactérias, *Rhizobium japonicum*, que vivem como saprófitas no solo ou inoculadas na semente. Dependendo da variedade o caule é do tipo herbáceo, ereto, mais ou menos pubescente e mais ou menos ramificado. Alguns caules apresentam pêlos brancos, pardos queimados ou tostados. As variedades comerciais apresentam três tipos de folhas, que são denominadas cotiledonares, unifoliadas ou primordiais e trifolioladas. As duas cotiledonares são as primeiras a emergirem na germinação. Após as cotiledonares surgem as folhas de lâminas simples, unifolioladas ou primordiais, e são caracterizadas por apresentarem formatos essencialmente oval, tendo pecíolo de 1 a 3 cm de comprimento e são opostas no primeiro nó acima dos cotilédones (Sedyama, et al., 1985).

Sedyama et al., (1985), ainda descrevendo as características botânicas da soja,

relataram que sua flor é completa, ou seja, composta de órgãos sexuais na mesma flor. O cálice compõe-se de cinco sépalas de lóbulos desiguais, pubescentes, parcialmente conatas e persistentes. A corola surge acima do cálice e é composta de pétalas brancas ou roxas com diferentes tonalidades. A pétala superior é chamada de estandarte ou vexilo. As pétalas medianas são as asas, e as duas inferiores, quando unidas formam a quilha ou carena. Os órgãos sexuais localizam-se no interior de uma câmara fechada formada pela carena.

O androceu é formado por dez estames pseudomonadelfos, sendo nove unidos e um separado, e as anteras são livres e arredondadas, dorsifixas. O gineceu possui estigma, bifido e plumoso e estilete, comprimento equivalente a metade do ovário, um pouco glabros. O ovário é pubescente e supero. Com relação a coloração, as flores da soja, são geralmente brancas, roxas ou bicolors. As variedades que apresentam flores com coloração roxa, o hipocótilo, a bainha e o caule são caracterizados por mesma tonalidade, enquanto que nas variedades de flores brancas, as partes citadas são verdes. Quanto ao tipo de inflorescência, a soja é caracterizada pelo tipo racimosa, nascendo nas axilas das folhas ou, às vezes no ápice do caule. Cada inflorescência é composta de 8 a 40 flores, entretanto, cerca de 75% das flores emitidas caem sem produzir frutos.

O fruto é do tipo vagem, achatado pubescente de coloração amarelo-palha, cinzento, amarelo-brumo ou preto. A coloração da vagem está associada à presença de caroteno ou xantofila, ou à presença ou ausência de pigmentos autociânicos. Em geral são identificadas de duas ou mais de 20 vagens por inflorescência, e mais de 400 numa planta. As vagens podem conter de uma a quatro sementes, mas normalmente apresentam duas ou três, e um comprimento de dois ou mais de sete centímetros em algumas cultivares.

De acordo com Fageria (1989) a germinação da soja é epígea, e em condições favoráveis, aproximadamente, de quatro a cinco dias após a semeadura os cotilédones

começam a emergir na superfície do solo estando completamente abertos um dia após a emergência. Dentro de seis ou sete dias estão abertas as folhas primárias. No período compreendido entre nove ou onze dias começa a abrir-se a primeira folha trifoliolada, e aos quinze dias está completamente aberta. Em baixas temperaturas, o desenvolvimento pode ser retardado. As raízes secundárias surgem entre três e sete dias, disseminando rapidamente.

### 2.2.2 - Variedades

As cultivares são agrupadas de acordo com o ciclo biológico, que variam em função da época de semeadura, da fertilidade dos solos, da altitude da área e da disponibilidade hídrica. Assim, as variedades de soja são classificadas em precoces, médias e tardias e estes termos quando usados para definir o ciclo, somente são adotados quando indicados para uma latitude específica e data de semeio uniforme (Bueno et al, 1981). As variedades de soja cultivadas no sul do Maranhão são denominadas precoce, média e tardia, quando o período de seu ciclo é de 110 dias, 125 dias e mais de 125 dias, respectivamente. As variedades tardias apresentam maior produtividade quando cultivadas em áreas com precipitação bem distribuídas durante o ciclo da cultura (Paludzyszyn Filho, 1995). Entre as cultivares de ciclo precoce destacam-se as seguintes: BR-35 (Rio Balsas), BR EMGOPA-312 (Potiguar), BR-9 (Savana), EMGOPA-308 (Serra Dourada), FT-Cristalina e FT-Canarana; cultivares de ciclo médio: EMBRAPA 30 (Vale do Rio Doce), EMBRAPA 31 (Mina), EMBRAPA 32 (Itaqui) e EMBRAPA 33 (Cariri RC); e finalmente as de ciclo longo: EMBRAPA 9 (Bays), BR 28 (Seridó) e EMBRAPA 34 (Teresina RC).

Segundo El-Husny et al. (1994), as cultivares de soja apresentam uma vasta diversidade genética quanto a sua adaptação ao meio ambiente, enquanto que a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (1995) ressaltou que adaptação de diferentes variedades em determinadas regiões depende das exigências hídrica, térmica e

fotoperiódicas e que o desenvolvimento satisfatório de variedades para cada região pode ser resultante de trabalhos de melhoramento e seleção de linhagens.

### 2.2.3 - Doenças e Pragas

Dentre os fatores que limitam o rendimento de qualquer cultura, a incidência de pragas e doenças, principalmente quando de difícil controle, são consideradas de grande importância no cultivo. A cultura da soja pode sofrer ataque de insetos em todas as fases de seu ciclo. Na emergência ocorrem insetos atacando as plântulas, entre as quais destacam-se a lagarta rosca (*Agrotis ipsilon*) e a broca-do-colo (*Elasmopalpus lignosellus*).

Na fase vegetativa podem atacar a cultura da soja os seguintes insetos: lagarta-da-soja (*Anticarsia gemmatalis*), a lagarta falsa-medideira, [*Chrysodeixis (Pseudoplusia) includens*], que é considerado o inseto mais comum da cultura da soja, e a broca-das-axilas (*Epinotia aporema*). Tais insetos são comuns na fase vegetativa; entretanto, em alguns casos, estendem-se até a floração. No início da fase reprodutiva os percevejos, como o percevejo-pequeno (*Piezodorus guildinii*) e o percevejo-marrom (*Euschistus heros*), provocam danos que se estendem desde a formação das vagens até o final do desenvolvimento das sementes (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 1995). 1995).

Segundo Yonory (1982), a soja é atacada por uma série de agentes patogênicos, sendo já identificados cerca de 100 patógenos causando doenças nessa cultura, e dentre os agentes observados, 35 são economicamente importantes. Os agentes patogênicos atacam diversas partes da soja, podendo incidir nas sementes e se estender até as partes aéreas da planta como folhas e flores. Entre os patógenos que atacam as regiões foliares da cultura, destacam-se a *Septonia Glycines* e *Cercospora kikuchi*. No Brasil já foram detectadas cerca de 40 doenças relacionadas com a cultura da soja e essas enfermidades podem ser causadas por fungos, bactérias, vírus e nematóides (Empresa Brasileira de Pesquisa

Agropecuária, 1995). A proporção que o cultivo da soja se expande para novas áreas, outras doenças tendem a aparecer, principalmente em monocultivos, contribuindo para reduzir, em percentagens elevadas, o rendimento.

Yonory (1982), através de consulta bibliográfica sobre a ocorrência de nematóides no Sul do Brasil, constatou que pelo menos treze gêneros estão associados com a soja: *Meloidogyne* spp.; *Pratylenchus* sp., *Tylenchorhynchus* sp.; *Helicotylenchus* spp. , *Trichodorus* sp. , *Xiphinema* sp., *Criconemoides* sp., *Scutellonema* sp., *Hoplolaimus* sp., *Longidorus* sp., *Tylenchus* sp., *Aphelenchus* sp., e *Radopholus* sp. Os nematóides que têm causado danos à soja são as espécies formadoras de galhas, *Meloidogyne inorata*, *M. incógnita* e *M. javanica*.

No Brasil existem poucos dados sobre a redução da produção em função do ataque de doenças, mas em outros países produtores como, por exemplo, os Estados Unidos o prejuízo em 1980 foi estimado em torno de US\$ 135 a 140 milhões. As perdas mundiais são estimadas em cerca de sete milhões de toneladas.

#### 2.2.4 – Exigências Edafoclimáticas

As características genéticas e o nível de adaptação ao ambiente, determinam o grau de rendimento máximo de uma cultura. As exigências ambientais de clima, solo e água para o crescimento, desenvolvimento e bons rendimentos diferem de cultura para cultura e com o tipo de variedade. Os fatores climáticos que determinam o rendimento máximo das culturas estão associados à temperatura, à radiação solar, à duração do dia e as suas necessidades hídricas. No caso da soja, considerando-se uma variedade altamente produtiva, se mantida sob boas condições hídricas e alto nível de utilização de insumos agrícolas apresenta nas regiões tropicais e subtropicais, rendimentos de grãos de 2,5 a 3,5 t/ha (Doorenbos & Kassam, 1994).

O volume e a distribuição das chuvas no ciclo da cultura são considerados fatores

importantes para se obter alta produtividade de grãos de soja, enquanto que o forte estresse hídrico associado com solos constituídos de baixo teor de matéria orgânica contribuem para se obter baixa produtividade de grãos (Paludzyszyn, 1995). As exigências bioclimáticas mais importantes no período de crescimento da cultura da soja são a temperatura, o fotoperiodismo e as condições hídricas (Pascale, 1969 e Costa et al., 1995), sendo tais fatores condicionantes da melhor época de semeadura da soja (Mota et al., 1973).

- Arruda (1973) relatou que a soja é uma cultura originária de clima temperado. No entanto, as variedades aclimatadas dessa leguminosa têm uma ampla faixa de adaptação aos climas frios, subtropical e tropical. Doorenbos & Kassam (1994), afirmam que a soja é uma planta que pode ser produzida sob condições quentes, em climas tropicais, subtropicais e temperados.

A cultura da soja é tolerante a variações de temperatura; entretanto, os índices de crescimento são reduzidos com temperaturas abaixo de 18°C e acima de 35°C. Algumas variedades podem ser afetadas durante a floração quando as temperaturas são inferiores a 24°C. As variações de temperatura de um ano para outro podem acarretar diferenças na floração (Doorenbos & Kassam, 1994). As temperaturas médias entre 20°C e 35°C proporcionam condições para um bom desenvolvimento da soja, enquanto que temperaturas médias acima ou abaixo desses limites, causam distúrbios na floração e na formação dos nódulos (Arruda, 1973).

Pascale (1969) ressaltou que as maiores regiões produtoras de soja no mundo apresentam temperatura média do mês mais quente variando de 23°C e 25°C. Segundo a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (1995) a soja se adapta bem entre as temperaturas de 20°C e 30°C, porém a melhor temperatura para o seu desenvolvimento

situa-se em torno de 30°C. A germinação e a emergência da soja são prejudicadas quando a semeadura da soja é realizada em solos que apresentam temperaturas inferiores a 20°C. A faixa favorável de temperatura do solo para a semeadura situa-se entre 20°C e 30°C, sendo 25°C a temperatura ideal. Quanto ao crescimento vegetativo da soja, em temperaturas menores ou iguais a 10°C o crescimento vegetativo é nulo ou pequeno, enquanto que temperaturas superiores aos 40°C têm efeito prejudicial na taxa de crescimento, provocando danos na floração e diminuição na capacidade de retenção de vagens. No caso de ocorrer déficit hídrico associado a temperaturas situadas naquela faixa os problemas de floração e de retenção de vagens são observados com maior intensidade.

A floração precoce esta relacionada principalmente com temperaturas altas, que podem acarretar redução no porte da planta. Geralmente, esse problema pode ser acentuado se ocorrer, durante a fase de crescimento, insuficiência hídrica e/ou fotoperiódica (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 1995).

A maturação pode ser acelerada em condições de altas temperaturas. Quando ocorrem temperaturas altas associadas com umidade relativa elevada a qualidade das sementes é prejudicada e, no caso das temperaturas estarem relacionadas com baixa umidade, os danos nas sementes são favorecidos durante a colheita.

Rieder (1984 ), após revisar diversas bibliografias sobre o efeito da temperatura no comportamento da soja concluiu que: 1) temperaturas do ar ou do solo menores que 18°C e superiores a 30°C prejudicam a germinação ou emergência da soja; 2) temperaturas do ar situadas entre 20°C e 35°C favorecem o desenvolvimento vegetativo da soja e que a melhor condição para esse desenvolvimento situa-se em torno de 30°C; 3) temperaturas do ar entre 24°C e 25°C parecem ser as melhores para o florescimento normal da soja; 4 ) é possível cultivar soja nas regiões de baixas latitudes do Brasil, desde que se tenha disponibilidade hídrica e que as temperaturas médias mensais sejam superiores a 20°C e as temperaturas

médias das mínimas superiores a 15°C. De acordo com Pascale (1969) à medida que as temperaturas diurnas e noturnas aumentam, a cultura da soja requer menos dias para a planta atingir o estágio de floração.

De acordo com França Neto et al. (1984) os principais fatores climáticos que contribuem para acentuar a redução da qualidade da produção da soja estão relacionados com a associação de temperatura elevada e alto índice de pluviosidade durante a maturação da semente. Silveira & Ribeiro (1997) ressaltaram que a escassez de umidade associadas à temperaturas elevadas, são fatores que reduzem a produtividade.

Mota (1975) ressaltou que o fotoperiodismo é um termo utilizado para designar todas as reações da planta ao comprimento do dia. As variedades para florescerem reagem diferentemente ao comprimento do dia, sendo que algumas necessitam de dias longos e outras de dias curtos. As variedades de floração precoce necessitam de dias longos para florescer, enquanto que as de floração tardia requerem dias curtos para florescer. Quando todas as condições para o desenvolvimento do vegetal são favoráveis, como temperatura, umidade, etc, porém, a duração do dia é inadequada, a planta crescerá indefinidamente, causando uma deformidade denominada de gigantismo.

A característica principal da soja é ser considerada planta de dia curto, porém uma grande quantidade de variedades reagem diferentemente a duração do dia, podendo encontrar-se desde as espécies indiferentes ao fotoperiodismo até aquelas que não florescem quando não dispõem de um nível fotoperiódico mínimo. Essas cultivares florescem mais rapidamente quando submetidas a baixos fotoperíodos (Pascale, 1969 e Bueno et al., 1981)

Gandolfi et al. (1979), analisando o efeito de diferentes termoperiodicidades sobre o desenvolvimento de 55 cultivares de soja em condições de dias curtos, concluíram haver diferenças significativas na respostas das cultivares, quanto ao número de dias da

emergência à floração, comprimento do caule principal, número de nós do caule principal e número de folhas.

Segundo Sedyama et al. (1985), o fotoperiodismo em soja é considerado como controlador do florescimento, sendo o comprimento do dia o fator mais importante para se determinar a proporção relativa entre os períodos vegetativo e de frutificação.

Segundo Fageria (1989), a soja é uma das espécies que florescem mais rápido quando os dias se tornam curtos, mas existe grande variação genética quanto à sensibilidade ao fotoperiodismo. De acordo com Shibles et. al. (1975), citado por Fageria (1989), o período crítico ao fotoperiodismo é aproximadamente de 13 horas, para os genótipos adaptados às regiões tropicais. Pascale (1969) enfatiza que quanto maior é o fotoperíodo mais dias são necessários para a soja atingir o estágio de floração e um fotoperíodo maior de 16 horas inibe a floração e a frutificação.

A cultura da soja pode ser cultivada em uma ampla faixa de solos, exceto naqueles muito arenosos, de drenagem rápida, como os Regossolos. Os solos devem ser profundos e bem drenados, sendo os Latossolos e Podzólicos os mais utilizados no cultivo dessa leguminosa. Os solos de várzea podem ser utilizados, desde que bem drenados. Os solos muito "pesados" provavelmente acarretam problemas de drenagem e dificultam a emergência das plântulas; contudo, a soja se adapta melhor nesses solos do que o milho e o algodão (Sedyama et al., 1985; Doorenbos & Kassam, 1994).

A soja se desenvolve em vários tipos de solo, entretanto, apresenta maior crescimento em solo fértil, bem drenado, de textura franca e pH de 6,5 a 7. Não é tão sensível à acidez quando comparada a outras leguminosas, embora se adapte a uma ampla faixa de solo, necessita de alta nutrição, particularmente de macronutrientes. Com relação ao nitrogênio (N), a planta pode fixar da atmosfera, se houver no solo as bactérias *Rhizobium japonicum* em quantidade o suficiente ou inoculada artificialmente. A cultura

da soja é exigente quanto à fertilidade do solo, porém se cultivada em solo de baixa fertilidade natural, deve ser realizada a aplicação de corretivos e adubação adequadas (Fageria, 1989).

Souto & Döbereiner (1968), analisando o efeito do fósforo, temperatura e umidade do solo na nodulação e desenvolvimento de variedades de soja perene, SP-1 e Tinarono, concluíram que a adubação fosfatada mostrou efeito na fase inicial de estabelecimento das plantas sendo necessário elevar os níveis desse elemento cima dos que normalmente são utilizados. Esses autores concluíram também, que temperaturas máximas diurnas do solo situadas entre 34° e 42°C prejudicam a nodulação e a fixação de nitrogênio e a produção de forragem, quando comparadas com máximas diurnas entre 29°C e 32°C.

#### 2.2.5 - Necessidades Hídricas da Cultura da Soja

A disponibilidade adequada de água no ciclo da cultura, se não houver outros fatores limitantes como incidência de pragas e doenças, deficiência de nutrientes e adversidade climáticas, é considerada de importância fundamental para se obter alta produtividade. O excesso e a deficiência de água podem causar redução na produção da soja. Segundo Mota (1987), a deficiência hídrica é o principal fator climático responsável pela flutuação anual do rendimento da cultura da soja no Estado do Rio Grande do Sul. Segundo Pascale (1969), o excesso de umidade antes da colheita pode ser prejudicial, principalmente quando as temperaturas são superiores a 15 °C, pois as plantas continuam vegetando, a semente não conclui a maturação e favorece enfermidades.

Salter & Good (1967), citados em Jackson (1982), concluíram que a soja é uma planta sensível ao déficit hídrico, no período compreendido entre a emergência da diferenciação floral e o final da frutificação, principalmente durante a floração e a formação dos frutos. As variedades de soja respondem diferentemente a disponibilidade de água durante o período de desenvolvimento vegetativo.

Rieder (1985), após examinar a influência das condições hídricas no comportamento da soja observou que tanto o excesso quanto a deficiência hídrica são fatores que limitam o desenvolvimento da soja. A deficiência hídrica se torna um elemento mais crítico para a soja se ocorrer por ocasião da germinação, fase inicial das plântulas e desde a diferenciação floral até o enchimento dos grãos. Relata que regiões com precipitação pluviométrica anual em torno de 500 a 1.600mm, permitem o desenvolvimento normal da soja e contribuem para a ocorrência de boa produtividade, desde que a quantidade de chuva seja bem distribuída durante o ciclo da cultura. Berlato & Bergamaschi (1979) afirmam que a soja necessita de 600 a 800 mm de água, distribuídos durante o ciclo biológico da cultura, nas seguintes proporções: 30% no período vegetativo e 70% para o período reprodutivo. O rendimento é reduzido quando ocorre veranico ou estiagem na época da formação de vagens/enchimento de grãos. Paludzyszyn Filho (1995) constatou que estresses hídricos associados à elevação de temperaturas médias, contribuem para ocorrer alteração no teor de óleo e proteína dos grãos. ↓

### 2.3 - Balanço Hídrico

O balanço hídrico é um sistema de contabilização da quantidade de água que é adicionada e perdida em um volume de controle, e é resultante da aplicação do princípio de conservação de massa num volume de solo vegetado. As adições de água são atribuídas principalmente à precipitação pluviométrica, ao orvalho e ao escoamento superficial, enquanto que as perdas decorrentes do escoamento superficial e profundo da água e, principalmente, da evapotranspiração, que representa a somatória da evaporação de água do solo e da transpiração de plantas (Pereira et al., 1997).

A técnica de balanço hídrico tem sido usada para subsidiar diversas atividades, entre as quais, destacam-se: definição de zonas climáticas ideais para as culturas; definição de épocas mais apropriadas ao plantio e às práticas agrícolas, preparo do solo, tratos

culturais, e aplicação de defensivos agrícolas, etc; caracterização climática de uma região; indicação de regiões ideais para a aclimação de espécies exóticas através do exame dos regimes de precipitação e evapotranspiração; previsão do período mais indicado de irrigação e estimar a quantidade de água a ser ministrada e, finalmente, é utilizada para relacionar a produtividade de culturas com a umidade do solo estimada (Mota, 1987 e Jackson, 1982).

Diversos métodos de balanço hídrico têm sido elaborados, porém os mais difundidos são os propostos por Thornthwaite (1948) e Thornthwaite e Mather (1955), pioneiros para estimar a evapotranspiração potencial, os excedentes e as deficiências hídricas, que são parâmetros importantes na avaliação de diversos estudos tais como: zoneamentos agrícolas, classificação climática de uma região, etc.

O balanço hídrico proposto por Thornthwaite e Mather (1955), proporciona a caracterização climática de uma região, sua aptidão e limitação agrícola. Através deste balanço hídrico é evidenciado, no decorrer do ano e de forma simples e racional, o comportamento de fatores básicos para aptidão agrícola, tais como o térmico e o hídrico (Camargo, 1987). Segundo Zangrande et al. (1978), o balanço hídrico de Thornthwaite e Mather (1955), por utilizar somente valores normais de evapotranspiração potencial e precipitação, não pode suprir casos que exigem o conhecimento das mais variadas situações de ocorrências de excesso e de deficiência hídrica. Na estimativa do balanço hídrico são adotadas as seguintes hipóteses: a) O solo é considerado como um reservatório no qual o armazenamento máximo é estabelecido; b) A água disponível no solo atende em princípio à demanda de evapotranspiração. O restante é incorporado ao solo até atingir o armazenamento máximo, de tal maneira que o escoamento só será possível se ultrapassar a capacidade de armazenamento; e, finalmente, c) No momento em que a disponibilidade hídrica do solo for igual ou superior a evapotranspiração de referência, admite-se a perda

de água através da evapotranspiração de referência, observando-se nesse caso que a evapotranspiração real é igual a potencial. No caso em que a disponibilidade de água é inferior a evapotranspiração de referência, o solo contribui com parte de suas reservas.

Os métodos de Thornthwaite (1948) e Thornthwaite e Mather (1955) geralmente utilizados para períodos mensais, serviram de base para o surgimento de outras metodologias de balanço hídrico, para períodos menores como cinco, sete e dez dias. Algumas metodologias vêm sendo aprimoradas, diferindo dos métodos originais, por incluírem diferentes processos de estimativas de evapotranspiração e parâmetros relacionados ao solo e a vegetação. Entre tais métodos pode-se citar os propostos por Franquin & Forest (1977) e Forest (1984), incluindo suas diferentes versões, BIP, BIPODE e BHYZON e, o derivado desse como, por exemplo, o SARRA (Sistema de análise regional de risco agroclimático).

Segundo Adri (1991) e Some (1991), o método de balanço hídrico proposto por Franquin & Forest (1977), versão BIPODE é um modelo que representa a simulação matemática a partir de três tipos básicos de dados: climáticos, do solo e da planta. Os dados climáticos são representados pela evapotranspiração potencial, em escala decendial e pela precipitação pluviométrica diária, enquanto que os da planta relacionam-se a variedade, ciclo, coeficiente da cultura e data de semeio. Em relação ao solo, os dados referem-se a reserva útil do solo (RUS) que é estimada à partir das características hidrodinâmicas e texturais, assim como, da profundidade de enraizamento máximo da cultura.

Some (1991) afirma que o método de balanço hídrico cultural do IRAT, versão BIPZON, proporciona a caracterização dos estágios de cultivos, cujos cálculos são relativamente fáceis, graças à adaptação deste modelo aos processos de informática (Forest, 1984), sob várias formas operacionais.

O modelo SARRA foi desenvolvido pelo CIRAD-CA (Centro de Cooperação

Internacional em Pesquisa Agronômica para o Desenvolvimento), em Montpellier, França e é constituído dos seguintes módulos: SARRAMET, gerenciador de dados meteorológicos, SARRABIL, balanço hídrico aplicado a parcela agrícola e SARRAZON, balanço hídrico aplicado ao zoneamento agroclimático (Baron et al. 1996, 1996a e 1996b).

A simulação de balanços hídricos para culturas, através do SARRAZON permite, à partir de um conjunto de parâmetros relacionados ao solo, cultura e clima, a realização de análise comparativa de situações agroclimáticas e análise cronológicas de riscos climáticos, cujos resultados fornecem condições para realizar, facilmente, estudos de zoneamentos através da exportação de arquivos resultantes georeferenciados diretamente para programas de cartografias ou do Sistema de Informações Geográficas (Baron et al. (1996a).

#### 2.4 - Evapotranspiração

Evaporação é o processo físico no qual uma substância passa do estado líquido para o estado gasoso. O processo de evaporação da água para a atmosfera é observado em oceanos, lagos e rios e em superfícies úmidas como solos nu ou com vegetação. É um processo que necessita de suprimento de energia externa ao sistema, a qual é proveniente do sol e transformada em calor latente (Pereira et al., 1997).

A evaporação da água das células dos vegetais pode ser atribuída, em grande parte, a água que penetra na planta através das raízes e desloca-se até às folhas e a outros órgãos da planta, a qual é liberada para o meio ambiente através dos estômatos ou da superfície cuticular. O processo de evaporação de água realizado através da planta é chamado de transpiração. Quando ocorre simultaneamente a evaporação da água do solo ou de superfícies livres de água e a transpiração da planta o processo passa a ser denominado de evapotranspiração (ET). Portanto, o termo (ET) é usado para descrever o processo total de transferência de água para atmosfera de superfícies de solos com vegetação para a

atmosfera (Rosenberg et al., 1974).

Thornthwaite (1948) introduziu o conceito de evapotranspiração como sendo a água evaporada de uma superfície totalmente coberta de vegetação curta e uniforme sem sofrer deficiência de água. Penman (1948) definiu a evapotranspiração potencial como a quantidade de água evapotranspirada na unidade de tempo de uma pequena superfície gramada, cobrindo o solo uniformemente sem deficiência de água. A evapotranspiração é um fenômeno complexo que depende da energia solar e da reserva hídrica do solo em menor grau, e em condições difíceis de se avaliar, a natureza e as características da cobertura vegetal e pedológicas do solo (Maltez et al., 1986). Estão associados ao processo de evapotranspiração dois conceitos: a evapotranspiração potencial (ETp) e a evapotranspiração real (ETr).

A evaporação potencial (ETp) de um solo é a máxima perda de água que um solo pode sofrer por evaporação, quando sujeita a determinadas condições meteorológicas. No caso de ocorrer insuficiente disponibilidade de água, a evaporação deixa de ser potencial e passa a ser denominada de real (ETr). De modo geral a evaporação real é menor que a potencial.

Bouchet (1963) afirma que a evapotranspiração real difere da potencial por considerar de um lado, a diferença da cobertura vegetal e de outro, o solo em condições reais de suprimento de água. As necessidades hídricas das culturas são expressas em termos de evapotranspiração (ET), em mm/dia ou mm/período. A ET está relacionada com a demanda evaporativa do ar que pode ser expressa como a evapotranspiração de referência (ETo), que traduz o efeito do clima sobre o nível de evapotranspiração da cultura. De acordo com Doorenbos & Kassam (1994), a evapotranspiração de referência *“representa a taxa de evapotranspiração de uma área extensa coberta por uma grama verde pequena de 8 a 15 cm de altura, em crescimento ativo, sombreando completamente o*

*terreno e sem escassez de água”.*

Azevedo et al. (1995) relatam que o conhecimento da evapotranspiração estacional ou por subperíodos do ciclo vegetativo de cada espécie vegetal, é de fundamental importância para a produtividade agrícola, principalmente quando há necessidades de complementação de água às culturas através da irrigação. Tais conhecimentos proporcionam o ajustamento de épocas de plantio e manutenção da umidade do solo adequada ao desenvolvimento satisfatório das plantas.

### 2.5 - Zoneamento Agroclimático

O zoneamento agroclimático pode ser considerado como uma técnica utilizada para o planejamento agrícola que permite a indicação de culturas economicamente rentáveis para determinadas localidades, considerando-se além dos aspectos físicos do solo, a fisiologia da planta e os relacionados aos elementos climáticos.

Portanto, para o desenvolvimento pleno de todas as fases da cultura e conseqüentemente a obtenção de produções rentáveis, deve-se levar em conta, principalmente, as interações do complexo climático com os processos fisiológicos da cultura. Dentre os elementos climáticos, geralmente os que são considerados na avaliação da introdução de culturas ou no planejamento de uso da terra, são a radiação solar, a evapotranspiração, a amplitude diária da temperatura, e os parâmetros gerados no balanço hídrico, como por exemplo, excedente e deficiência hídrica (Mota, 1975).

Para caracterizar o zoneamento agrícola, alguns autores têm proposto as mais variadas descrições. Contudo, a essência de cada uma revela praticamente o mesmo teor variando apenas os termos para aplicar ao zoneamento. Segundo Ometo (1981), a aptidão climática das espécies vegetais envolve o conhecimento de suas exigências climáticas e das condições do meio ambiente nos quais irão se desenvolver. Nesse aspecto, os parâmetros meteorológicos que mais atuam no desenvolvimento do vegetal são caracterizados,

definindo-se, assim, quais as condições climáticas extremas que podem prejudicar sensivelmente o crescimento da planta.

De acordo com Barrios (1997), o zoneamento agrícola baseia-se em parâmetros indicadores do potencial ecológico, que são representados pelas características geológicas, geomorfológicas, edáficas e climáticas regionais, e pela influência antrópica. Benavides (1977) ressaltou que o zoneamento agroclimático proporciona condições para eleger-se medidas agrotécnicas e práticas agronômicas adequadas para minimizar ações desfavoráveis dos fatores ambientais.

Assad (1994) ressaltou que um dos fatores a ser considerado no sucesso de práticas agrícolas é a delimitação de períodos em que o impacto climático, principalmente aquele em que predomina a escassez de chuvas, produz limitação na produção agrícola.

Bastos (1972), através da comparação de resultados de balanços hídricos mensais, segundo Thornthwaite e Mather (1955), das regiões de cultivos das espécies com a Amazônia Brasileira, elaborou para a região Amazônica o zoneamento agroclimático de culturas perenes e semi perenes, cacau, café, cana-de-açúcar, seringueira, mandioca, pimenta do reino, as frutícolas: abacaxi, banana, e laranja e de plantas de ciclo anual amendoim, arroz, milho e algodão. Mais recentemente, Bastos (1990) realizou para o Nordeste do Pará, o zoneamento agrícola com base em balanço hídrico seqüencial, para culturas de ciclo curto, em escala decennial.



## CAPÍTULO III

### MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 - Material

##### 3.1.1 - Caracterização da Área

##### 3.1.1.1 - Situação Geográfica e Clima

A área de estudo está contida no leste do Estado do Pará e corresponde as microrregiões dos Furos de Breves, Portel, Arari, Belém, Castanhal, Salgado, Bragantina, Cametá, Tomé Açu, Guama, Paragominas, Tucuruí, Marabá, Parauapebas, Redenção, São Félix do Xingu, Conceição do Araguaia e parte da microrregião Altamira. Suas coordenadas geográficas estão compreendidas, aproximadamente, entre as latitudes de  $00^{\circ}00'00''S$  e  $09^{\circ}00'00''S$  e as longitudes de  $46^{\circ}03'18''W$  e  $53^{\circ}00'00''W$ . A região é caracterizada por apresentar clima equatorial, quente e úmido, onde os índices de pluviosidade variam de 1.500mm a 3.000mm e os regimes pluviométricos apresentam dois períodos de chuva bem definidos: um caracterizado por índices elevados de pluviosidade, iniciando em dezembro ou janeiro e se estendendo até abril ou maio; e outro com menor precipitação, atingindo os demais meses do ano.

A precipitação pluviométrica é o elemento climático de maior variabilidade, sendo os meses de dezembro, janeiro, fevereiro, março, abril e maio caracterizados como os mais chuvosos, com os totais de precipitação acima de 100mm, e junho, julho, agosto, setembro, outubro e novembro como os menos chuvosos com totais mensais abaixo de 100mm. A Figura 3.1 mostra a variação média mensal da precipitação pluviométrica de algumas estações situadas na área de estudo.

A distribuição das médias mensais da umidade relativa tem estreita relação com o regime pluviométrico, ou seja, os valores mais altos de umidade relativa são registrados no

período de maior precipitação e os mais baixos no período de menor índice de pluviosidade (Bastos et al., 1986). Em geral apresenta, na maioria dos municípios, valores médios mensais de umidade relativa variando de 75 a 90% (Figura 3.2).

Com relação a temperatura do ar, quando trata-se de temperaturas médias, máximas e mínimas anuais, e temperaturas máximas e mínimas absolutas diárias, é evidenciado grande flutuação durante o dia e pequena flutuação térmica anual. A flutuação estacional da temperatura do ar relaciona-se com os padrões pluviométricos. Dessa forma na estação chuvosa, a maioria das microrregiões paraenses apresentam, geralmente, as temperaturas máximas menos elevadas, sendo tais valores situados entre 29°C e 31°C e na estação menos chuvosa entre 31 e 34°C.

As médias anuais da temperatura máxima variam 31°C a 33°C; da temperatura mínima de 19 a 23,9°C e da temperatura média compensada de 24 a 27°C. As médias mensais da temperatura máxima variam de 30,0 a 34,5°C, da temperatura média compensada variam de 24,5 a 26,5°C e da temperatura mínima de 19,0 a 22,5°C. A Figura 3.3 mostra a variação da temperatura média mensal de seis estações situadas na região.

Com relação a insolação, os valores médios anuais de brilho solar variam de 1.800h a 2.500h, distribuídos em faixas variando 1.800 a 2.200h e de 2.200 a 2.500h. Os valores de 2.200h a 2.500h de insolação abrangem o litoral e o nordeste do Pará, onde os totais reduzidos no verão são atribuídos a presença da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e os totais menos elevados (julho a setembro) devido à redução de nebulosidade. A faixa de 1.800h a 2.200h engloba as demais áreas do Estado. A Figura 3.4 mostra a variação média dos totais mensais de insolação de oito estações localizadas na região.

Na Tabela 3.1 encontram-se sumariados os valores médios de totais anuais de precipitação pluviométrica (mm), médias anuais de temperaturas do ar (°C) e de umidade relativa (%) de 18 estações situadas na área de estudo ou em sua proximidade.

## Precipitação Pluviométrica

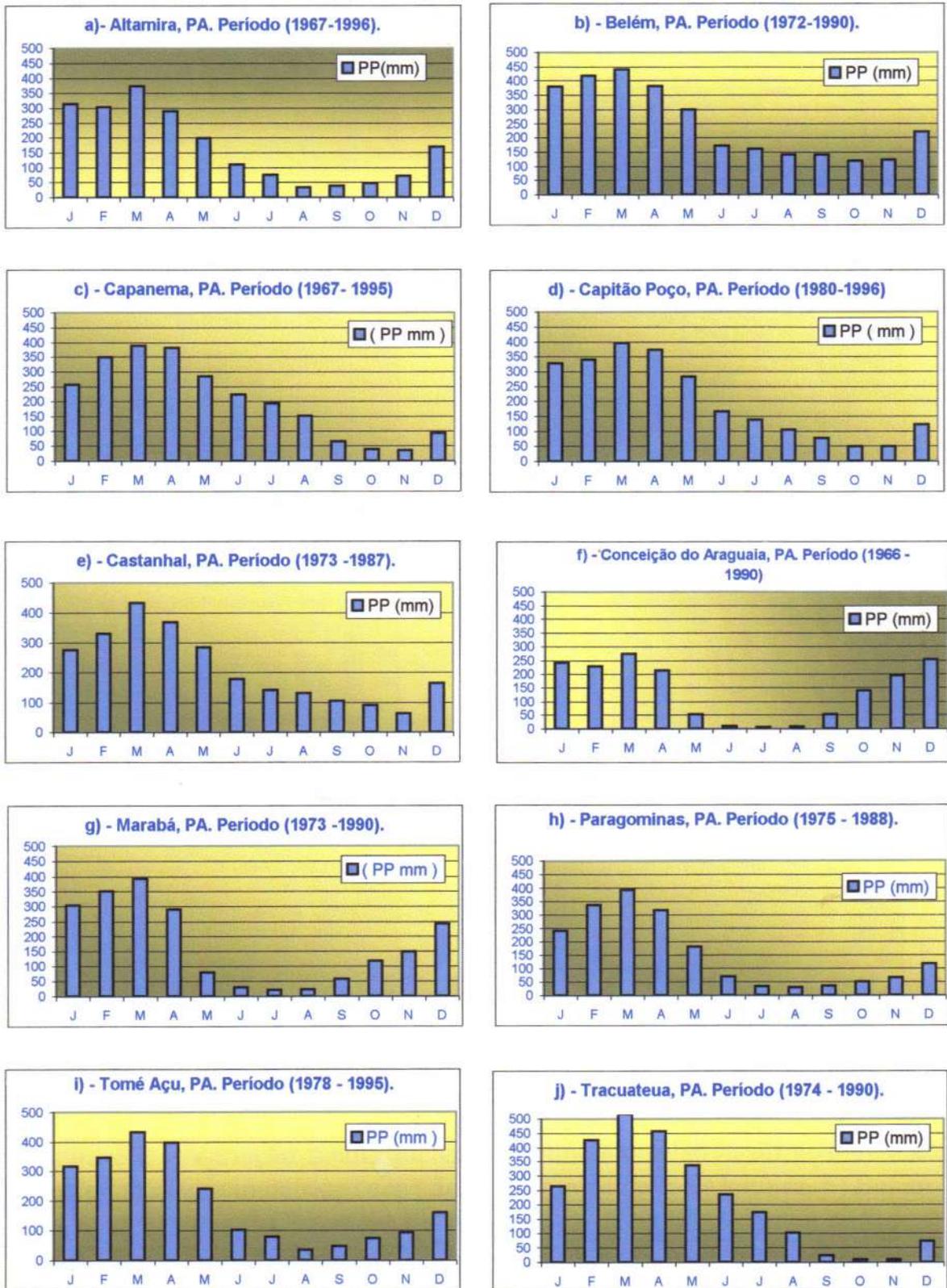


Figura 3.1 – Variação média mensal da precipitação pluviométrica (mm) dos municípios de: a) Altamira, b) Belém, c) Capanema, d) Capitão Poço, e) Castanhal, f) Conceição do Araguaia, g) Marabá, h) Paragominas, i) Tomé Açu e j) Tracuateua.

## Umidade relativa e Precipitação pluviométrica

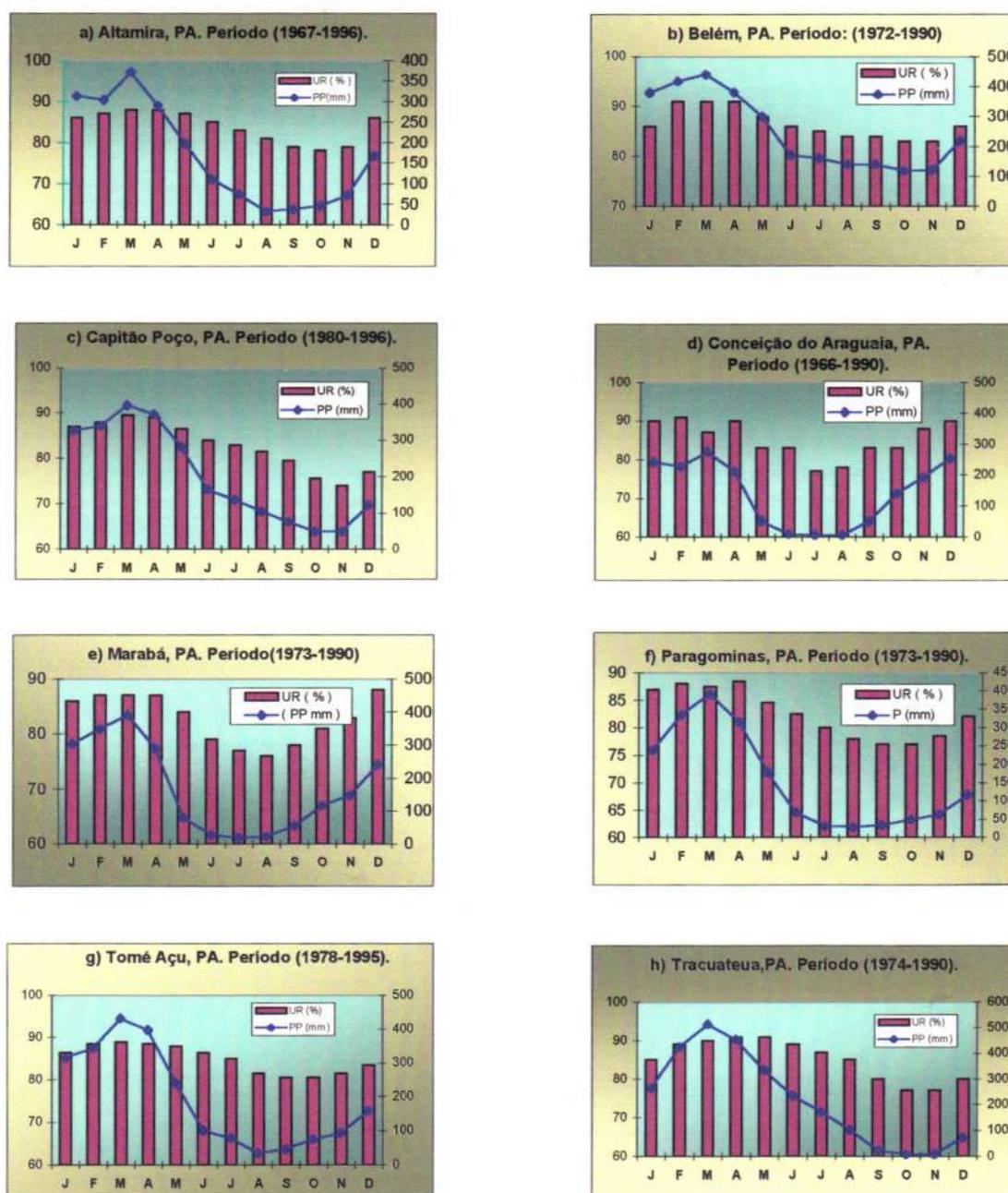


Figura 3.2 - Variação média mensal da umidade relativa do ar (%) e da precipitação pluviométrica (mm) dos municípios de: a) Altamira, b) Belém, c) Capitão Poço, d) Conceição do Araguaia, e) Marabá, f) Paragominas, g) Tomé Açu e h) Tracuateua.

## Temperatura do ar

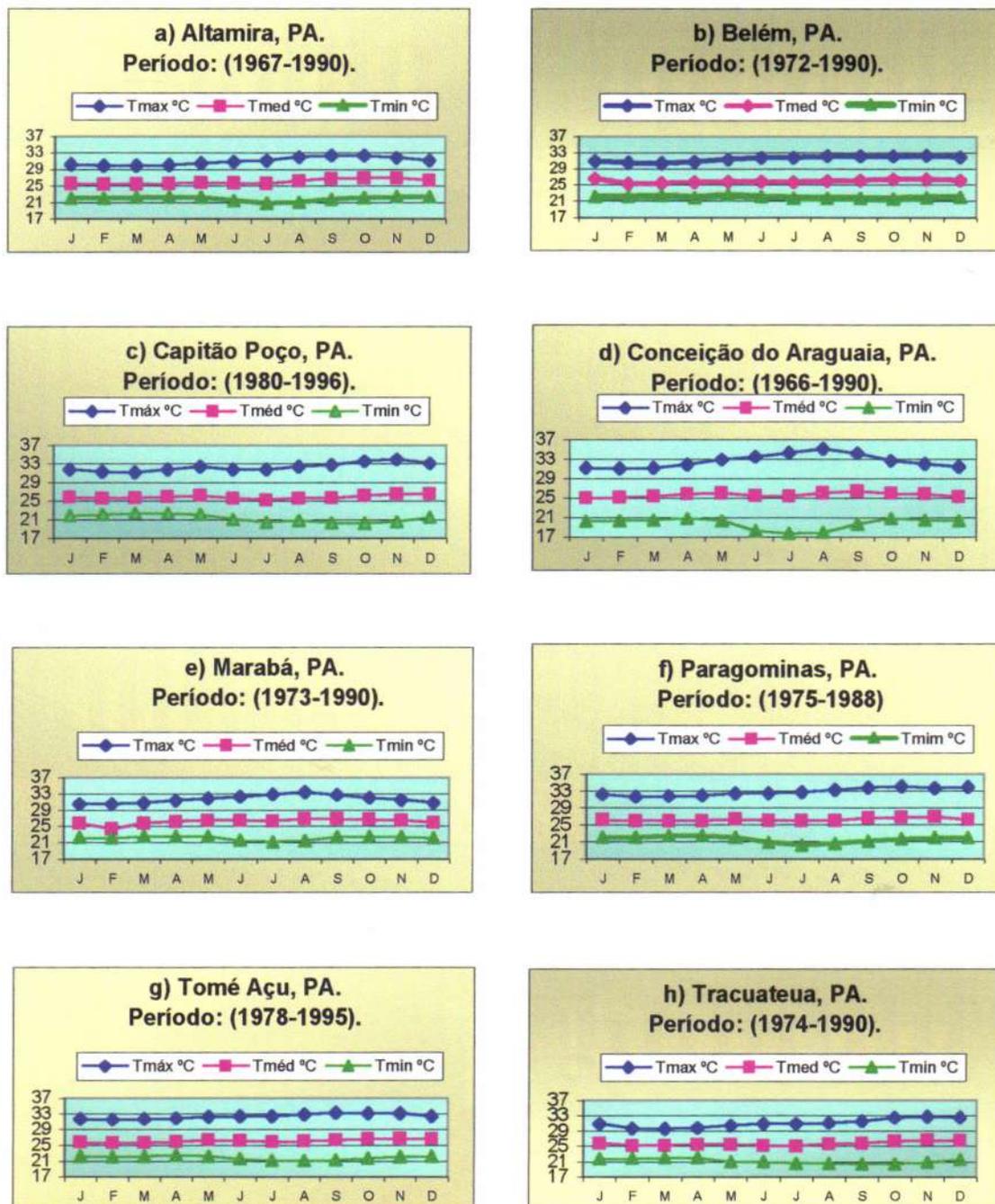


Figura 3.3 - Variação média mensal da temperatura máxima (°C), temperatura média compensada (°C) e temperatura mínima (°C) dos municípios de: a) Altamira, b) Belém, c) Capitão Poço, d) Conceição do Araguaia, e) Marabá, f) Paragominas, g) Tomé Açu e h) Tracuateua.

## Insolação

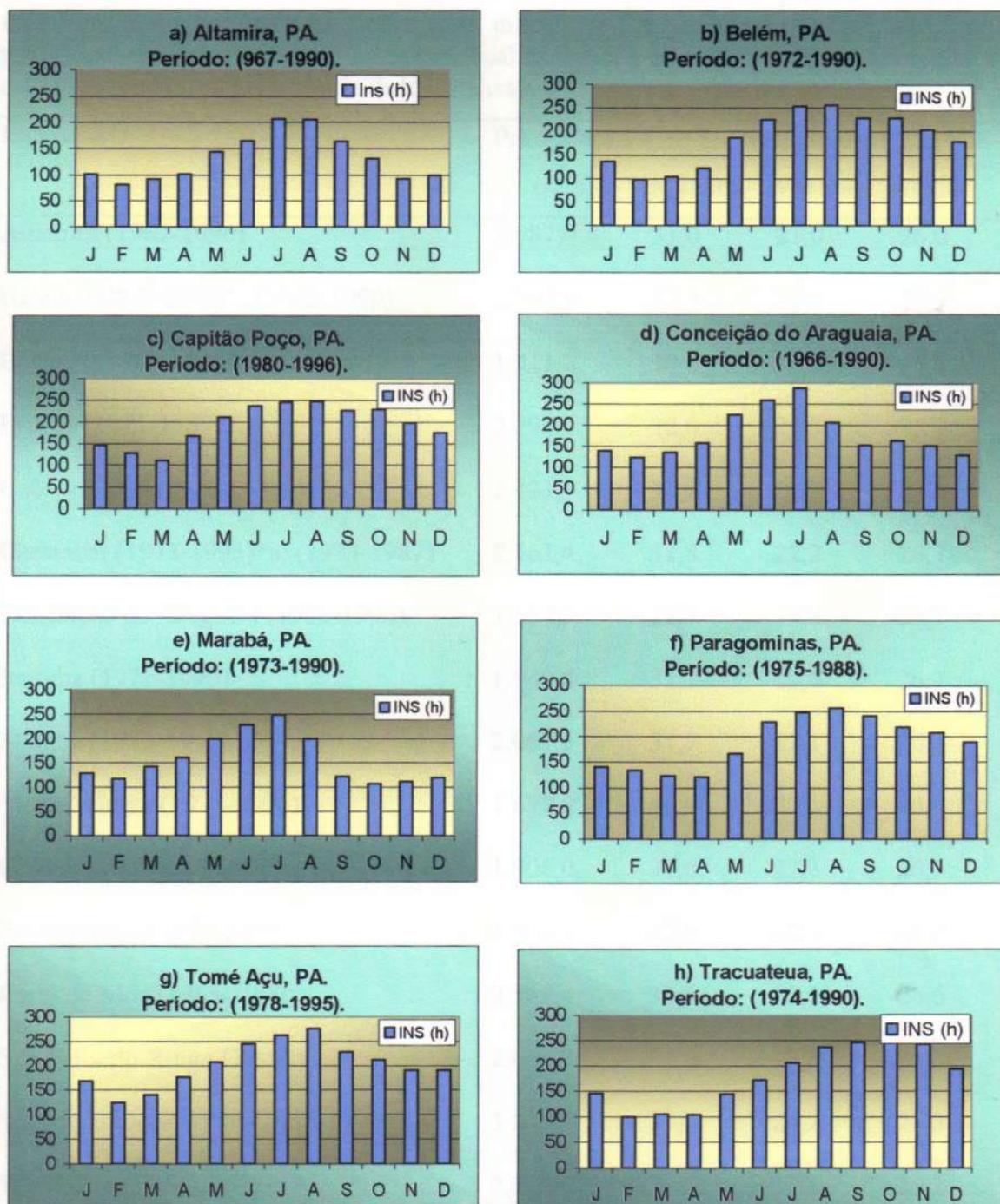


Figura 3.4 - Variação média do total mensal de horas de insolação (h) dos municípios de a) Altamira, b) Belém, c) Capitão Poço, d) Conceição do Araguaia, e) Paragominas, g) Tomé Açu e h) Tracuateua.

TABELA 3.1 - Valores médios anuais de precipitação pluviométrica (mm), temperatura do ar, máxima, mínima e média (°C) e umidade relativa do ar (%) provenientes de estações meteorológicas localizadas na área ou proximidades da região em estudo e respectivos períodos de dados analisados.

ESTAÇÃO	Precipitação (mm)	Temperatura (°C)			UR (%)
		Máxima	Mínima	Média	
Altamira (1967-1990)	1.987,9	31,0	21,0	26,0	84
Belém (1967-1996)*; (1972-1990)	2.993,4	31,4	21,9	25,9	84
Belterra (1967-1990)	1.911,2	30,2	20,5	24,8	90
Breves (1971-1989)	2.299,0	32,0	21,3	25,7	87
Capitão Poço (1980-1996)	2.423,9	32,2	21,3	25,8	84
Castanhal (1973-1995)*a; (1973-1987)	2.563,4	31,8	22,2	26,1	85
Conceição do Araguaia (1966-1990)	1.754,9	32,7	19,8	25,7	85
Itaituba (1971-1990)	1.949,8	32,1	22,4	26,7	88
Marabá (1973-1990)	2.087,5	31,7	22,1	26,1	82
Monte Alegre (1974-1990)	1.677,8	30,9	22,5	26,4	78
Óbidos (1971-1990)	1.906,0	31,6	22,3	26,3	86
Paragominas (1975-1988)	1.862,2	32,6	22,1	26,2	82
Porto de Moz (1966-1990)	2.389,4	31,5	22,1	26,6	84
São Félix do Xingu (73-90)	2.066,8	31,8	22,3	25,0	85
Soure (1980-1994)*b; (1980-1990)	3.215,9	31,0	24,2	27,3	82
Tomé Açu (1978-1995)	2.342,9	32,5	22,1	26,2	86
Tracuateua (1974-1990)	2.544,8	30,9	21,1	25,7	85
Tucuruí (1972-1990).	2.227,6	32,5	22,1	26,4	87

(\* ) Série pluviométrica de Belém: 1967-1996;

(\*a) Série pluviométrica de Castanhal: 1973-1995;

(\*b) Série pluviométrica de Soure: 1980-1994.

## 3.1.1.2 - Solos

Dentre as principais classes de solos encontrados no Estado do Pará (Tabela 3.2), predominam na área de estudo os Latossolos (Oxisols) e os Podzólicos (Utisols) distróficos, que em termos de Amazônia representam cerca de 70% de solos da região. Também, são encontrados em menor proporção os Plintossolos (Alfisols, Oxisols, Inceptisols) com cerca de 7,5%, as Terras Roxas, Podzólicos Eutróficos e Latossolos Roxos que somam 4,5%; os Gleissolos Eutróficos com 5% e o restante da área correspondem a outros solos, como Podzol Hidromórfico, Cambissolo e Areias Quartzosas (Alvarez, et al., 1996).

Tabela 3.2 - Principais classes de solos encontrados no Estado do Pará. Embrapa-Amazônia Oriental, Belém, Pará. 1998.

CLASSES DE SOLO	GRUPOS	SOIL TAXONOMY
Latossolos	Latossolos Amarelos	Oxisols
Latossolos	Latossolos Vermelho Amarelo	Oxisols
Podzólicos	Podzólicos Vermelho Amarelo	Utisols
Plintossolos	Plinthosol	Alfisols, Oxisols, Inceptisols
Areia Quartzosas	Areias Quartzosas	Entisols
Terra Roxa	Terra Roxa	Alfisols
Gleissolos	Gley Pouco Úmido	Entisols
Halomórficos	Solonchack ou Solonetz	Ardisols

Os Latossolos apresentam textura média com teores de argila variando entre 15% e 35% e textura argilosa com teores de argila superiores a 35%. Os Latossolos Amarelo são caracterizados como solos muito profundos, porosos, moderadamente ou muito fortemente drenados, friáveis ou muito friáveis, tendo com importante característica a ausência de cerosidade (Falesi, 1986).

Os Latossolos Amarelo diferem dos Latossolos Vermelho, principalmente, em relação ao teor de óxido de ferro ( $\text{Fe}^2\text{O}^3$ ). Os Latossolos Amarelo são constituídos de 7% de ( $\text{Fe}^2\text{O}^3$ ) e os Vermelho-Amarelos de 9% de ( $\text{Fe}^2\text{O}^3$ ). Os Latossolos Amarelo são encontrados nas faixas paralelas aos rios Guamá, Tocantins e Amazonas, e o Vermelho Amarelo no extremo Norte do Estado e ao longo do rio Araguaia.

Os solos Podzólicos Vermelho-Amarelo eutróficos são caracterizados como de média-alta fertilidade e apresentam saturação de bases acima de 50% e de alumínio inferior a 50%, sendo encontrados em algumas áreas do sul do Pará. Os solos Podzólicos Vermelho-Amarelo distróficos, são caracterizados pela baixa fertilidade e por apresentar saturação de base abaixo de 50% e de alumínio acima de 50%.

O Plintossolo é composto por solos hidromórficos apresentam baixa fertilidade natural, acidez elevada, textura arenosa e pouca permeabilidade devido à natureza argilosa e compactada de seu sub-solo. Os Plintossolos são encontrados em pequenas faixas do Nordeste do Pará, incluindo o Marajó.

As Terras Roxas são solos resultantes de alterações básicas e ultra básicas, de alta fertilidade, coloração vermelha violácea e de textura argilosa. As Terras Roxas são encontradas em Altamira (Transamazônica), nas proximidades dos municípios de Alenquer e São Félix do Xingu.

As areias Quartzosas apresentam baixa fertilidade natural e grande teor de acidez. As características básicas das areias quartzosas podem ser resumidas em perfil profundo, muito permeável, excessivamente drenado e arenoso com teor de argila abaixo de 15%. Os componentes minerais são formados basicamente de quartzo, sendo inadequadas para o uso agrícola devido a carência de nutrientes e por serem excessivamente arenosos (Falesi et al., 1980 e Falesi, 1986).

Os Gleissolos são influenciados pelo lençol freático, sendo divididos em Gleis

humico e Glei pouco humico conforme os efeitos da oscilação do lençol freático. Os solos Halomórficos alcalinos ou Solonetz são caracterizados pela presença de carbonato de sódio (Falesi, 1986). São considerados impróprios ao uso agrícola devido ao excesso de água, sal, alcalinidade e por apresentar dificuldade de manejo.

### 3.1.1.3 - Vegetação

A cobertura vegetal natural na região estudada pode ser considerada bastante diversificada, sendo composta basicamente de quatro tipos: Floresta Ombrófila densa, Mata ou Floresta Ombrófila Aberta, Cerrados e Campos naturais (Nascimento & Homma, 1984).

A floresta ombrófila densa caracteriza-se por uma vegetação exuberante, composta de árvores de grande porte, sendo constituída de espécies botânicas de elevado valor econômico; enquanto que a floresta ombrófila aberta, também caracteriza-se por apresentar árvores de grande porte, porém, a densidade de espécies é menor do que a da floresta ombrófila densa, apresentando, portanto, menor valor comercial. A copa de suas árvores, em geral, não fica tão próxima uma das outras, o que contribui para a penetração dos raios solares. O cerrado é constituído de uma vegetação herbácea composta de espécies arbustivas espaçadas e tortuosas, enquanto que os campos naturais de espécies forrageiras sendo encontrados em áreas de terra firme inundável (Nascimento & Homma, 1984).

De acordo com o seu habitat, a vegetação caracteriza-se em vegetação de Terra Firme, de Várzeas e de Igapó. A vegetação de Terra Firme é encontrada em quase todo o Estado, principalmente em áreas caracterizadas por índice pluviométrico superior a 2.300mm anuais e temperaturas médias variando entre 22°C e 25°C.

As vegetações de várzea são florestas que localizam-se em planícies de alagado caracterizadas por sofrerem, periodicamente, a influência da variação do nível dos rios. No Pará, as vegetações de várzea localizam-se ao longo do rio Amazonas e de seus afluentes e

são caracterizadas por espécies menos frondosas, entre as quais: ucuúba (*Meristicasebifera*), andiroba (*Carapa guianensis aubl.*), palmeira de açaí (*Euterpe oleracea*) e Buriti (*Mauritia fluxuosa*). Na área de várzea da ilha do Marajó, são evidenciadas as espécies leguminosas como Jutai-açu e Faveira, enquanto que às margens dos furos são encontradas espécies de seringueira (*Hevea brasiliensis*). A vegetação de Igapó é identificada pela ocorrência de florestas pantanosas, adequadas aos locais que dão origem a rios e igarapés (Pires, 1974).

### 3.1.2 - Dados Meteorológicos

3.1.2.1- Precipitação Pluviométrica: Foram utilizados dados diários de precipitação, provenientes de estações pertencentes ao Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica (DNAEE), Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e da Embrapa Amazônia Oriental. Inicialmente, foram criados os arquivos de chuva, sendo digitadas no módulo SAISPL do BIPZON (Simulação de balanço hídrico de culturas, Forest, 1984) os dados diários das séries de precipitação pluviométrica de 52 estações, das quais selecionou-se 42 estações, sendo 36 situadas no Estado do Pará, 5 (cinco) no Estado de Tocantins e 01 (uma) no Estado do Maranhão. A Figura 3.5 mostra a localização das estações e a Tabela A.1 nos anexos, relaciona as estações, suas coordenadas geográficas e o período de dados pluviométricos utilizados.

A seleção das séries pluviométricas consistiu na eliminação de séries incompletas ou de séries com valores médios de totais mensais muito acima dos valores das normais climáticas publicadas pelo Departamento Nacional de Meteorologia (BRASIL, 1992), e na adoção de séries anuais completas, contínuas ou descontínuas. Além desses critérios, foram estabelecidos outros padrões como localização das estações pluviométricas nas microrregiões situadas a leste do Estado do Pará ou em suas adjacências e séries temporais iguais ou superiores a dez anos.

Os arquivos contendo as séries diárias de precipitações pluviométricas, digitadas no SAISPL do BIPZON, foram transferidas para o módulo SARRAMET (gerenciador de dados meteorológicos) do SARRA (Sistema de Análise regional de risco agroclimático) através de rotinas constantes deste programa.

3.1.2.2 - Evapotranspiração de Referência: Na estimativa da evapotranspiração de referência, segundo a metodologia de Priestley e Taylor (1972), para períodos decendiais, foram utilizados dados meteorológicos diários de temperatura ar ( $^{\circ}\text{C}$ ), umidade relativa (%) e insolação (h), provenientes de 11 estações (Tabela 3.3), localizadas na área ou nas proximidades do local selecionado. Além destes dados foram estimados dados de saldo de radiação. Para as estações sem dados de insolação ou que apresentaram falhas nas séries de brilho solar, na estimativa do saldo de radiação foram assumidos valores de insolação de estações localizadas em suas proximidades.

Os dados de temperatura média do ar, umidade relativa e parte dos dados de insolação foram obtidos em Boletins Agrometeorológicos do Centro de Pesquisa Agroflorestal da Amazônia Oriental (atualmente, Embrapa Amazônia Oriental), registrados nas estações meteorológicas, localizadas em Altamira, Belém, Capitão Poço, Castanhal, Paragominas e Tomé Açu.

Os dados de insolação e a estimativa da temperatura média compensada e da umidade relativa para as estações de Belterra, Conceição do Araguaia, Itaituba, Marabá, São Félix do Xingu, Tracuateua e Tucuruí, pertencentes ao Instituto Nacional de Meteorologia, originaram-se de dados meteorológicos pertencentes ao acervo de dados do Laboratório de Climatologia do Centro de Pesquisa da Embrapa Amazônia Oriental.

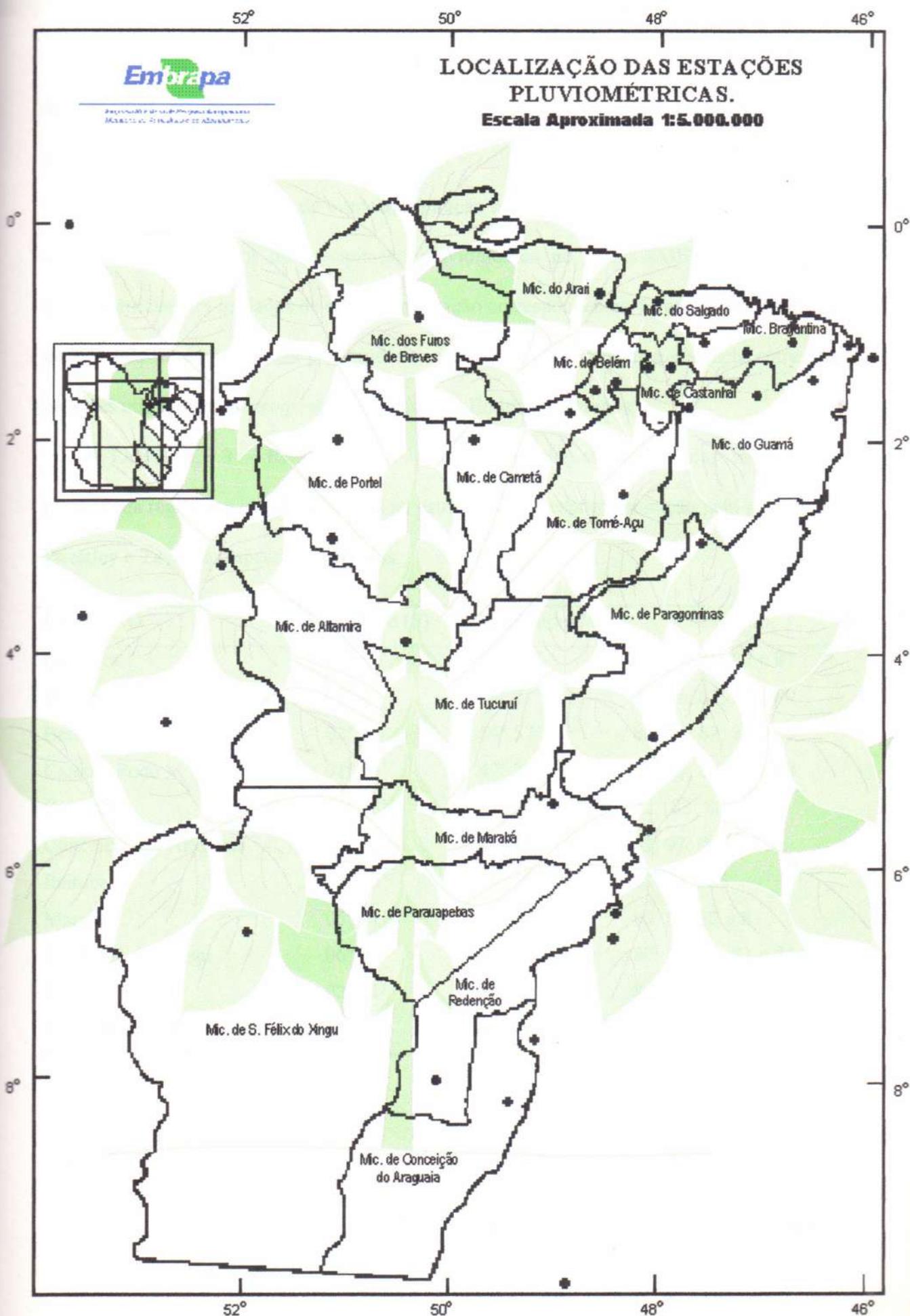


Figura 3.5 – Mapa de localização das estações pluviométricas utilizadas no trabalho.

Os dados diários de temperatura do ar, umidade relativa, insolação foram armazenados em planilha do EXCEL para a estimativa do saldo de radiação e da evapotranspiração de referência.

Os valores estimados da evapotranspiração de referência para as 11 estações foram correlacionados com os de precipitação pluviométrica no SARRAMET. Nas estações pluviométricas sem os dados de evapotranspiração correspondentes, foram utilizados dados de estações situadas em suas proximidades sendo que para calcular a distância entre tais estações utilizou-se um programa fornecido pela Embrapa Cerrados.

TABELA 3.3 - Relação das estações meteorológicas localizadas na área ou próximo da região em estudo utilizadas na estimativa da evapotranspiração pelo método de Priestley e Taylor e respectivos períodos.

ESTAÇÃO	Latitude (S)	Longitude (W)	Período
Altamira	03° 12'	52° 12'	78; 80; 86; 87 e 87
Belém	01° 28'	48° 27'	80; 86; 87; 88 e 89
Belterra	02° 38'	54° 57'	80; 81; 82; 84 e 85
Capitão Poço	01° 46'	47° 28'	82; 85; 86; 87 e 88.
Castanhal	01° 18'	47° 56'	82; 83; 86 e 85
Conceição do Araguaia	08° 16'	49° 16'	92; 93; 94 e 95
Itaituba	04° 06'	55° 59'	83; 84 e 85
Marabá	05° 21'	49° 09'	80; 81; 82 e 83
São Félix do Xingu	06° 38'	51° 59'	80; 81; 82; 83 e 84
Tomé Açu	02° 31'	48° 22'	86; 87 e 88
Tracuateua	01° 04'	46° 46'	79; 80; 82; 83; 84 e 85

### 3.1.3 - Dados Bióticos

#### 3.1.3.1 - Dados da Cultura da Soja

Os dados referentes a caracterização de cultivares, mais especificamente relacionados ao ciclo da soja, originaram-se de um experimento da Embrapa Amazônia Oriental, instalado no município de Paragominas-PA, em 1995 (Tabela 3.4), e os referentes as fases fenológicas e coeficiente de cultura (Kc) foram obtidos na literatura.

TABELA 3.4 - Caracterização e rendimento de cultivares de soja em Paragominas-PA. Embrapa Amazônia Oriental, Belém, Pará. 1996 (\*).

Tratamento	Floração (dias)	Ciclo (dias)	Inserção 1ª Vagem (cm)	Altura Planta (cm)	Produção (kg/ha)
Bays	52	132	24,3	104,0	4.076
Rio Balsas	39	121	24,7	71,2	4.039
Mina	44	121	17,4	62,9	3.764
Teresina RC	52	132	21,4	112,6	3.692
Itaqui	52	132	16,0	97,2	3.663
Curió	39	121	16,5	66,6	3.596
BR 91/73 10	37	121	15,0	66,5	3.316
Mirador	37	121	15,0	77,8	3.276
Tucano	39	121	15,3	65,9	3.142
Conquista	37	121	17,0	58,5	3.104
BR 86/7538	37	121	17,9	70,7	2.976
MT BR 92/33232	37	121	13,4	55,8	2.882
Vale do Rio Doce	42	121	17,8	95,9	2.885
Emgopa 313	39	121	12,9	62,2	2.551
Payaguás	37	121	18,4	70,6	2.240

(\*) Resultado experimental fornecido pelo Dr. Jamil Chaar El Husny, pesquisador da Embrapa Amazônia Oriental.

No modelo de simulação do balanço hídrico, foram utilizados coeficientes culturais ajustados aos obtidos Doorenbos & Kassan (1994), Berlato & Matzenauer (1985) e Amorim et al. (1997).

A profundidade efetiva do sistema radicular depende da natureza do solo, restrições físicas ou químicas, existência e profundidade da camada impermeável, profundidade do lençol freático, idade das plantas, irrigação, etc. Para a soja considera-se a profundidade efetiva média de seu sistema radicular variando de 35 a 50cm (Moreira, 1993).

### 3.2 - Métodos

#### 3.2.1 - Caracterização do Regime de Chuvas.

Na caracterização do regime de chuvas, em termos de total anual, médias mensais e análise freqüencial da chuva, utilizou-se o módulo SAISPL do BIPZON (Forest, 1977), para captação de dados diários de chuva das 42 estações pluviométricas e o Sistema CHUVA, desenvolvido pela Embrapa-Cerrados, para análise de médias mensais e totais anuais pluviométricos e a freqüência de chuvas, ao nível de 20%, 50% e 80% para identificar as regiões com baixo, médio e alto risco climático, respectivamente.

#### 3.2.2 - Estimativa da Evapotranspiração de Referência

A evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) foi estimada pelo método de Priestley & Taylor (1972) para períodos decendiais, sendo utilizados dados de temperatura do ar (°C), umidade relativa (%), insolação (h), e dados estimados de saldo de radiação (MJ.m<sup>-2</sup>.d<sup>-1</sup>). Tal método é baseado na simplificação do método de Penman. De acordo com Pereira et al. (1997), a metodologia para estimativa da (ET<sub>o</sub>) pode ser interpretada como uma versão do método do balanço de energia ou de Penman.

A equação de Priestley & Taylor (1972) para a estimativa de ET<sub>o</sub> encontra-se descrita a seguir:

$$ET_o = \alpha W (R_n - G) / \lambda; \quad (3.1)$$

em que ET<sub>o</sub> é taxa de evapotranspiração (mm.d<sup>-1</sup>); R<sub>n</sub> é o saldo de radiação da superfície evaporante (MJ.m<sup>-2</sup>.d<sup>-1</sup>); G é a densidade de fluxo de calor sensível no solo (MJ.m<sup>-2</sup>.d<sup>-1</sup>); λ é o calor latente de evaporação (2,45 MJ.Kg<sup>-1</sup>); e W=(Δ/Δ+γ) é o fator de ponderação sendo γ a "constante" psicrométrica (66 Pa.°C<sup>-1</sup>), e Δ a tangente à curva da pressão de saturação do vapor d'água no ponto correspondente à temperatura do ar (Pa.°C<sup>-1</sup>); α é o coeficiente de ajuste universalmente conhecido como parâmetro de Priestley & Taylor. No

caso de superfícies com suprimento hídrico satisfatório, Priestley & Taylor obtiveram  $\alpha$  variando de 1,08 a 1,34 sendo adotado para este estudo o valor médio de 1,26.

O fator de ponderação  $W$  foi calculado pelas equações propostas por Wilson e Rouse (1972) e Viswanadham et al. (1991), conforme Pereira (1997):

$$W = 0,407 + 0,0145 T; \quad 0 < T < 16^\circ\text{C} \quad (3.2)$$

$$W = 0,483 + 0,01 T; \quad 16,1 < T < 32^\circ\text{C}, \quad (3.3)$$

em que,  $T$  é a temperatura do bulbo úmido, porém neste trabalho utilizou-se a temperatura média compensada diária, devido os dados de temperatura do bulbo úmido não estarem prontamente disponíveis na maioria das estações.

O saldo de radiação à superfície ( $R_n$ ) foi estimada por (Penman, 1948):

$$R_n = R_s \cdot (1 - r) + [-[a + b (ea)^{0,5}] \sigma T_a^4 [0,1 + 0,9 n/N]], \quad (\text{MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}); \quad (3.4)$$

em que  $R_s$  é a radiação solar incidente;  $r$  é o poder refletor da superfície ou albedo, sendo utilizado nesta estimativa o valor de 0,20;  $\sigma$  é a constante de Stefan Boltzman ( $\sigma = 4,9 \cdot 10^{-9} \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1} \cdot \text{K}^{-4}$ ) em equivalentes milímetros de evaporação por dia por  $^\circ\text{K}^4$ ;  $T_a$  é a temperatura média diária  $^\circ\text{K}$ ;  $ea$  é a pressão parcial de vapor, sendo expressa em mb.

$$ea = esUR/100 \quad (3.5)$$

onde  $UR$  é a umidade relativa e  $es$  é a pressão de saturação de vapor d'água, que foi obtida através da Equação de Teténs, conforme Vianelo (1991).

$$es = 0,61 \exp[17,27T/(237,3+T)], \quad (\text{mb}); \quad (3.6)$$

Ainda na equação (3.4),  $n/N$  é a razão de insolação, onde  $n$  é o número de horas de brilho solar observados e  $N$  é a duração astronômica ou teórica do dia e representa o intervalo entre o aparecimento e o pôr-do-Sol. É uma função da época do ano e da latitude do local, sendo expressa em horas. Portanto, o valor de  $N$  pode ser estimado pela seguinte equação:

$$N = (24H/\pi); \quad (3.7)$$

sendo H o ângulo horário determinado pela seguinte equação:

$$H = \arccos (-\tan \theta \cdot \tan \delta), \text{ (radianos)}; \quad (3.8)$$

onde  $\theta$  é a latitude do lugar e  $\delta$  a declinação solar, calculada pela equação:

$$\delta = 0,4093 \text{ sen } [ ( ( 2\pi/365 ) J ) 1,405], \text{ (radiano)} \quad (3.9)$$

em que J é o dia juliano, isto é, janeiro 1 = 1, janeiro 31 = 31, fevereiro 1 = 32 e etc.

A radiação solar incidente foi estimada pela equação de Ångström (1924), e mais tarde modificada por Prèscott, conforme Vianello & Alves (1991):

$$R_s = ( a + b n/N ) R_a, \text{ (MJ.m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}\text{)}; \quad (3.10)$$

em que  $R_a$  é a radiação solar no topo da atmosfera e a e b são constantes, cujos valores assumidos neste trabalho correspondem aos adotados por Bastos (1990), sendo  $a = 0,29$  e  $b = 0,43$  para localidades situadas entre  $0^\circ$  e  $4^\circ$  de latitude e  $a = 0,25$  e  $b = 0,47$  para as situadas acima de  $4^\circ$  de latitude.

A radiação solar na ausência de atmosfera, isto é, a radiação solar global incidente numa superfície horizontal paralela à superfície do solo no topo da atmosfera ( $R_a$ ) foi calculada pela seguinte expressão:

$$R_a = 37,586 d_r (H \text{ sen } \theta \cdot \text{sen } \delta + \text{cos } \theta \cdot \text{cos } \delta \cdot \text{Sen } H); \quad (3.11)$$

onde a  $\delta$  é a declinação solar;  $\theta$  é a latitude do lugar, expressa em radianos; H é o ângulo horário do pôr do Sol e  $d_r$  é a distância relativa Terra-Sol, determinada pela seguinte equação:

$$D_r = 1 + 0,033 \cdot \cos \left( \frac{2\pi}{365} J \right) \quad (3.12)$$

### 3.2.3 - Balanço Hídrico

O modelo de simulação de balanço hídrico de culturas, utilizado neste estudo corresponde ao SARRAZON (Balanço hídrico aplicado ao zoneamento), componente do

sistema SARRA (Sistema de análise regional de risco agroclimático), desenvolvido pelo CIRAD-CA, Montpellier, França, a partir do modelo de balanço hídrico proposto por Franquin e Forest (1977). O SARRAZON é um programa de simulação de balanço hídrico da cultura, que a partir de dados de características físicas do solo, da cultura e do clima, possibilita a caracterização da estação de cultivo em função do consumo de água e das disponibilidades hídricas da região. O modelo calcula a evapotranspiração da cultura na equação geral do balanço hídrico, de acordo com o algoritmo proposto por Eagleman (1971):

$$P + R + D + S - Etc = 0 \text{ (mm)} \quad (3.13)$$

onde: P = Precipitação; R = Escoamento superficial ; D = Drenagem ; S = Variação da reserva de água no solo e ETC = evapotranspiração da cultura.

A ETC é calculada em função da disponibilidade hídrica e da evapotranspiração máxima (ET<sub>m</sub>) da cultura, sendo a (ET<sub>m</sub>) calculada a partir de dados de coeficientes culturais e da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) de acordo com a relação ET<sub>m</sub> = K<sub>c</sub>.ET<sub>p</sub>.

Os principais dados de entrada desse modelo são os seguintes: precipitação pluviométrica diária, evapotranspiração de referência decendial, coeficiente de cultura e duração do ciclo e das fases fenológicas. Além desses dados, são utilizados na simulação informações complementares como profundidade máxima de enraizamento da cultura; reserva útil de água disponível no solo (mm), em função do sistema radicular da cultura e das características físicas de solos predominantes na região (Tabela A.2 e A.3, nos anexos, conforme Embrapa, 1991); estoque inicial de água no solo; data inicial e final da simulação; e data de semeio e colheita.

Utilizou-se o modelo SARRAZON para realizar simulações de 10 em 10 dias, adotando as seguintes combinações: períodos de semeadura, nível de retenção hídrica de

água no solo e variedades. Foram simuladas 12 datas de semeadura, no período de janeiro a abril, três datas em cada mês, considerando-se o início da simulação coincidente com o período de maior incidência de precipitação pluviométrica e com a época em que o plantio da soja vem sendo realizado na região; três reservas úteis (RU) de água no solo (25mm, 35mm e 50mm); e duas cultivares (precoce e tardia), com um comprimento de ciclo de 120 e 130 dias, respectivamente, divididos em quatro estádios fenológico: 1) semeadura a V2 (planta com folha trifoliolada desenvolvida acima do nó das folhas unifolioladas); 2) V2 até R1 (início do florescimento) 3) R1 a R5 (início de enchimento de grãos) e 4) R5 a R7 (maturação fisiológica). Considerou-se um período crítico (correspondente ao estágio entre a floração e enchimento de grãos) de 35 dias tanto para a cultivar precoce como para a tardia. Tal período abrange dos 55 aos 90 após a emergência para a cultivar precoce e de 60 dias a 95 para a cultivar tardia.

Após a disponibilidade de dados, referenciados acima, foram estabelecidos os índices de satisfação hídrica (ISNH), definidos como a relação existente entre a evapotranspiração da cultura (ETc) e a evapotranspiração máxima da cultura (Etm). Esses índices foram determinados na análise freqüencial ao nível de 80% no módulo SARRAZON. Na definição dos níveis de riscos agroclimático, foram estabelecidas três classes, de acordo com a relação ETc/Etm, assim especificada, favorável ( $ETc/ETm \geq 0,60$ ); intermediária ( $0,60 > ETc/ETm > 0,50$ ) e desfavorável ( $ETc/ETm \leq 0,50$ ).

#### 3.2.4 - Variação Espacial dos Índices de Satisfação das Necessidades Hídricas (ISNH).

Na espacialização dos ISNH utilizou-se o Sistema de Informações Geográficas (SGI), versão 3.0, desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE),

instalado no Laboratório de Sensoriamento Remoto da Embrapa-Amazônia Oriental, para obtenção de mapas de zoneamentos agroclimáticos. Para tanto, elaborou-se 72 mapas na escala de 1:5.000.000, contendo a variação dos ISNH em função do tempo, ou seja da relação  $ET_c/ET_m$ , para a fase compreendida entre a floração e o enchimento de grãos, por ser considerado o período mais crítico ao déficit hídrico, com frequência média de 80% de ocorrência. A espacialização desses resultados foi realizada de acordo com a metodologia apresentada por Assad & Sano (1993), as quais compreendem as seguintes etapas:

a) - Criação no editor de textos do arquivo ASCII, contendo informações X, Y e Z, onde X é a latitude da estação, Y a longitude da estação e Z é o valor da frequência ou probabilidade de ocorrência, ao nível de 80%, dos ISNHs, ou seja ( $ET_c/ET_m$ ), obtidos na análise frequencial no SARRAZON.

b) - Conversão do arquivo ASCII para arquivo geo-referenciado, projeção policônica da base cartográfica, através do software GEOPOLI, cedido pela Embrapa-Cerrados.

c) - No SGI, utilizou-se a Técnica de Modelo Numérico de Terreno (MNT). Os dados armazenados em dados georeferenciados foram processados no SGI, sendo realizadas as rotinas constantes do programa conforme descrição a seguir.

- Criação do projeto de trabalho;

- Digitalização da área de trabalho, sendo utilizada nesta fase a base cartográfica do Estado do Para disponível no SGI do Laboratório de Sensoriamento Remoto da Embrapa Amazônia Oriental.

- Leitura de pontos de arquivos de pontos geo-referenciados, correspondentes aos dados de ISNHs.

- Organização dos Pontos geo-referenciados;

- Geração de grade regular. Foi escolhido o interpolador nº1 do SGI/INPE, que segundo Assad (1994) é o que mais se aproxima das condições de linearidade, já que trata-se basicamente de uma análise bidimensional, na qual a variação dos ISNH são espacializados em função do tempo, sendo desprezadas as condições de relevo. Assim, selecionou-se o interpolador que considera a média dos  $n$  pontos mais próximos por quadrante da grade regular, com peso  $W_i=1/d^n$ ,  $i = 1, 2, 3, \dots, n$ ; e  $d$  = distância Euclidiana do  $i$ -ésimo ponto amostrado  $i$  ao ponto interpolado e  $n$ = expoente da função distância, sendo escolhido  $d = 4$  e  $n = 3$  para o interpolador 1, pois de acordo com trabalhos realizados por Assad (1994) são as opções que apresentam o menor erro entre as combinações possíveis.

- Refinamento da grade regular, transformação de uma grade regular num arquivo de imagem com maior densidade de pontos;

- Fatiamento de MNT para três classes de ISNH: favorável, intermediária e desfavorável;

- Mascaramento com o plano limite e, finalmente, conversão do formato varredura para vetor. Após estas etapas foram confeccionados os mapas de zoneamento agroclimático da cultura da soja, na escala de 1:5.000.000, sendo definidas as áreas e período de risco climático para a semeadura dessa cultura no Leste do Estado do Pará.



## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 4.1 – Regime Pluviométrico

De acordo com os resultados da análise do regime de chuvas, evidenciou-se que na área de estudo o regime pluviométrico é caracterizado por períodos chuvosos em que os índices pluviométricos são elevados e períodos de menor pluviosidade. Na maioria das microrregiões, o período chuvoso inicia em dezembro/janeiro e estende-se até abril/maio, enquanto que o de menor pluviosidade inicia maio/junho, podendo prolongar-se até novembro/dezembro. No entanto, constatou-se algumas exceções quanto ao período correspondente ao início e final das chuvas nessa região. A microrregião de Conceição de Araguaia é um exemplo típico dessa exceção, as chuvas iniciam em outubro podendo prolongar-se até abril, enquanto que o período de estiagem, em geral, ocorre de maio a setembro, sendo os meses de julho e agosto para essa microrregião caracterizados como os mais secos.

Na Tabela 4.1 são apresentados os valores dos totais anuais de chuvas para cada uma das estações pluviométricas localizadas na área de estudo. Observa-se que os totais anuais variam entre 1.671,2mm e 3.361,6mm. Nos períodos analisados, os maiores valores anuais pluviométricas foram registradas nas estações de Soure (3.361,6 mm), localizada no litoral paraense e de Belém (2.993,4 mm) localizada próxima a baía do Guajará. Os índices mais elevados de precipitação nessas regiões podem ser atribuídos a intensa convecção nessa área e às massas de água em suas proximidades. Os menores valores de precipitação pluviométrica anual foram registrados nas estações de Conceição do Araguaia (1.671,2mm) e de Paragominas (1.862,2mm), ambas localizadas no sul do Estado do Pará.

Em termos quantitativos os resultados obtidos mostram que, aproximadamente, 70% da área do leste paraense apresenta oferta pluviométrica anual variando de 2.000mm a 3.000mm. Análises dessa natureza são importantes para caracterizar os regimes de chuvas, em função dos índices anuais. Entretanto, para identificar períodos de menor risco climático para plantios, são importantes a análise frequencial de chuvas e a determinação dos índices de satisfação hídrica, obtidos na simulação de balanço hídrico.

Os resultados obtidos na análise frequencial de chuvas para períodos decendiais, de oito estações pluviométricas representativas de pontos importantes da área, estão resumidos na Tabela 4.2. Esses resultados estão expressos em valores totais pluviométricos, em mm, obtidos para diferentes períodos e freqüências de 20% para anos considerados de baixo risco climático; de 50% para anos de médio risco climático e de 80% para anos de alto risco climático.

Considerando-se a soja com ciclos de 120 e 130 dias e necessidades hídricas entre 600 e 800 mm, os resultados obtidos na análise frequencial da chuva (Tabela 4.2) para períodos decendiais, indicam que, em anos considerados com baixo risco climático (coluna de 20%), a maioria das microrregiões apresentam condições favoráveis para plantios/colheitas, em janeiro/maio; fevereiro/junho; março/julho e abril/agosto, pois em tais períodos existe a oferta hídrica para suprir as necessidades de água da soja. Dentre os dados pluviométricos utilizados na análise frequencial da chuva para os anos considerados com baixo risco climático Conceição do Araguaia é uma das microrregiões que apresenta oferta hídrica insuficiente para suprir as necessidades de água da cultura da soja em plantios realizados em abril e colheita em agosto.

Na análise frequencial da chuva para períodos decendiais e considerando anos de médio risco climático (coluna de 50%), a Tabela 4.2 indica que as microrregiões de

Altamira, Belém, Capanema, Paragominas e Tomé Açu, apresentam oferta hídrica para suprir as necessidades de água da soja em todos os períodos de plantio/colheita. Nas regiões de Breves e Marabá, a exceção do período abril/agosto, os demais atendem as necessidades hídricas da cultura. Comportamento diferenciado quanto a oferta hídrica no período de janeiro a abril pode ser observado na microrregião de Conceição do Araguaia, onde os resultados obtidos na análise frequencial evidenciam que a oferta hídrica em anos de médio risco climático supre as necessidades de água da soja apenas para plantios em janeiro e fevereiro.

Ainda considerando a análise frequencial (Tabela 4.2) para períodos decendiais, e a situação de anos de alto risco climático (coluna de 80%), observa-se que as microrregiões de Belém e Capanema apresentam oferta hídrica para a necessidade de água da soja em plantios realizados de janeiro a abril. As regiões de Altamira, Breves e Paragominas só apresentam em janeiro disponibilidade hídrica para cultura. A microrregião de Tomé Açu apresenta oferta hídrica suficiente só nos períodos de janeiro/maio e fevereiro/junho. Já Conceição do Araguaia e Marabá apresentam condições de oferta hídrica insatisfatória para o plantio da soja em todo o período.



Tabela 4.1 – Valores médios totais anuais de precipitação pluviométrica (mm) para as estações localizadas na área e utilizadas no estudo de regime de chuvas.

ESTAÇÃO	UF	MICRORREGIÃO	LATITUDE (S)	LONGITUDE (W)	ALTITUDE (m)	PRECIPITAÇÃO (mm)
Abaetetuba	PA	Cameta	01° 44' 00"	48° 53' 00"	10	2.521,8
Altamira 82353	PA	Altamira	03° 12' 00"	52° 12' 00"	52	2.020,0
Alto Bonito	PA	Guamá	01° 50' 00"	46° 13' 00"	15	2.120,8
Barcarena	PA	Metropolitana de Belém	01° 31' 00"	48° 40' 00"	15	2.281,0
Belém	PA	Metropolitana de Belém	01° 28' 00"	48° 27' 00"	10	2.993,4
Breves	PA	Furos de Breves	01° 40' 57"	50° 28' 48"	40	1.883,1
Capanema	PA	Bragantina	01° 12' 00"	47° 11' 00"	24	2.456,0
CapitãoPoço	PA	Guamá	01° 46' 00"	47° 04' 00"	73	2.423,9
Castanhal	PA	Castanhal	01° 18' 00"	47° 56' 00"	41	2.563,4
Conceição do Araguaia	PA	Conceição do Araguaia	08° 16' 00"	49° 16' 00"	165	1.671,2
Fazenda Estrela do Norte	PA	Altamira	03° 51' 00"	50° 28' 00"	40	1.894,4
Igarapé Açu	PA	Bragantina	01° 08' 33"	47° 37' 27"	50	2.509,4
Marabá	PA	Marabá	05° 21' 00"	49° 09' 00"	84	2.052,6
Maracacueira Florestal	PA	Portel	02° 08' 00"	51° 09' 00"	19	2.602,6

TABELA 4.1 - Continuação

ESTAÇÃO	UF	MICRORREGIÃO	LATITUDE (S)	LONGITUDE (W)	ALTITUDE (m)	PRECIPITAÇÃO (mm)
Oeiras do Pará	PA	Cametá	01° 58' 00"	49° 52' 00"	02	2.494,1
Ourém	PA	Guamá	01° 34' 00"	47° 06' 00"	40	2.380,1
Paragominas	PA	Paragominas	02° 59' 00"	47° 28' 00"	90	1.862,2
Portel	PA	Portel	03° 25' 00"	51° 15' 00"	19	2.189,2
Primavera	PA	Bragantina	00° 36' 00"	47° 07' 00"	48	2.001,7
Redenção	PA	Redenção	08° 03' 00"	50° 07' 00"	227	2.063,2
Rondon do Pará	PA	Paragominas	04° 46' 47"	48° 04' 00"	195	2.020,0
Santa Isabel do Pará	PA	Castanhal	01° 18' 00"	48° 09' 00"	24	2.977,6
São Domingos do Capim	PA	Guamá	01° 41' 00"	47° 46' 00"	20	2.313,1
São Félix do Xingu	PA	São Félix do Xingu	06° 38' 00"	51° 59' 00"	220	2.062,1
Soure	PA	Arari	00° 43' 00"	48° 33' 00"	10	3.361,6
Tomé Açu	PA	Tomé Açu	02° 31' 00"	48° 22' 00"	45	2.342,9
Tracuateua	PA	Bragantina	01° 05' 00"	47° 10' 00"	20	2.623,2
Vigia	PA	Salgado	00° 52' 00"	48° 08' 00"	6	2.809,2
Viseu	PA	Guamá	01° 14' 00"	46° 11' 00"	15	2.606,3

Tabela 4.2 – Demonstrativo dos totais pluviométricos (mm), obtidos para análise freqüencial decendial, nos meses de janeiro a abril. Estações situadas nas microrregiões ao leste do Estado do Pará.

ESTAÇÃO	UF	MICRORREGIÃO	PLANTIO/ COLHEITA	20%	50%	80%
Altamira Lat. 03° 12' 00" S Long. 52° 12' 00" W	PA	Altamira	JAN° – MAI FEV° – JUN MAR. – JUL. ABR – AGO	2.139,5 1.848,9 1.542,1 1.059,8	1.414,2 1.202,6 963,9 648,1	711,4 598,8 328,6 259,1
Belém Lat. 01° 28' 00" S Long. 48° 27' 00" W	PA	Metropolitana de Belém	JAN° – MAI FEV° – JUN MAR. – JUL. ABR – AGO	2.583,5 2.288,1 2.003,9 1.611,8	1.796,1 1.622,8 1.379,2 1.072,4	1.252,7 1.098,0 864,8 644,4
Breves Lat. 01° 40' 57" S Long. 50° 28' 48" W	PA	Furos de Breves	JAN° – MAI FEV° – JUN MAR. – JUL. ABR – AGO	2.150,2 1.955,3 1.433,5 1.007,3	1.319,1 1.132,5 856,9 511,4	702,7 590,5 416,0 181,0
Capanema Lat. 01° 12' 00" S Long. 47° 11' 00" W	PA	Bragantina	JAN° – MAI FEV° – JUN MAR. – JUL. ABR – AGO	2.370,0 2.326,4 2.102,9 1.752,1	1.533,8 1.488,2 1.336,0 1.129,1	935,3 872,8 897,9 732,9
Conceição do Araguaia Lat. 08° 16' 00" S Long. 45° 16' 00" W	PA	Conceição do Araguaia	JAN° – MAI FEV° – JUN MAR. – JUL. ABR – AGO	1.562,1 1.223,4 846,9 443,0	871,2 651,1 454,3 230,5	429,2 315,0 224,6 90,0
Marabá Lat. 05° 21' 00" S Long. 49° 09' 00" W	PA	Marabá	JAN° – MAI FEV° – JUN MAR. – JUL. ABR – AGO	2.311,5 1.870,6 1.378,7 731,1	1.329,3 1.045,4 709,2 402,7	561,9 433,1 268,2 163,5
Paragominas Lat. 02° 00' 00" S Long. 47° 28' 00" W	PA	Paragominas	JAN° – MAI FEV° – JUN MAR. – JUL. ABR – AGO	2.326,4 2.097,2 1.628,3 1.083,3	1.387,4 1.333,0 1.280,8 1.183,1	604,0 580,3 558,3 517,6
Tomé Açu Lat. 02° 31' 00" S Long. 48° 22' 00" W	PA	Tomé Açu	JAN° – MAI FEV° – JUN MAR. – JUL. ABR – AGO	2.626,5 2.339,6 1.896,6 1.379,0	1.564,7 1.349,4 1.128,5 746,9	829,5 691,8 557,6 370,1

#### 4.2 – Evapotranspiração de Referência

Na Tabela 4.3 estão listados os resultados da estimativa da evapotranspiração de referência decendial, obtidos pelo método de Priestley & Taylor (1972), cujos valores foram utilizados na simulação do balanço hídrico da cultura, modelo SARRAZON. De acordo com esses resultados, observa-se que os valores da evapotranspiração de referência estimada variaram de 2,97 a 5,37 mm/dia, sendo alguns dos valores superiores aos valores médios obtidos por Ribeiro (1994) para área de pastagens (3,9mm) e de floresta (3,7mm) utilizando o método de Penman. A razão para tal situação, provavelmente deve-se ao fato de que na estimativa pelo método de Priestley & Taylor, o termo aerodinâmico da equação de Penman é suprimido e substituído por coeficiente de ajuste  $\alpha$ , conhecido universalmente como parâmetro de Priestley & Taylor, cujos valores podem variar de 1,08 a 1,34, sendo utilizado nessa estimativa  $\alpha = 1,26$ . Outra provável causa tal situação pode ser atribuída a estimativa do parâmetro de ponderação ( $W$ ) da equação de Priestley & Taylor, quando se considera dados de temperatura do bulbo úmido, e devido tais dados não estarem prontamente disponíveis na maioria das estações selecionadas para o cálculo da evapotranspiração, utilizou-se dados de temperatura média compensada. Portanto, sendo a temperatura média mais elevada do que a temperatura do bulbo úmido, contribui para aumentar a estimativa de  $W$  e, conseqüentemente, elevar o valor estimado da evapotranspiração de referência (Pereira et al.,1997). Apesar de ser adotada a temperatura média na estimativa da evapotranspiração potencial, os resultados obtidos neste trabalho foram considerados satisfatórios e concordam com os resultados obtidos por Bastos (1990), para algumas localidades do nordeste paraense.

A vantagem deste método em relação a outros métodos propostos por diversos autores e divulgados na literatura, advém não somente da fácil aplicabilidade para região como por ser baseado em princípios físicos de maior efeito no processo da evaporação na

região Amazônica, especialmente o balanço de energia. Dentre os métodos citados na literatura, destaca-se o de Penman, que embora seja considerado como um dos mais precisos, necessita de várias informações que nem sempre estão disponíveis em regiões onde existe carência de mensurações meteorológicas, principalmente de velocidade de vento que é um dos parâmetros utilizados nesse método.

Nas figuras 4.1a, a 4.1f são apresentadas as variações mensais da evapotranspiração de referência e da precipitação pluviométrica de estações meteorológicas situadas na área e/ou próxima da área em estudo, tais como: Altamira, Belém, Capitão Poço, Conceição do Araguaia, Paragominas e Tracuateua. Observa-se que os menores valores médios de evapotranspiração de referência ocorrem durante os meses de maior índice de chuvas, que na maioria da área em estudo é observado de dezembro a maio; porém, algumas exceções quanto a esse período podem ser observadas, como por exemplo, em Conceição de Araguaia que, em geral, inicia em outubro e estende-se até março. Os valores de evapotranspiração de referência verificados nos meses chuvosos provavelmente estão associados à redução do saldo de radiação durante a época de maior índice de pluviosidade. No período de menor pluviosidade, junho a novembro, a situação se inverte, ou seja, os valores médios de evapotranspiração potencial estimados são mais elevados do que os obtidos na época chuvosa.

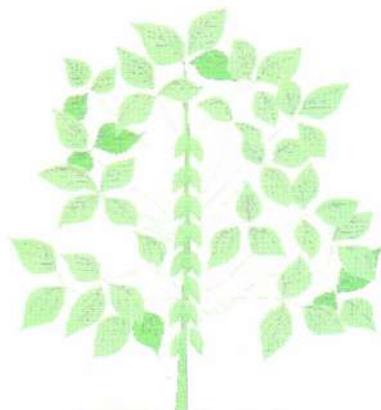


Tabela 4.3 - Evapotranspiração de referência decendial (mm/dia), estimada pelo método de PRISTLEY e TAYLOR (1972), considerando-se dados meteorológicos com séries contínuas e descontínuas no período de 1979 a 1995.

ESTAÇÃO	DECEND	EVAPOTRANSPIRAÇÃO ( mm.dia <sup>-1</sup> )											
		JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Altamira	1º	3,73	3,78	3,96	3,86	3,88	3,68	3,74	4,08	4,18	4,31	3,89	3,80
Lat.: 03° 12' 00" S	2º	3,63	3,39	3,85	3,77	3,95	3,75	3,88	4,08	4,43	4,22	3,64	3,73
Long.: 52° 12' 00" W	3º	3,88	3,76	3,62	3,77	3,75	3,79	3,89	4,19	4,26	3,92	3,94	3,73
Belém	1º	3,81	3,94	3,51	3,58	4,04	4,01	4,06	4,53	4,81	5,02	4,64	4,46
Lat.: 01° 28' 00" S	2º	3,53	3,53	3,80	3,82	4,24	4,04	4,24	4,62	4,92	4,94	4,58	4,37
Long.: 48° 27' 00" W	3º	4,14	3,95	3,66	3,78	4,16	4,14	4,24	4,73	4,91	4,81	4,47	3,91
Belterra	1º	4,07	3,81	4,02	3,93	3,71	3,79	4,10	4,53	4,91	5,27	4,66	4,46
Lat.: 02° 08' 00" S	2º	4,26	3,85	3,90	3,90	4,08	3,78	4,25	4,68	5,18	5,25	4,67	4,67
Long.: 54° 57' 00" W	3º	3,61	4,19	3,90	3,55	3,78	4,22	4,36	4,85	5,16	5,17	4,79	4,00
Capitão Poço	1º	4,05	3,69	3,47	3,70	3,69	3,69	4,03	4,39	4,78	4,86	4,37	4,00
Lat.: 01° 46' 00"	2º	3,85	3,46	3,61	3,31	4,22	3,70	4,23	4,48	4,74	4,68	4,37	4,01
Long. 47° 28' 00" W	3º	3,78	3,87	3,40	3,55	3,80	4,01	4,09	4,71	4,84	4,80	3,96	3,80

Tabela 4.3 - Continuação.

ESTAÇÃO	DECEND	EVAPOTRANSPIRAÇÃO ( mm.dia <sup>-1</sup> )											
		JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Castanhal	1°	4,29	3,69	3,62	3,68	3,71	4,02	4,15	4,37	4,64	4,68	4,53	4,40
Lat.: 01° 18' S	2°	3,86	3,57	4,03	3,47	3,72	3,91	4,18	4,50	4,82	4,80	4,51	4,01
Long.: 47° 56' W	3°	3,59	4,07	3,73	3,74	3,94	4,09	4,19	4,58	4,73	4,63	4,15	3,91
Conceição do Araguaia	1°	3,72	3,89	4,73	3,83	3,44	3,82	3,71	3,97	4,07	4,01	4,20	4,07
Lat.: 08° 16' S	2°	3,95	3,70	4,01	4,07	4,03	3,80	3,62	3,83	3,91	4,45	4,71	4,00
Long.: 49° 16' W	3°	4,64	4,45	3,72	4,34	3,46	3,73	3,71	3,98	3,60	4,26	3,64	3,75
Itaituba	1°	3,90	3,27	3,84	4,13	3,76	3,83	4,48	4,41	4,38	5,37	4,18	3,62
Lat.: 04° 16' 00" S	2°	4,34	4,05	3,88	3,85	3,81	3,64	4,23	4,03	4,43	4,84	4,52	3,58
Long.: 55° 35' 00" W	3°	3,46	4,37	3,65	3,82	4,34	4,18	4,48	4,28	4,69	4,51	4,94	3,66
Marabá	1°	3,91	3,58	3,99	3,96	4,08	2,97	3,49	3,39	3,94	3,77	3,33	3,65
Lat. 05° 21' 54" S	2°	3,53	3,62	4,19	3,74	4,02	3,50	3,82	3,39	3,62	3,67	3,17	3,75
Long.: 49° 07' 24" W	3°	3,52	4,53	3,75	4,33	3,81	3,54	3,52	3,58	3,72	3,87	3,67	3,36
Paragominas	1°	4,43	4,27	3,90	4,16	4,33	4,77	4,76	4,85	4,88	5,03	4,38	4,69
Lat.: 02° 59' 00" S	2°	4,21	4,27	4,14	3,88	4,46	4,63	4,57	4,88	5,03	4,84	4,81	4,61
Long.: 47° 28' 00" W	3°	4,50	4,42	4,06	4,32	4,62	4,77	4,88	5,06	4,88	4,91	4,56	4,56

Tabela 4.3 - Continuação.

ESTAÇÃO	DECEND	EVAPOTRANSPIRAÇÃO ( mm.dia <sup>-1</sup> )											
		JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
São Félix do Xingú	1º	3,23	3,08	2,99	3,11	3,41	3,35	3,28	2,77	2,77	2,82	3,35	3,28
Lat.: 06º 38' 00" S	2º	3,02	3,21	3,06	3,03	3,59	3,20	3,44	2,63	2,63	3,14	3,19	3,27
Long.: 51º 59' 00" W	3º	3,11	3,39	2,95	3,41	3,28	3,32	3,42	2,74	2,74	3,37	3,35	3,62
Tomé Açu	1º	4,20	4,39	3,81	3,97	4,00	4,16	4,2	4,62	4,82	4,95	4,46	4,28
Lat.: 02º 31' 00" S	2º	3,78	3,79	4,00	3,77	4,65	4,97	4,22	4,75	4,90	4,72	4,48	4,43
Long.: 48º 22' 00" W	3º	4,63	4,41	4,07	3,85	4,07	4,22	4,41	4,71	4,86	4,77	4,20	3,99
Tracuateua	1º	4,04	3,53	3,38	3,55	3,68	3,70	3,74	4,20	4,84	4,85	4,70	4,53
Lat.: 01º 04' 00" S	2º	3,82	3,23	3,70	3,54	3,48	3,64	3,76	4,30	4,82	4,88	4,56	4,37
Long.: 46º 46' 00" W	3º	3,29	3,60	3,27	3,48	3,76	3,75	3,99	4,52	4,81	4,79	4,67	3,87
Tucuruí	1º	4,26	3,84	4,21	4,32	4,20	4,40	4,30	4,59	4,64	4,67	4,16	4,22
Lat.: 03º 43' 00" S	2º	3,97	4,20	4,63	4,31	4,47	4,40	4,30	4,61	4,49	4,47	3,89	4,03
Long.: 49º 43' 00" W	3º	3,88	4,40	4,18	4,53	4,30	3,00	4,40	4,46	4,55	4,41	3,91	4,25

## Evapotranspiração e Precipitação.

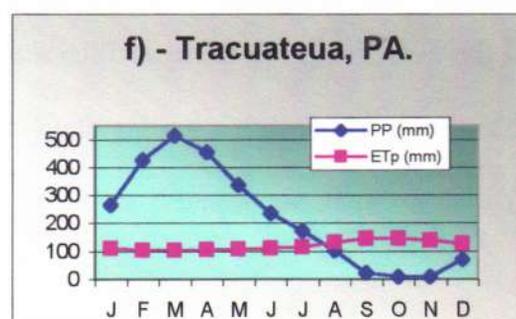
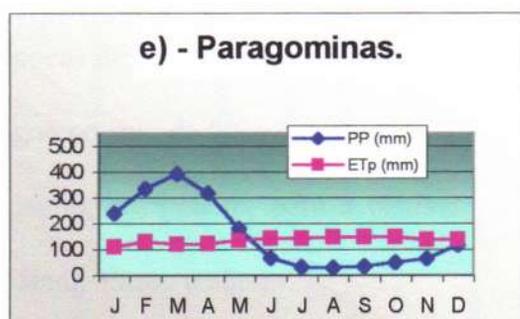
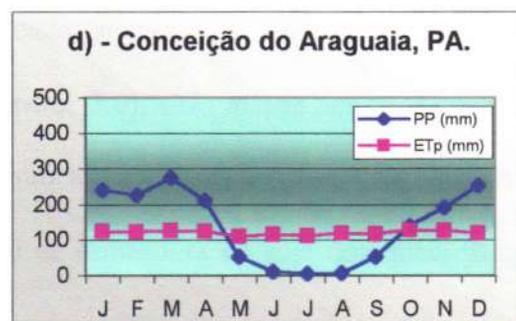
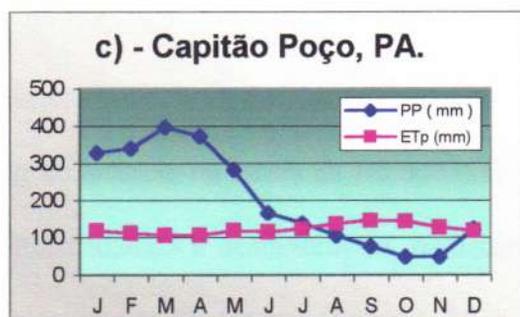
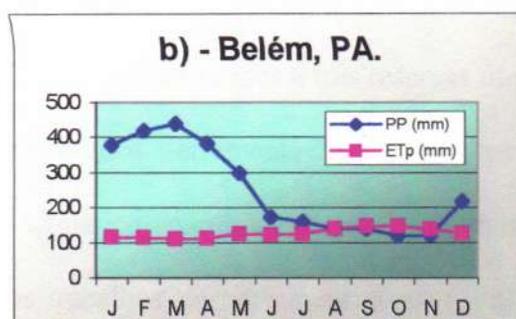
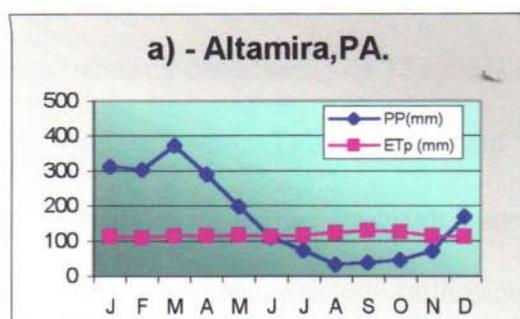


Figura 4.1 – Variação média mensal da precipitação pluviométrica (mm) e da evapotranspiração de referência (mm) estimada pelo método de Priestley e Taylor (1972) para os municípios de a) Altamira, b) Belém, c) Capitão Poço, d) Conceição do Araguaia, e) Paragominas e f) Tracuateua.

#### 4.3 – Zoneamento Agroclimático para a cultura da soja

Como resultado da simulação do balanço hídrico da cultura obteve-se os ISNHs, resultantes da combinação de 12 épocas de semeadura, duas variedades e três reservas úteis de água no solo. Tais índices têm sido considerados ferramenta importante para caracterização de regiões de maior e menor risco climático ao cultivo da soja e de outras culturas como arroz, feijão e milho, conforme os trabalhos de Steinmetz et al. (1983), Assad & Sano (1993), Silva et al. (1993), Farias et al. (1996), Farias et al. (1997), Lobato et al. (1994 e 1997), Meireles et al. (1997 e 1997a.) e Sans et al. (1997).

Com base nas variações dos índices para cada época de plantio foram obtidos no Sistema de Informações Geográficas-SGI (versão 3.0), 72 mapas de zoneamento agroclimático, na escala de 1:5.000.000, os quais indicam as áreas consideradas favoráveis, intermediárias e desfavoráveis, para cada período de semeadura da soja dos quais foram selecionadas 20 figuras (Figuras 4.2 a 4.21) representativas das condições adotadas na simulação do balanço hídrico.

Apresenta-se 11 mapas (Figuras 4.2 a 4.12), correspondentes a simulação de 11 épocas de plantio, período de janeiro a abril, para a cultivar precoce, com reserva útil de água no solo de 50mm e nove (Figuras 4.13 a 4.21) referentes a simulação de 3 épocas de plantio, em janeiro, para a cultivar tardia, com níveis de retenção de água no solo de 25mm, 35mm e 50mm.

A Figura 4.2 ilustra a variação espacial para a semeadura nos períodos de 01 a 10 de janeiro, nos solos com capacidade de armazenamento de 50mm e cultivar de ciclo precoce. Observa-se que, para a semeadura nessa data, a maioria das microrregiões apresenta condições favoráveis ao plantio soja nesse período. Apenas as microrregiões de Altamira, Redenção e Marabá apresentam reduzidas áreas com condições intermediárias

para semeadura da soja .

A Figura 4.3 ilustra a variação espacial encontrada para a semeadura no período de 11 a 20 de janeiro, nos solos com capacidade de armazenamento de 50mm e cultivar de 120 dias de ciclo. Em relação a figura anterior, observa-se que ocorreu uma pequena expansão de áreas consideradas com condições intermediárias para semeadura da soja nessa época, nas microrregiões de Redenção e Marabá.

A Figura 4.4 ilustra a variação espacial encontrada para a semeadura no período de 21 a 30 de janeiro, nos solos com capacidade de armazenamento de 50mm e cultivar de 120 dias de ciclo. Neste caso, observa-se uma ampliação da área em condição intermediária em direção ao centro da microrregião de Redenção e extremo leste das microrregiões de Parauapebas e Marabá e o aparecimento de uma reduzida área no extremo norte da microrregião de Redenção em condições desfavoráveis para a semeadura neste período.

Com a época de semeadura alterada para o período entre 31 de janeiro e 09 de fevereiro, observa-se um aumento gradativo do risco climático para o plantio da soja. A Figura 4.5 ilustra a variação espacial encontrada para semeadura nesse período, nos solos com capacidade de armazenamento de 50mm e cultivar de 120 dias de ciclo, na qual observa-se um aumento considerável tanto das áreas desfavoráveis como das intermediárias. Identifica-se condição desfavorável para o plantio da cultura ao norte e ao sul da microrregião de Redenção, no extremo leste das microrregiões de Marabá e Parauapebas e em uma pequena parte da microrregião de Conceição do Araguaia. Circundando a área em condição desfavorável constata-se área consideradas intermediárias para semeadura nesse período, nas microrregiões de Marabá, Parauapebas, Redenção, Conceição do Araguaia e São Félix do Xingu.

Alterando-se a data de semeadura para o período de 10 a 19 de fevereiro e mantendo-se a capacidade de armazenamento e ciclo da cultura assumidas anteriormente, observa-se um aumento considerável de áreas com o risco climático para a fase de floração e enchimento de grãos, o que contribui para reduzir as áreas com condições favoráveis para o plantio da soja (Figura 4.6). Tal configuração pode ser observada nas seguintes microrregiões: Conceição do Araguaia, Redenção, Parauapebas, Marabá, na metade de São Félix do Xingu, na extremidade sul de Paragominas e Tucuruí. A área em condição desfavorável para esse período, substitui quase que totalmente a área em condição intermediária identificada na semeadura do período anterior.





Figura 4.2 – Zoneamento agroclimático da cultura da soja para as microrregiões situadas no Leste do Estado do Pará, considerando-se um solo com a capacidade de retenção de água de 50mm, cultivar de ciclo precoce e semeadura de 01 a 10 de janeiro. Embrapa Amazônia Oriental, Belém, PA, 1998.



Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Ministério da Agricultura e do Abastecimento

# ZONEAMENTO AGROCLIMÁTICO DA CULTURA DA SOJA NO LESTE DO ESTADO DO PARÁ.

Escala Aproximada 1:5.000.000

Ciclo: Precoce Semeadura: 11/01 a 20/01 RU = 50mm

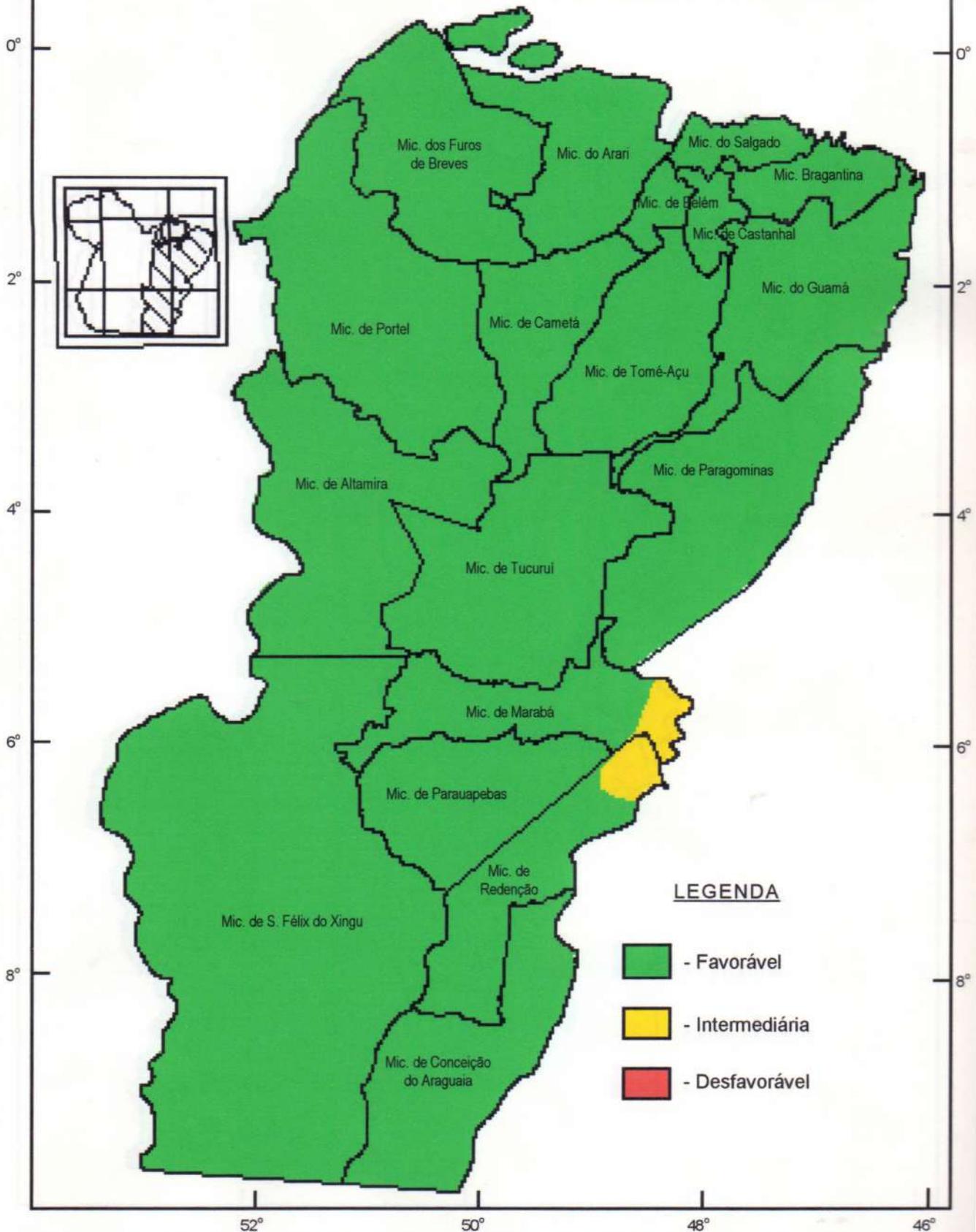


Figura 4.3 – Zoneamento Agroclimático da cultura da soja para as microrregiões situadas no Leste do Estado do Pará, considerando-se um solo com a capacidade de retenção de água de 50mm, cultivar de ciclo precoce e semeadura de 11 a 20 de janeiro. Embrapa Amazônia Oriental, Belém, PA, 1998.

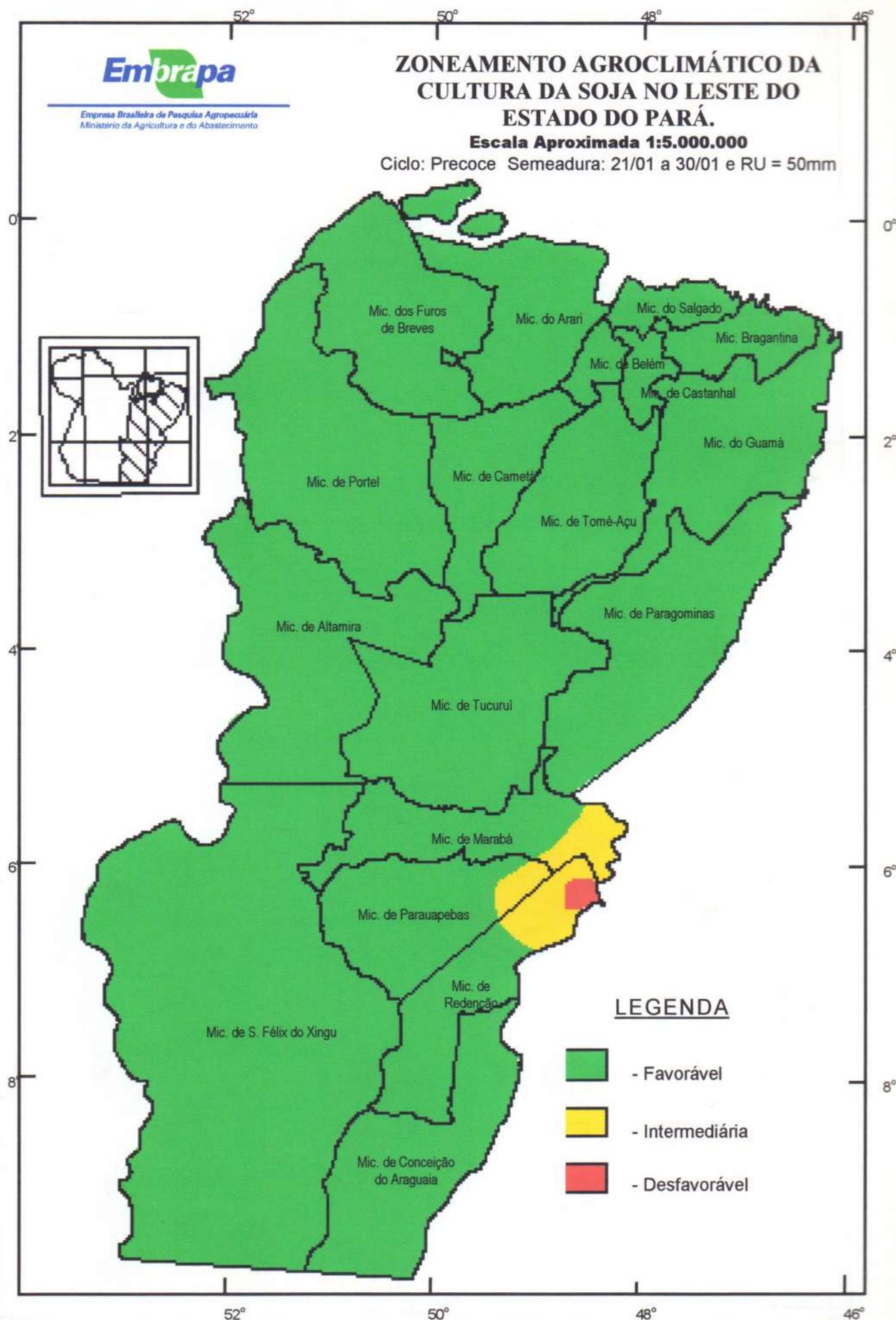


Figura 4.4 – Zoneamento agroclimático da cultura da soja para as microrregiões situadas no Leste do Estado do Pará, considerando um solo com a capacidade de retenção de água de 50mm, cultivar de ciclo precoce e semeadura de 21 a 30 de janeiro. Embrapa Amazônia Oriental, Belém, PA, 1998.

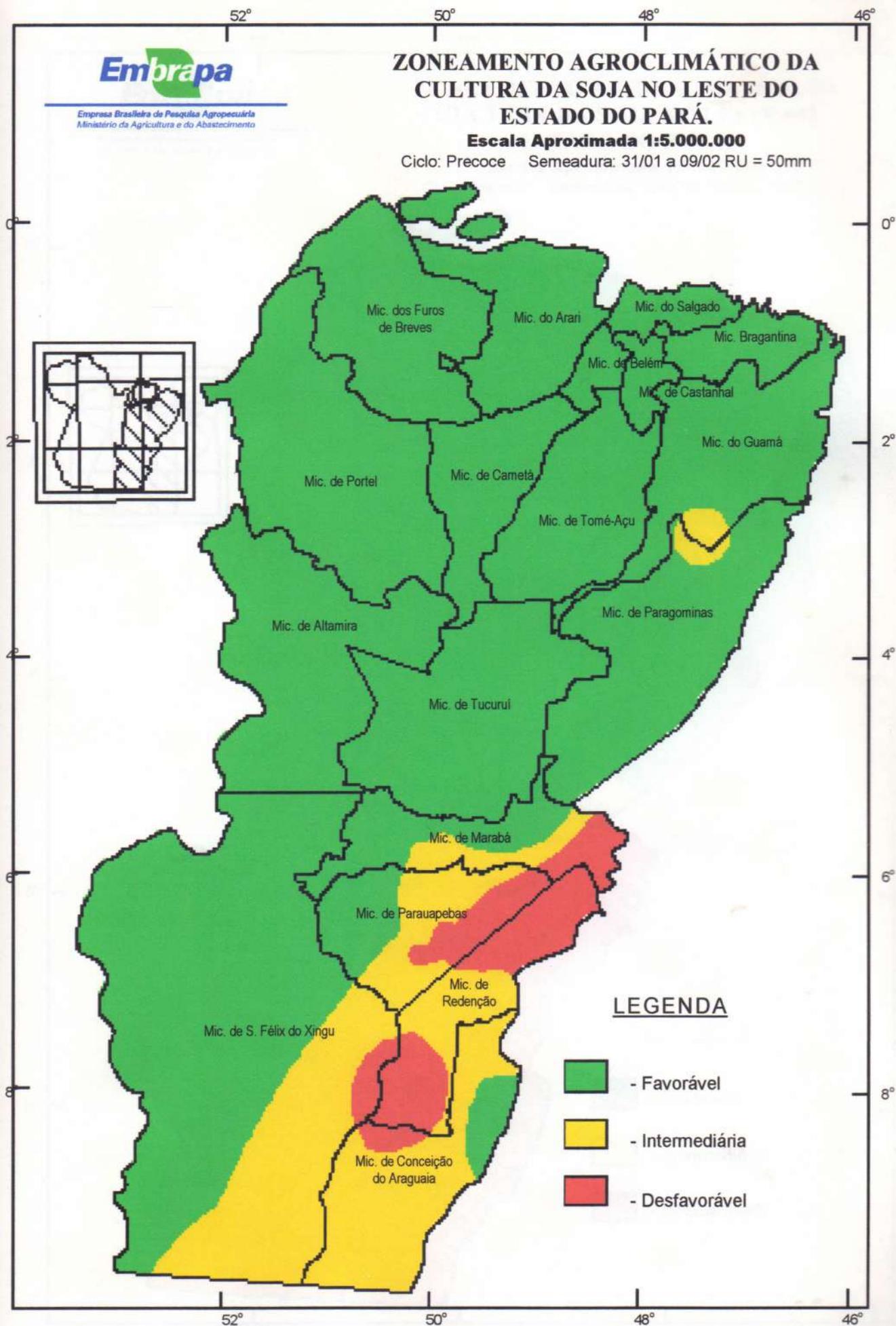


Figura 4.5 – Zoneamento agroclimático da cultura da soja para as microrregiões situadas no Leste do Estado do Pará, considerando-se um solo com capacidade de retenção de água de 50mm, cultivar de ciclo precoce e semeadura de 31 de janeiro a 09 de fevereiro. Embrapa Amazônia Oriental, Belém, PA, 1998.

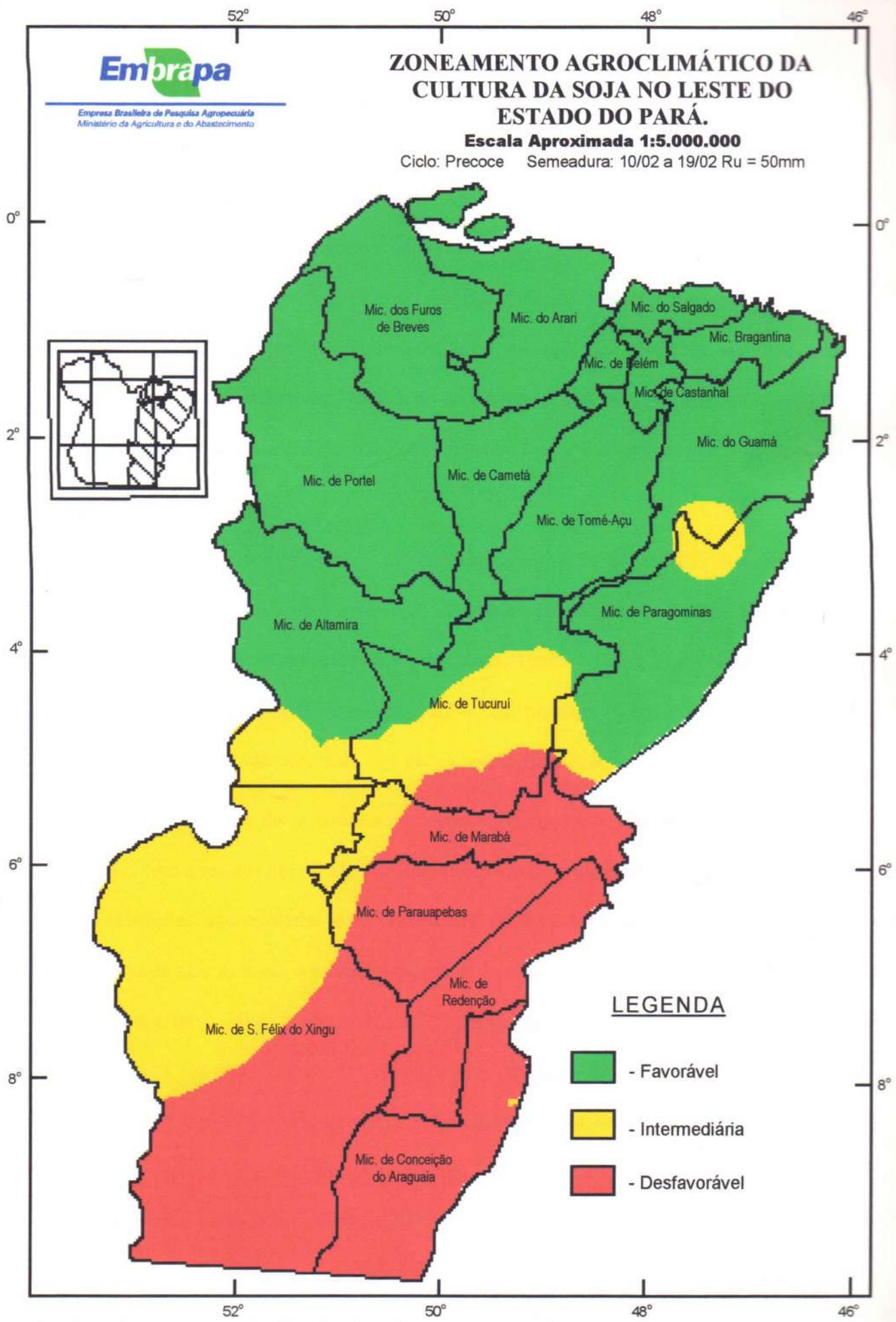


Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Ministério da Agricultura e do Abastecimento

### ZONEAMENTO AGROCLIMÁTICO DA CULTURA DA SOJA NO LESTE DO ESTADO DO PARÁ.

Escala Aproximada 1:5.000.000

Ciclo: Precoce Semeadura: 10/02 a 19/02 Ru = 50mm



#### LEGENDA

- Favorável
- Intermediária
- Desfavorável

Figura 4.6 – Zoneamento agroclimático da cultura da soja para as microrregiões situadas no Leste do Estado do Pará, considerando-se um solo com a capacidade de retenção de 50mm de água, cultivar de ciclo precoce e semeadura de 10 a 19 de fevereiro Embrapa Amazônia Oriental, Belém, PA, 1998.

Em geral, à medida que a semeadura é realizada em datas mais adiantadas, observa-se que aumenta o risco climático para o plantio da soja no Leste do Pará. As figuras 4.7; 4.8; 4.9; 4.10; 4.11 e 4.12, ilustram a variação encontrada para a semeadura da soja no período de 20 de fevereiro a 01 de março, 02 a 11 de março, 12 a 21 de março, 22 a 31 de março, 01 de abril a 10 de abril e 11 a 20 de abril, respectivamente, nos solos com capacidade de armazenamento de 50mm e cultivar de 120 dias de ciclo, as quais evidenciam um aumento progressivo, no sentido de sul para norte, das áreas em condições desfavorável e redução das áreas em condições favorável para a semeadura da soja nos períodos indicados.

Agora com a cultivar de ciclo de 130 dias, as figuras 4.13, 4.14 e 4.15 ilustram a variação espacial encontrada para a semeadura da soja no período de 01 a 10 de janeiro, nos solos com capacidade de armazenamento de 25mm, 35mm e 50mm, respectivamente. Comparando essas figuras observa-se, em função da capacidade de armazenamento, diferenças no zoneamento da cultura da soja para a região em estudo.

Com a mesma data de semeadura e mesmo ciclo constata-se áreas em condições desfavoráveis com a reserva útil de água no solo de 25mm e 35mm (Figuras 4.13 e 4.14) e áreas em condições intermediárias com reserva útil de água no solo de 50mm (Figura 4.15). Observa-se que as áreas em condição desfavorável para o plantio da soja são mais extensas com a reserva útil de água no solo de 25 mm do que as com a reserva útil de água no solo de 30mm. Constata-se áreas em condições desfavoráveis na extremidade Leste da microrregião de Parauapebas (Figura 4.13) e das microrregiões de Marabá e Redenção (Figura 4.13 e Figura 4.14). A Figura 4.15 mostra áreas em condições intermediárias ao cultivo da soja nesse período nas microrregiões de Marabá e Redenção.

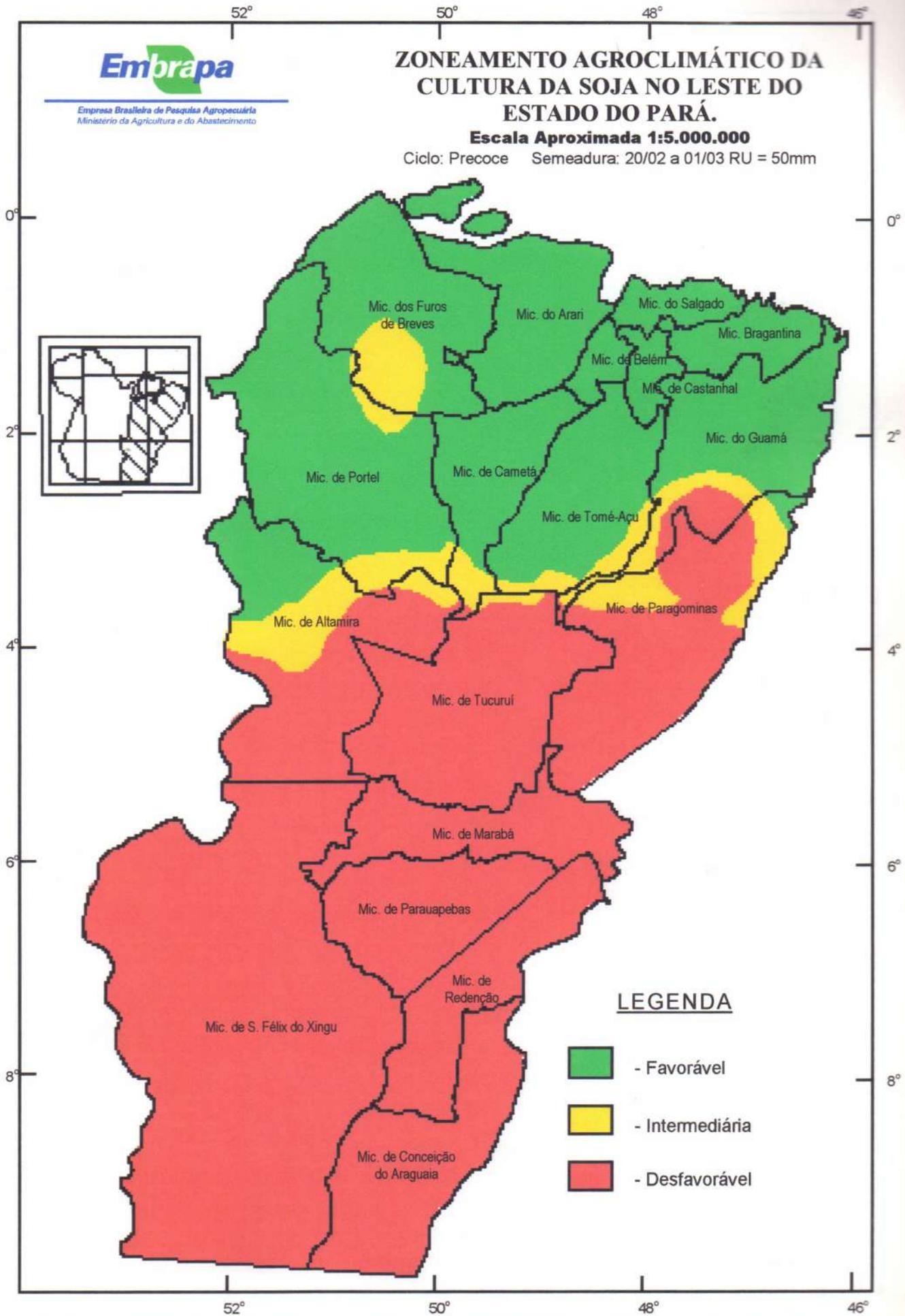


Figura 4.7 – Zoneamento agroclimático da cultura da soja para microrregiões situadas no Leste do Estado do Pará, considerando-se um solo com a capacidade de retenção de água de 50mm, cultivar de ciclo precoce e semeadura de 20 de fevereiro a 01 de março. Embrapa Amazônia Oriental, Belém, PA, 1998.

# ZONEAMENTO AGROCLIMÁTICO DA CULTURA DA SOJA NO LESTE DO ESTADO DO PARÁ.

Escala Aproximada 1:5.000.000

Ciclo: Precoce Semeadura: 02/03 a 11/03 RU = 50mm

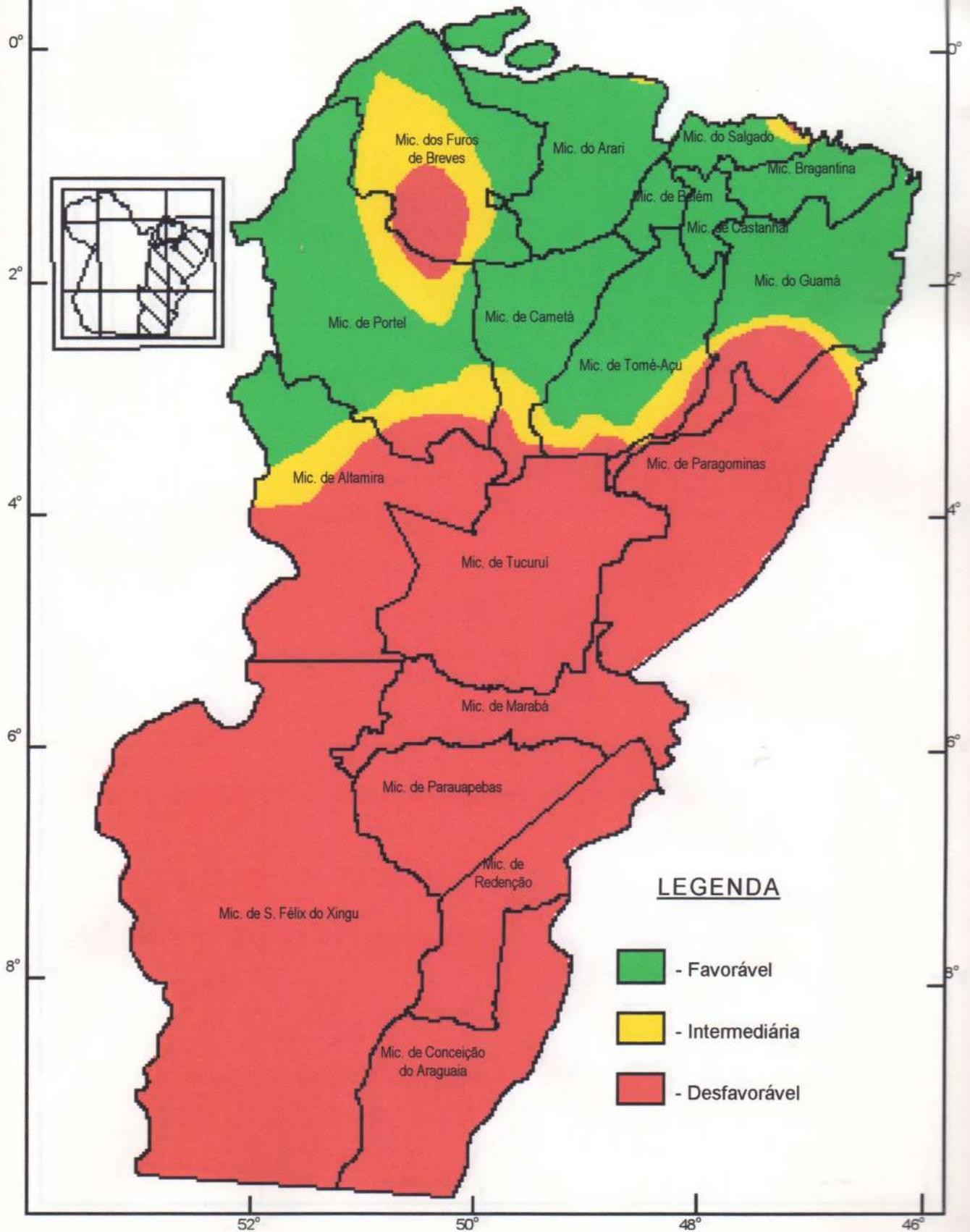


Figura 4.8 – Zoneamento agroclimático da cultura da soja para as microrregiões situadas no Leste do Estado do Pará, considerando-se um solo com a capacidade de retenção de água de 50mm, cultivar de ciclo precoce e semeadura de 02 a 11 de março. Embrapa Amazônia Oriental, Belém, Pa, 1998.

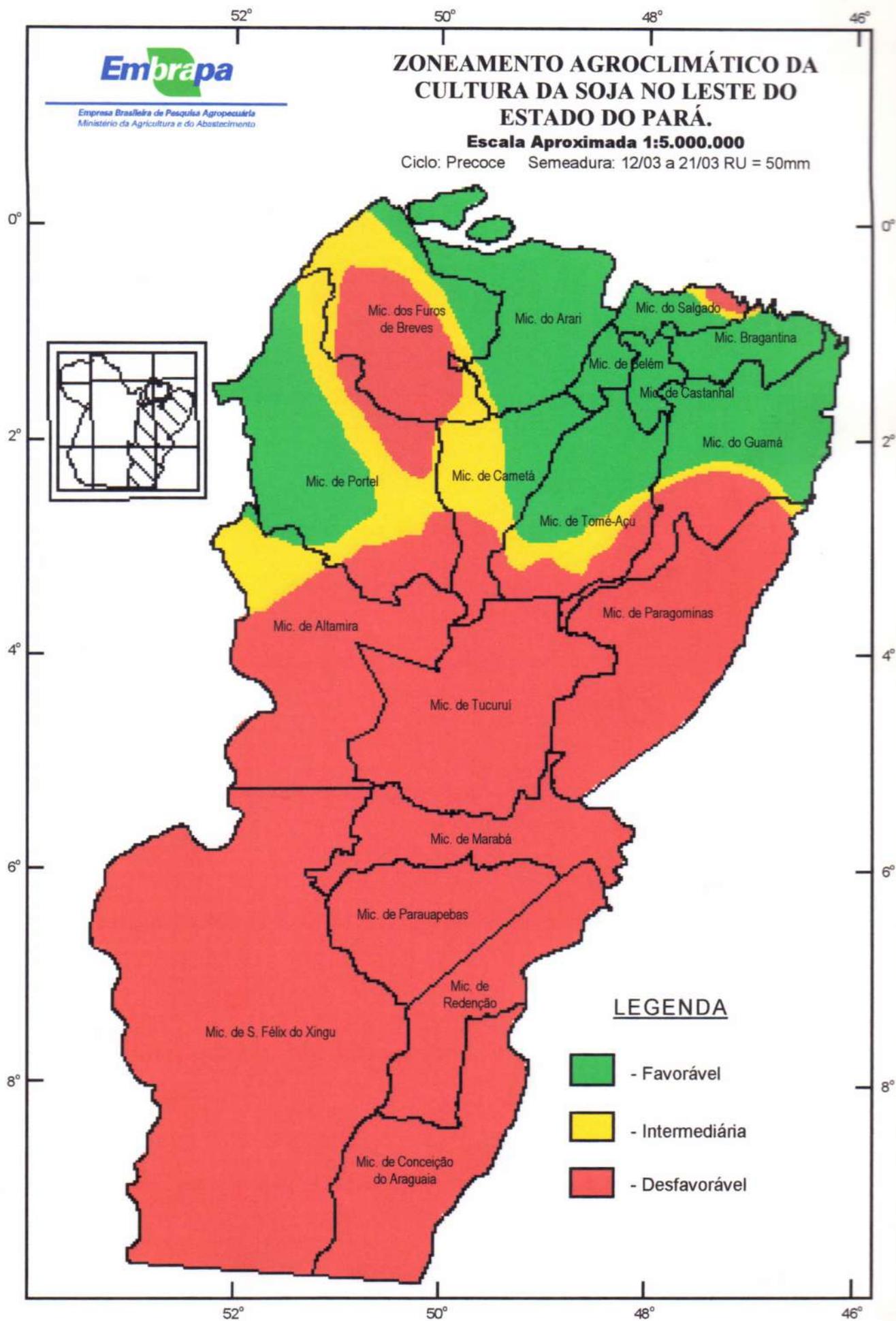


Figura 4.9 – Zoneamento agroclimático da cultura da soja para as microrregiões situadas no Leste do Estado do Pará, considerando-se um solo com a capacidade de retenção de água de 50mm, cultivar de ciclo precoce e semeadura de 12 a 21 de março. Embrapa Amazônia Oriental, Belém, PA, 1998.

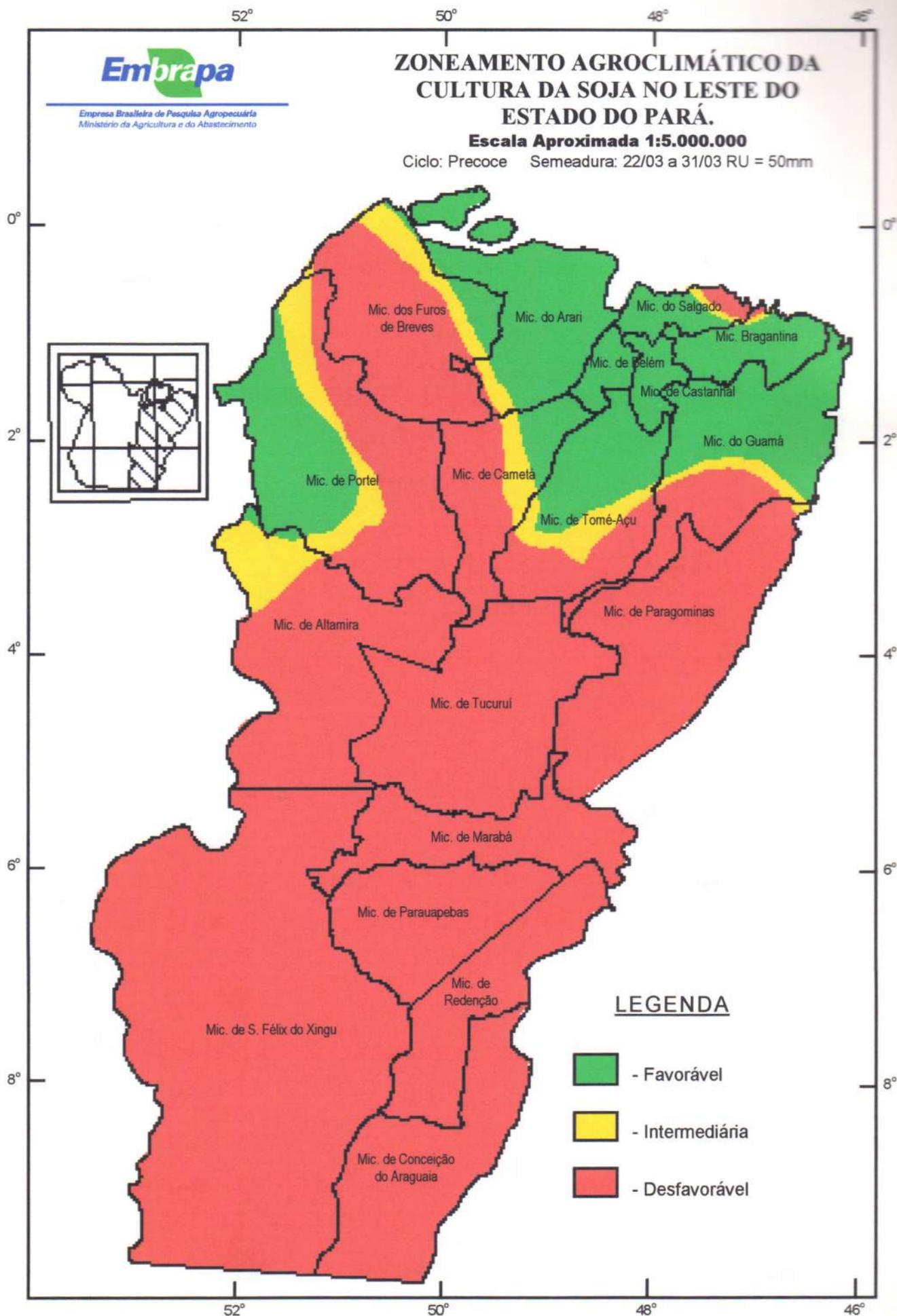


Figura 4.10 – Zoneamento agroclimático da cultura da soja para as microrregiões situadas no Leste do Estado do Pará, considerando-se um solo com a capacidade de retenção de água de 50mm, cultivar de ciclo precoce e semeadura de 22 a 31 de março Embrapa Amazônia Oriental, Belém, PA, 1998.

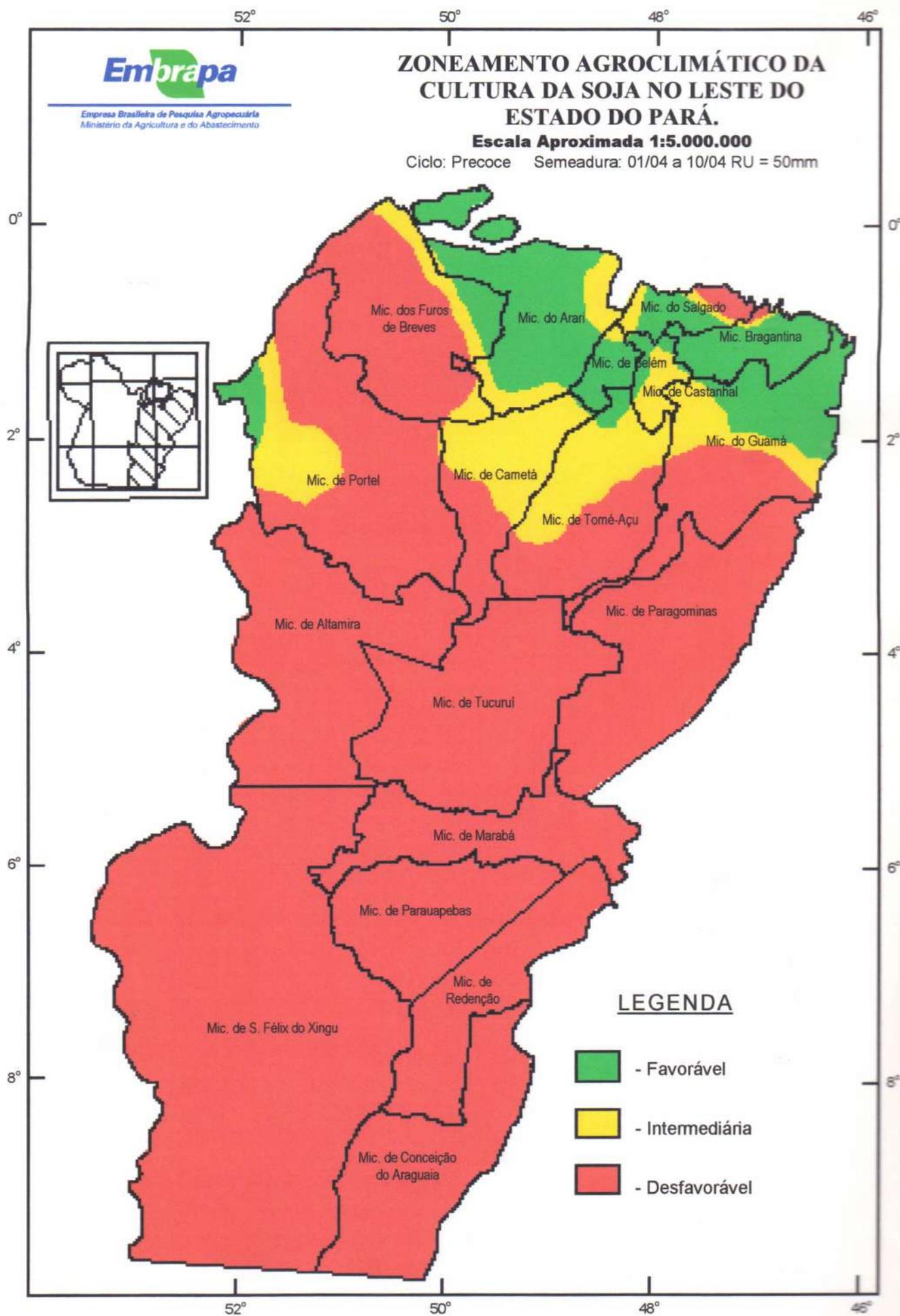


Figura 4.11 – Zoneamento agroclimático da cultura da soja para as microrregiões situadas no Leste do Estado do Pará, considerando-se um solo com capacidade de retenção de água de 50mm, cultivar de ciclo precoce e semeadura de 01 a 10 de abril. Embrapa Amazônia Oriental, Belém, PA, 1998.

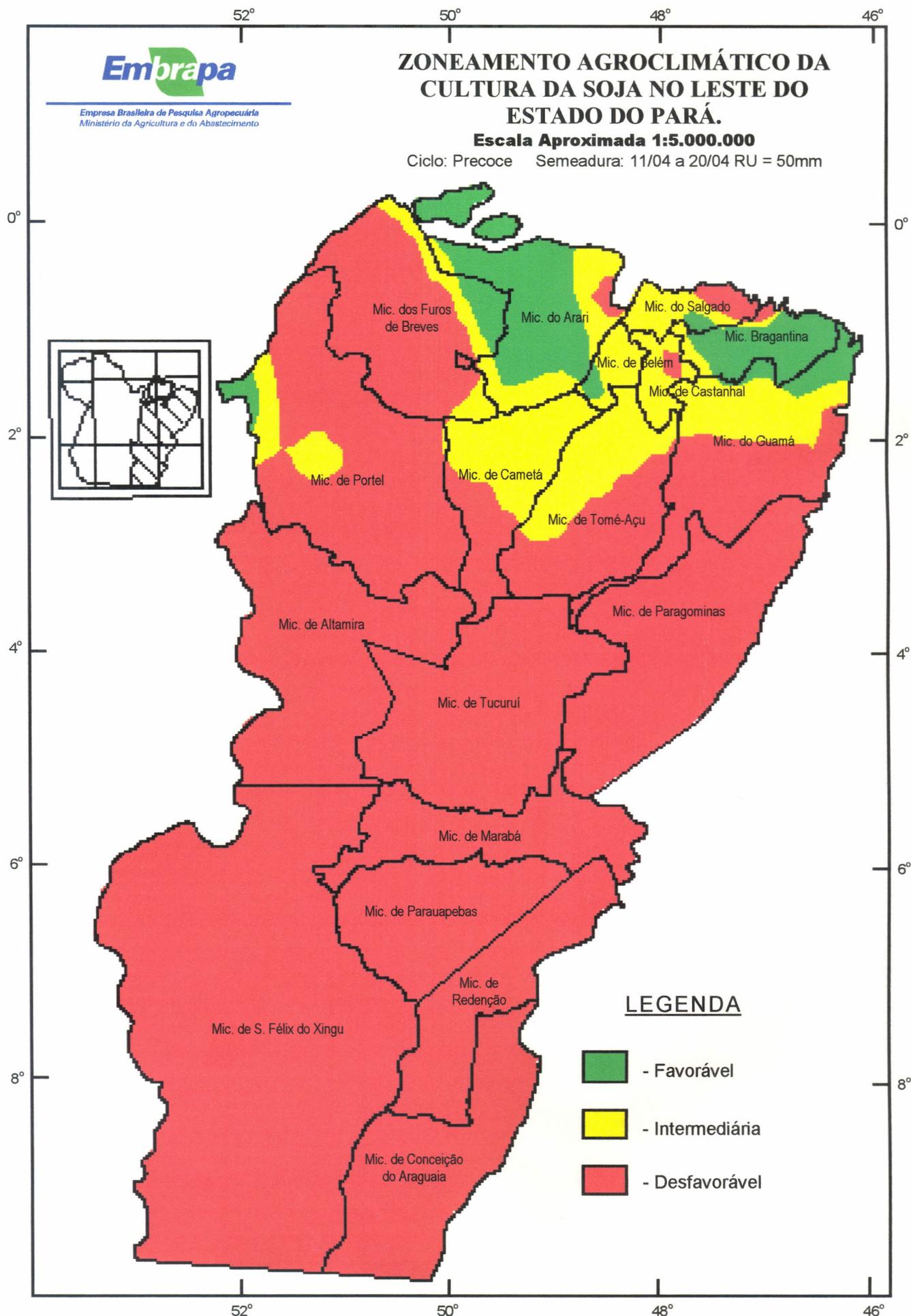


Figura 4.12 – Zoneamento agroclimático da cultura da soja para as microrregiões situadas no Leste do Estado do Pará, considerando-se um solo com a capacidade de retenção de água de 50mm, cultivar de ciclo precoce e semeadura de 11 a 20 de abril. Embrapa Amazônia Oriental, Belém, PA, 1998.

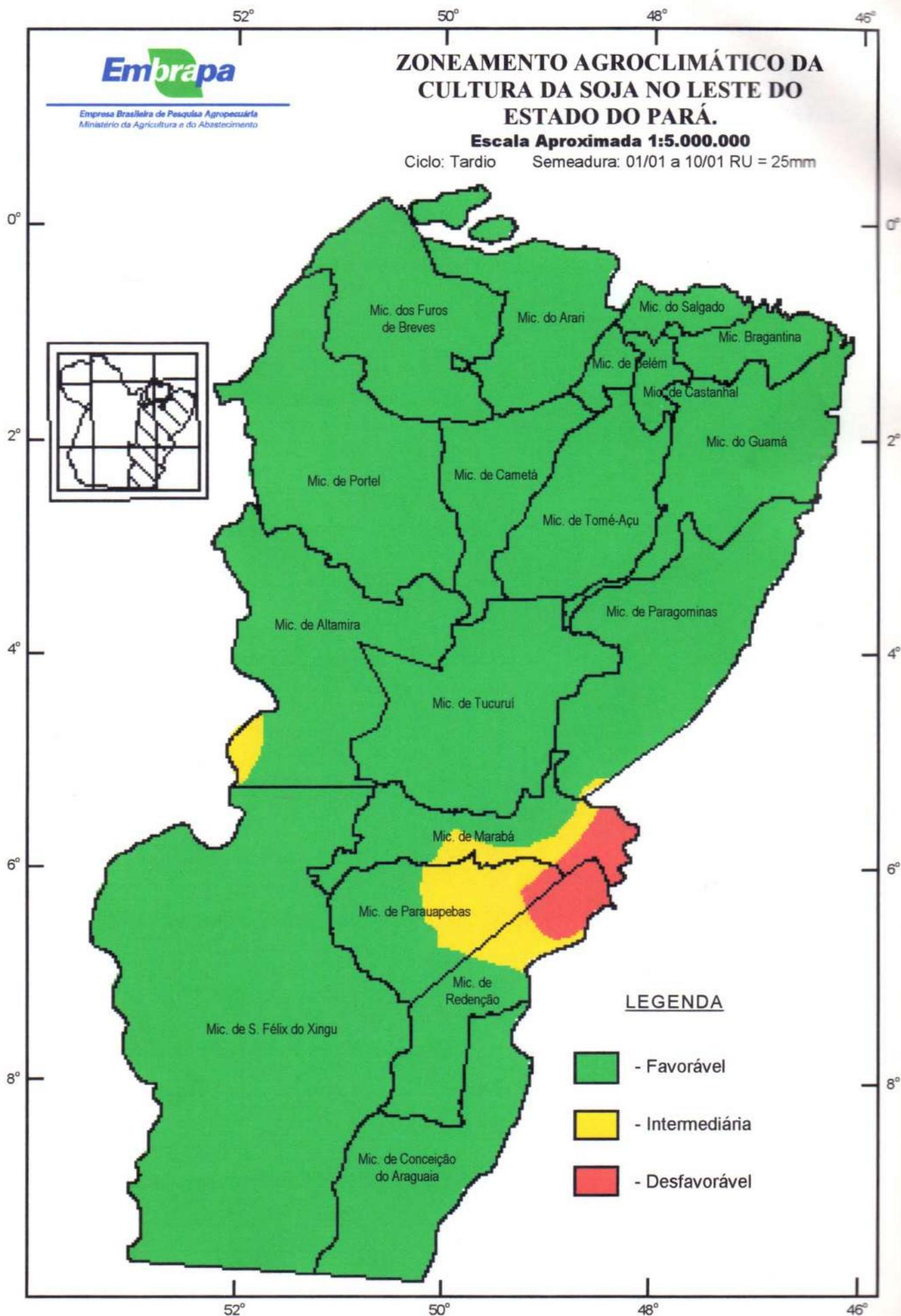


Figura 4.13 – Zoneamento agroclimático da cultura da soja para as microrregiões situadas no Leste do Estado do Pará, considerando-se um solo com capacidade de retenção de água de 25mm, cultivar de ciclo tardio e semeadura de 01 a 10 de janeiro. Embrapa Amazônia Oriental, Belém, PA, 1998.

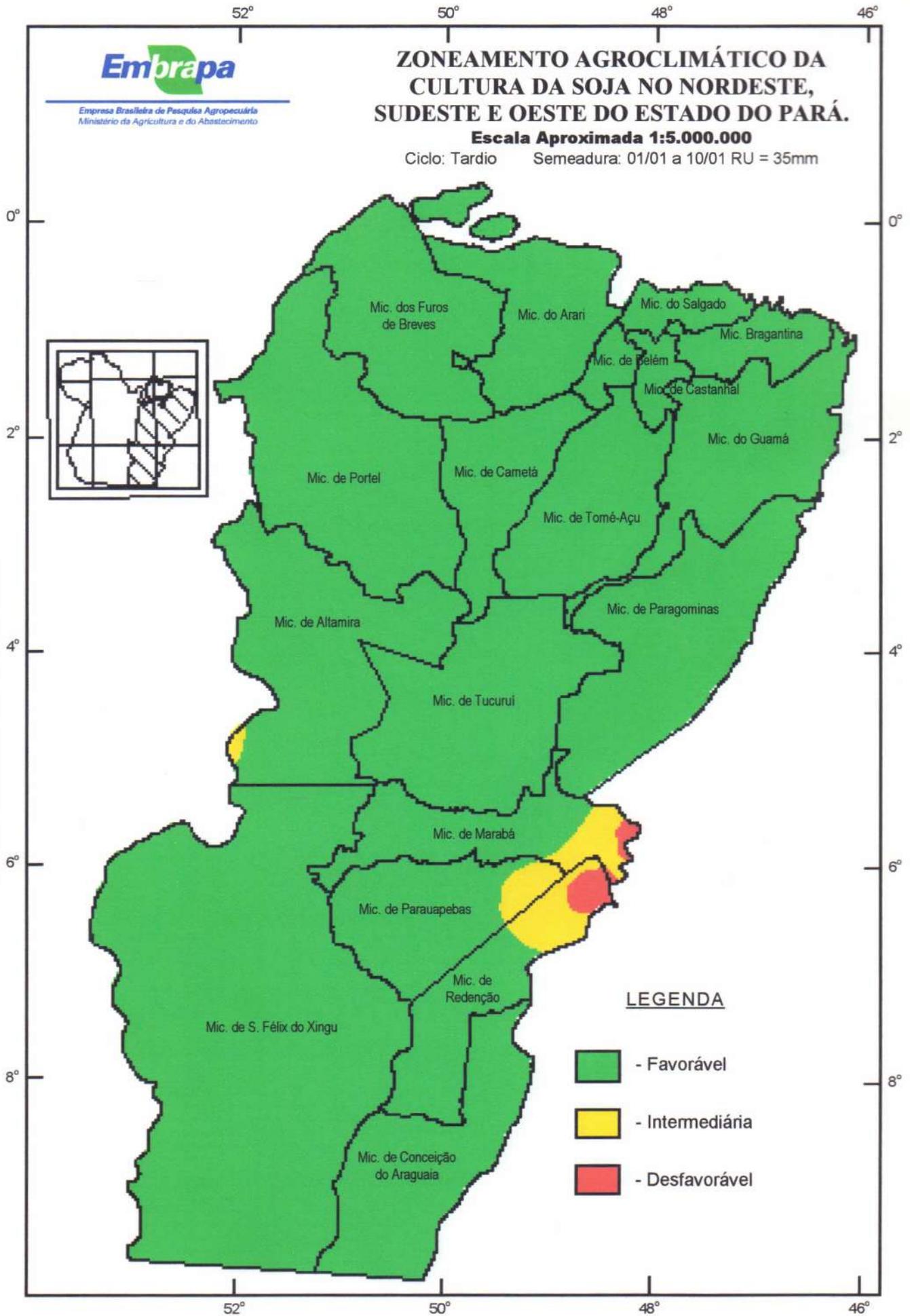


Figura 4.14 – Zoneamento agroclimático da cultura da soja para as microrregiões situadas no Leste do Estado do Pará, considerando-se um solo com a capacidade de retenção de água de 35mm, cultivar de ciclo tardio e semeadura de 01 a 10 de janeiro. Embrapa Amazônia Oriental, Belém, PA. 1998.

52° 50° 48° 46°



Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Ministério da Agricultura e do Abastecimento

# ZONEAMENTO AGROCLIMÁTICO DA CULTURA DA SOJA NO LESTE DO ESTADO DO PARÁ.

Escala Aproximada 1:5.000.000

Ciclo: Tardio Semeadura: 01/01 a 10/01 RU = 50mm

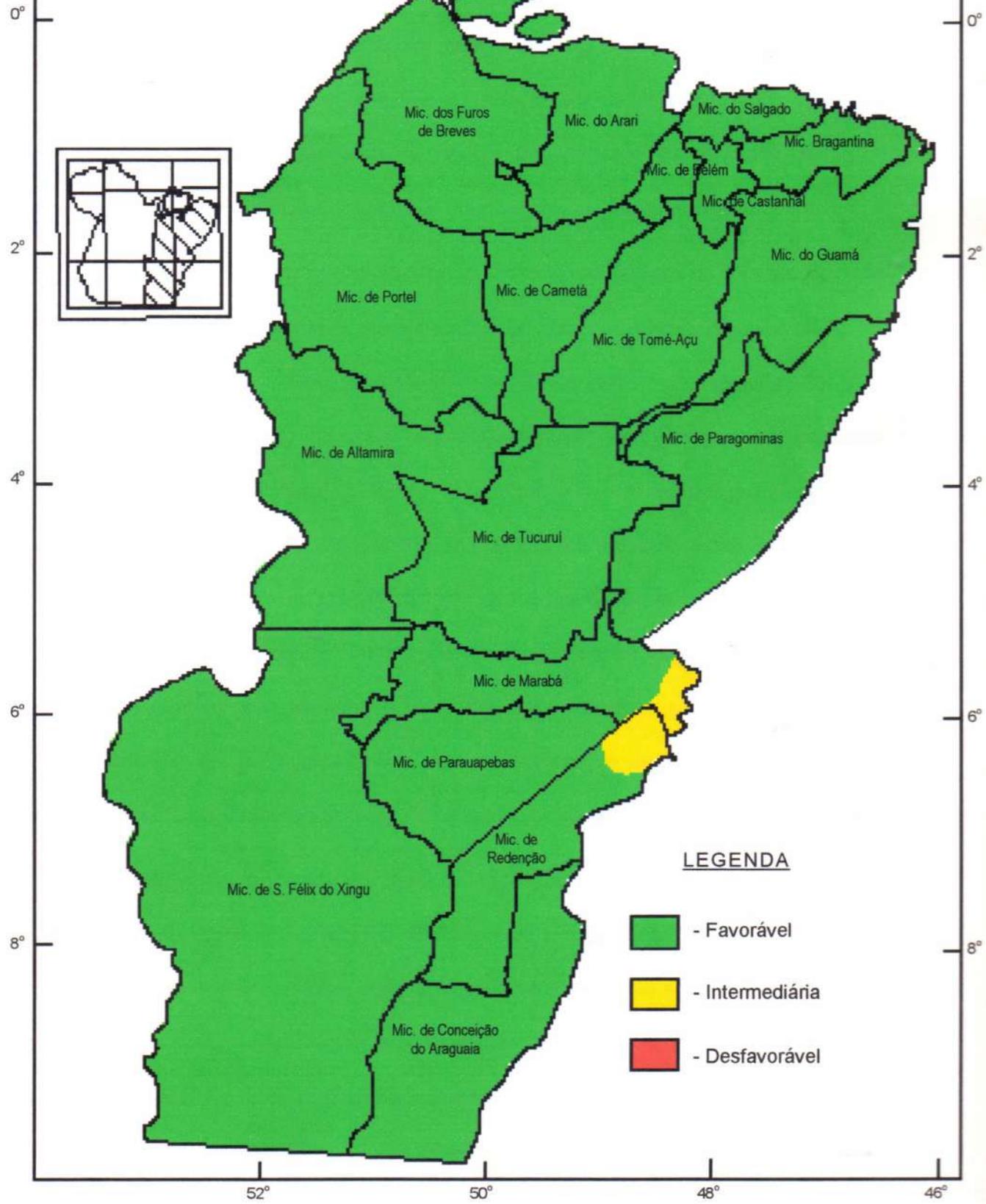


Figura 4.15– Zoneamento Agroclimático da cultura da soja para as microrregiões situadas no Leste do Estado do Pará, considerando-se um solo com capacidade de retenção de 50mm, cultivar de ciclo tardio e semeadura 01 a 10 de janeiro. Embrapa Amazônia Oriental, Belém, PA. 1998.

As figuras 4.16, 4.17 e 4.18 ilustram a variação espacial para a semeadura da soja tardia, no período de 11 a 20 de janeiro, em solos com armazenamento da água de 25mm, 35mm e 50mm, respectivamente, enquanto que, as figuras 4.19, 4.20 e 4.21 para a semeadura no período de 21 a 30 de janeiro, com as mesmas características anteriores. Tais figuras evidenciam que o risco climático na fase crítica da soja para cada época de semeadura é praticamente coincidente na maioria das microrregiões, diferindo quanto ao tamanho das áreas em condições favoráveis, intermediárias e desfavoráveis para o plantio.

É importante enfatizar que quanto maior a reserva útil de água no solo menores são os riscos climáticos, para a cultura da soja na fase de floração e enchimento dos grãos. No entanto, mesmo que uma microrregião apresente condições desfavorável ao plantio da soja, é possível reduzir o risco climático adotando técnicas agronômicas que permitam aprofundar o sistema radicular da cultura e/ou aumentar a reserva útil de água no solo para minimizar os efeitos da baixa disponibilidade hídrica para a cultura nessa fase crítica de desenvolvimento. Silva et al. (1994) afirmam que estão incluídas nestas técnicas: 1) a aração profunda do solo, com a incorporação prévia de resíduo vegetal; e 2) a adubação profunda. A primeira visa melhorar o perfil do solo e aumentar o desenvolvimento do sistema radicular em profundidade e a segunda favorece o desenvolvimento radicular proporcionando uma melhor exploração da água disponível no solo.

Os mapas gerados mostram que as microrregiões situadas no leste do Pará apresentam áreas e períodos favoráveis distintos para a semeadura da soja, causados pela variação no regime pluviométrico, reserva de água no solo e ciclo da cultivar. Tais mapas mostram que o período favorável para a semeadura da soja na maioria das microrregiões do nordeste, sudeste e oeste do Pará é compreendido entre 01 e 31 de janeiro. Porém, para esse período, em que praticamente todas as microrregiões apresentam áreas em condições

favoráveis, o terceiro decêndio é a época mais adequada devido a colheita coincidir com o início do período de redução chuvas na região. Contudo, avançando-se com a data da sementeira, aumenta-se as áreas em condições desfavoráveis a sementeira da soja no sentido de Sul para Norte, contribuindo para reduzir, no mesmo sentido, o período favorável para o plantio da soja nessas microrregiões.

Os resultados indicam que, as microrregiões situadas ao norte da região em estudo apresentam áreas em condições favoráveis ao plantio da soja em períodos mais extensos, de janeiro a março, do que as situadas ao sul, de janeiro ao primeiro decêndio de fevereiro. Os mapas de zoneamento agroclimático para a cultura no leste do Pará indicam que para as microrregiões situadas ao norte, o período entre fevereiro e março é considerado o mais favorável para a sementeira, tanto para as cultivares de ciclo de 120 dias (precoce) como para as de 130 dias (tardia) devido a oferta hídrica ser adequada para a fase mais sensível a deficiência de água. Outra razão para a sementeira nesse período nas microrregiões situadas ao norte é evitar que a colheita coincida com o período chuvoso na região, evitando-se assim perdas de grãos por excesso de umidade no período da colheita.

Para as microrregiões situadas ao sul da região em questão, o mês de janeiro apresenta-se como a época mais adequada à sementeira da soja, sendo as cultivares de ciclo de 120 dias as mais indicadas, já que a oferta e o período de chuvas nessa região são mais reduzidos nessas microrregiões. Plantios realizados à partir de maio, tanto nas microrregiões situadas ao norte como ao sul, recomenda-se a adoção de práticas de irrigação para garantir o suprimento de água no desenvolvimento da soja e garantir boa produção.



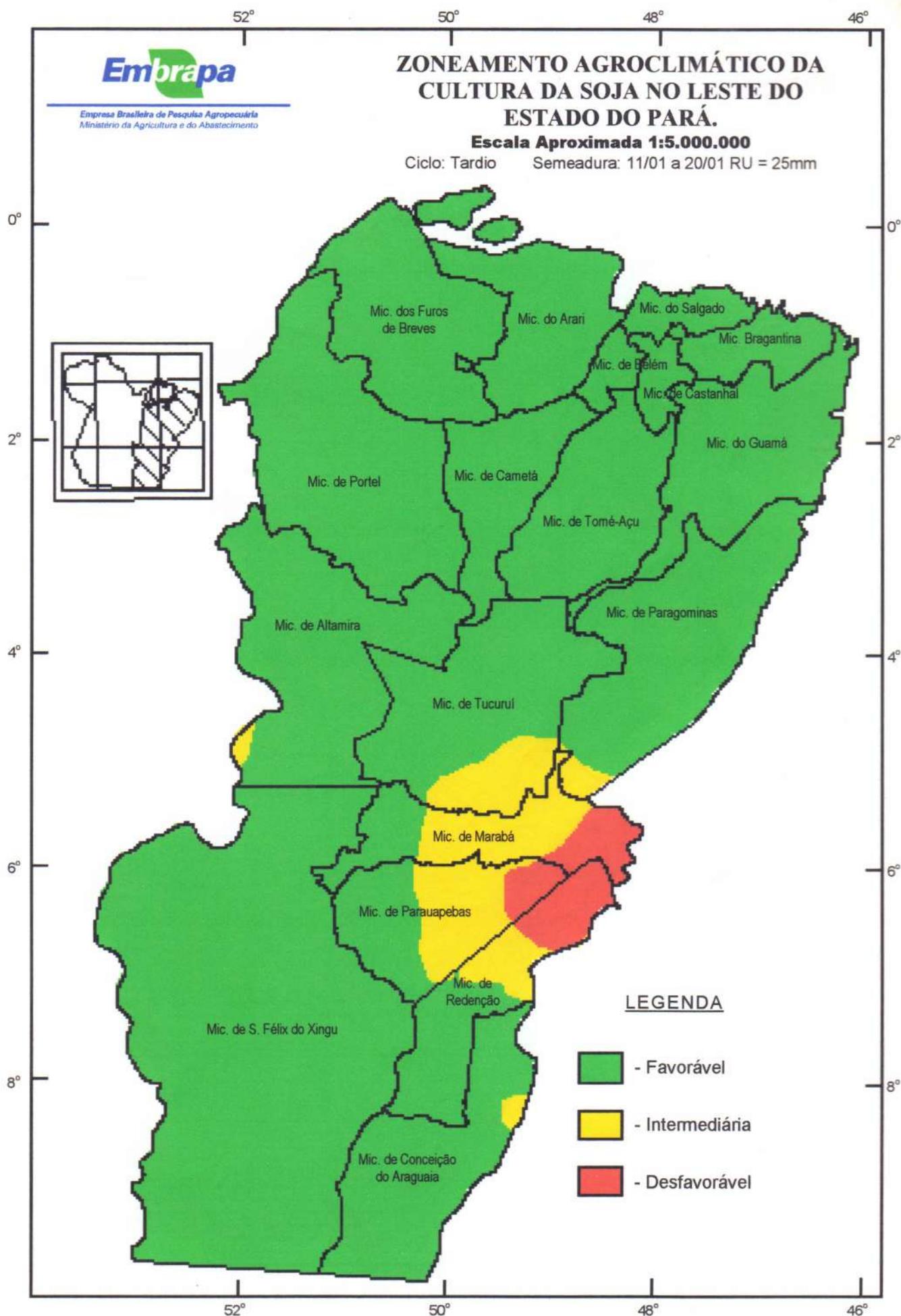


Figura 4.16 – Zoneamento Agroclimático da cultura da soja para as microrregiões situadas no Leste do Estado do Pará, considerando-se solo com capacidade de retenção de água de 25mm, cultivar de ciclo tardio e semeadura de 11 a 20 de janeiro. Embrapa Amazônia Oriental, Belém, PA. 1998.



Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Ministério da Agricultura e do Abastecimento

### ZONEAMENTO AGROCLIMÁTICO DA CULTURA DA SOJA NO NORDESTE, SUDESTE E OESTE DO ESTADO DO PARÁ.

Escala Aproximada 1:5.000.000

Ciclo: Tardio    Semeadura: 11/01 a 20/01 RU =35mm

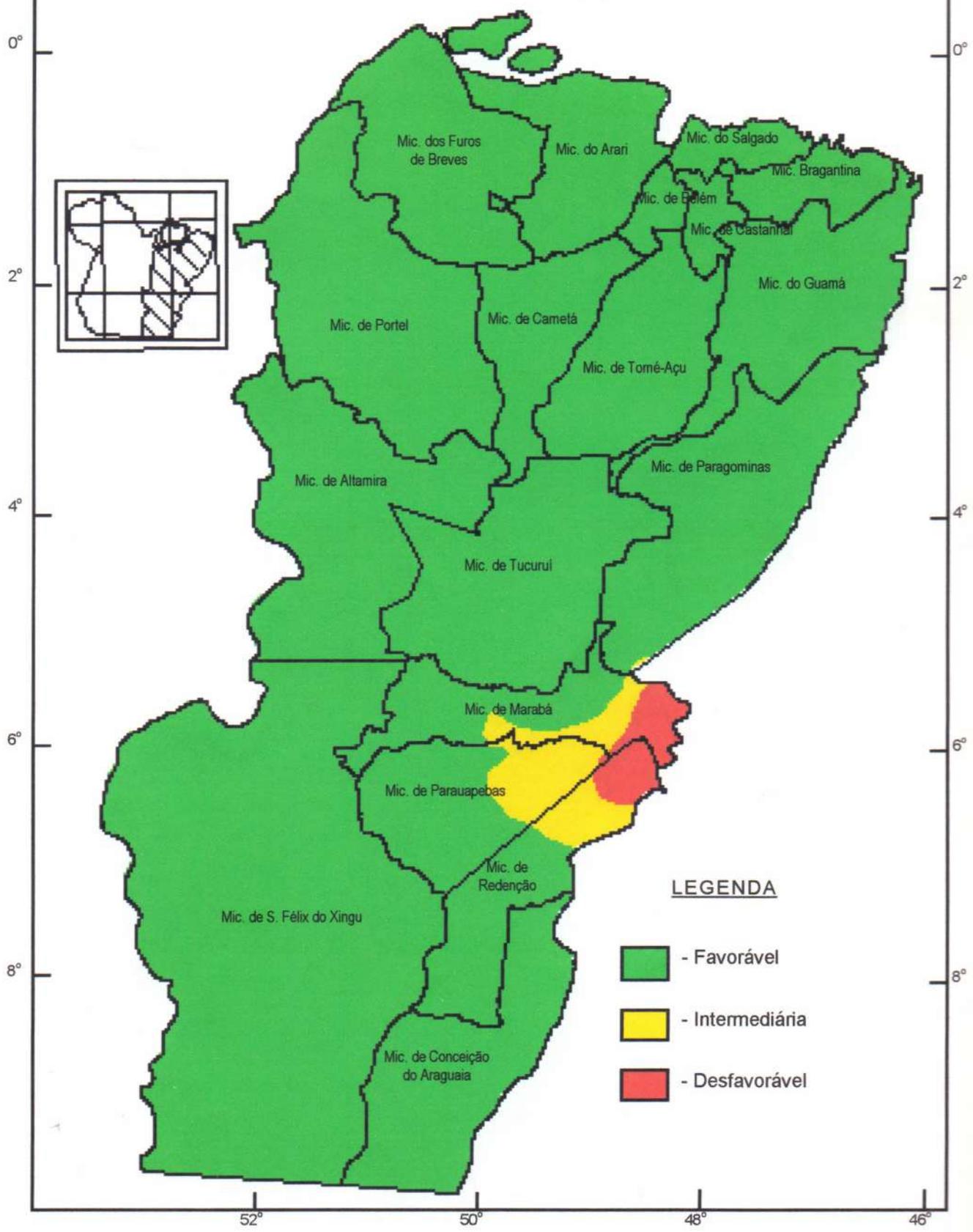


Figura 4.17 – Zoneamento Agroclimático da cultura da soja para as microrregiões situadas no Leste do Estado do Pará, considerando-se um solo com capacidade de retenção de água de 35mm, cultivar de ciclo tardio e semeadura de 11 a 20 de janeiro. Embrapa Amazônia Oriental, Belém, PA. 1998.



Figura 4.18 – Zoneamento Agroclimático da cultura da soja para as microrregiões situadas no Leste do Estado do Pará, considerando-se um solo com capacidade de retenção de água de 50mm, cultivar de ciclo tardio e semeadura 11 a 20 de janeiro. Embrap Amazônia Oriental, Belém, PA.1998.

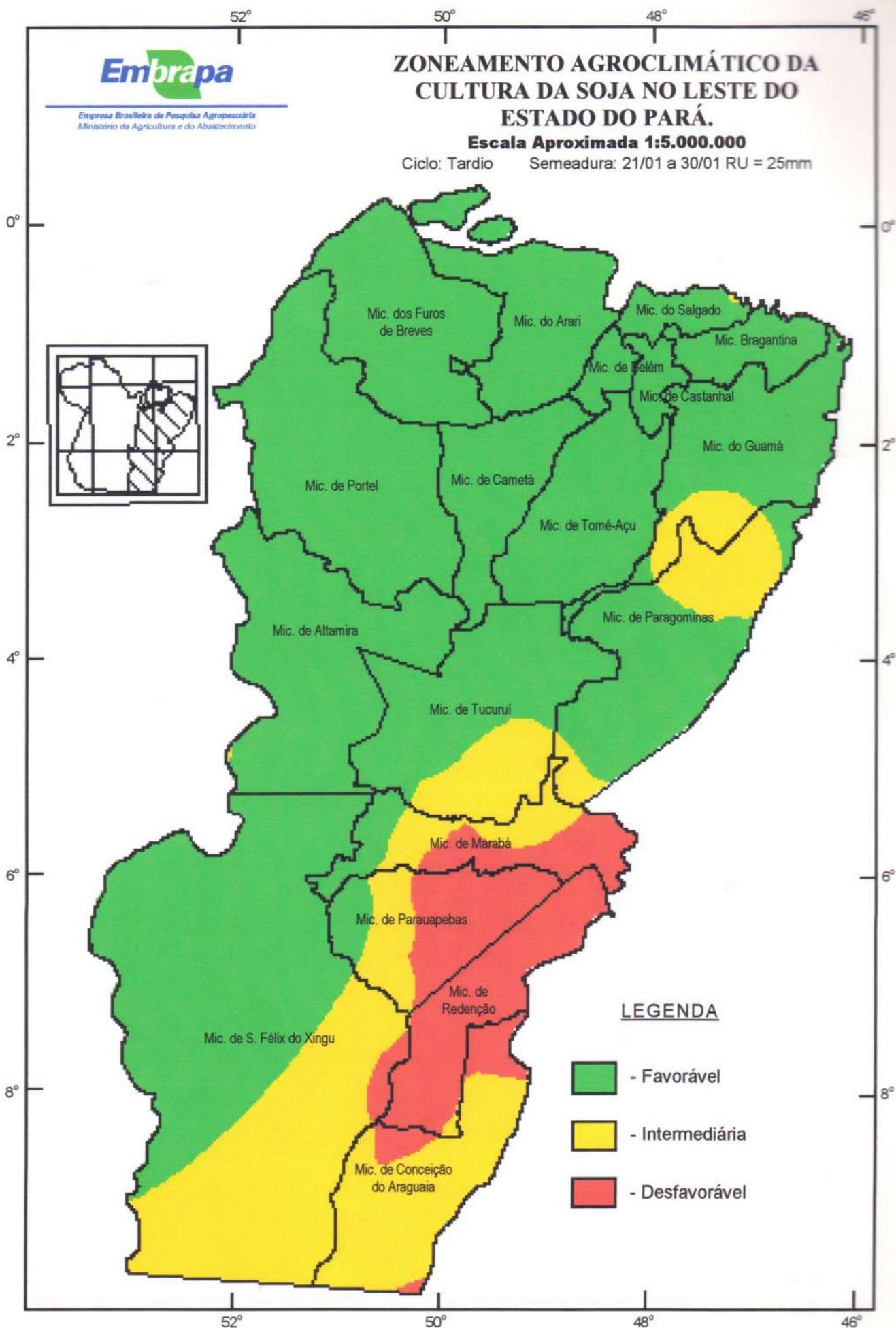


Figura 4.19 – Zoneamento agroclimático da cultura da soja para as microrregiões situadas no Leste do Estado do Pará, considerando-se um solo com capacidade de retenção de água de 25mm, cultivar de ciclo tardio e semeadura de 21 a 30 de janeiro. Embrapa Amazônia Oriental, Belém, PA.1998.

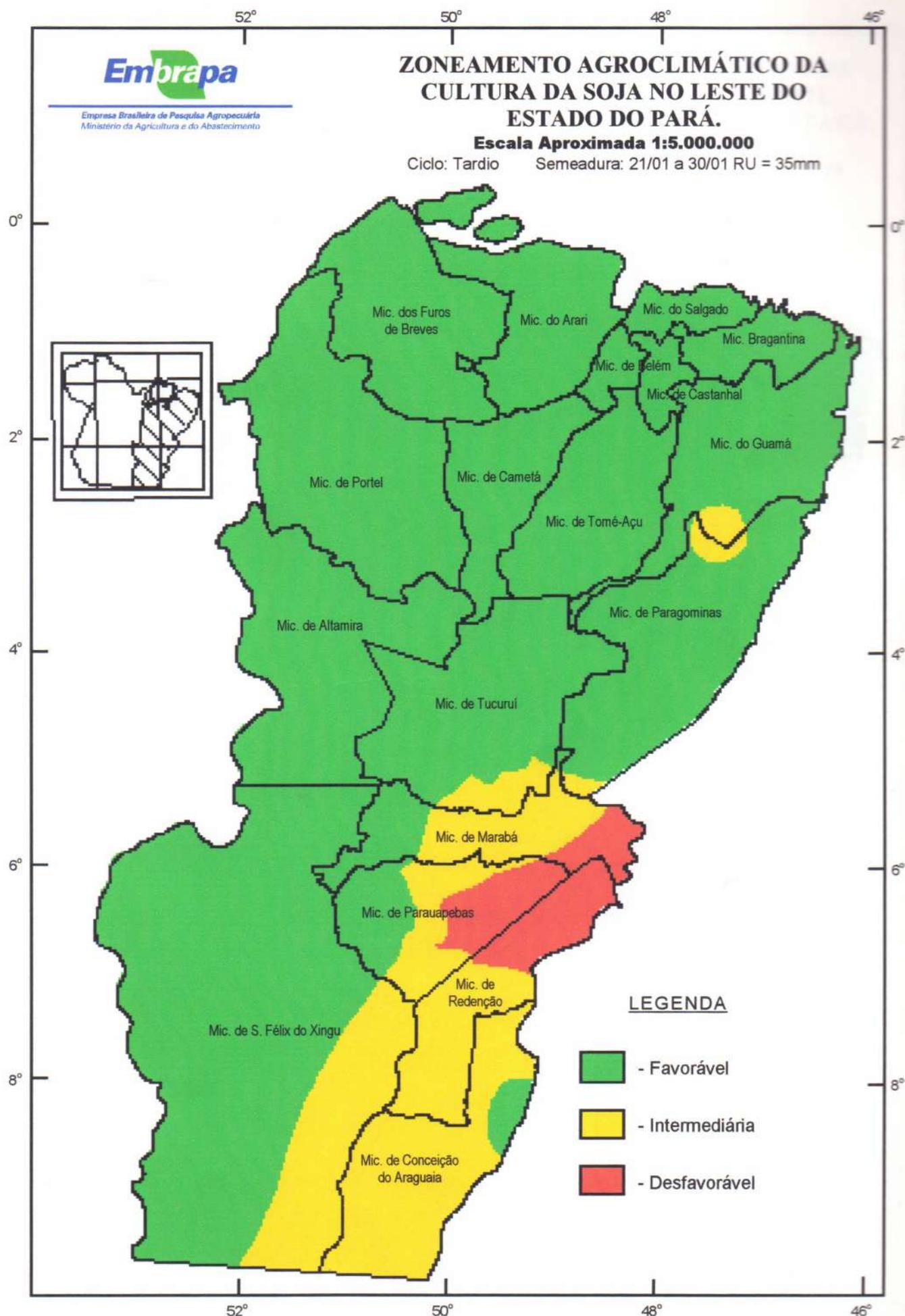


Figura 4.20 – Zoneamento Agroclimático da cultura da soja para as microrregiões situadas no Leste do Estado do Pará, considerando-se um solo com a capacidade de retenção de água de 35mm, cultivar de ciclo tardio e semeadura de 21 a 30 de janeiro. Embrapa Amazônia Oriental, Belém, PA. 1998.

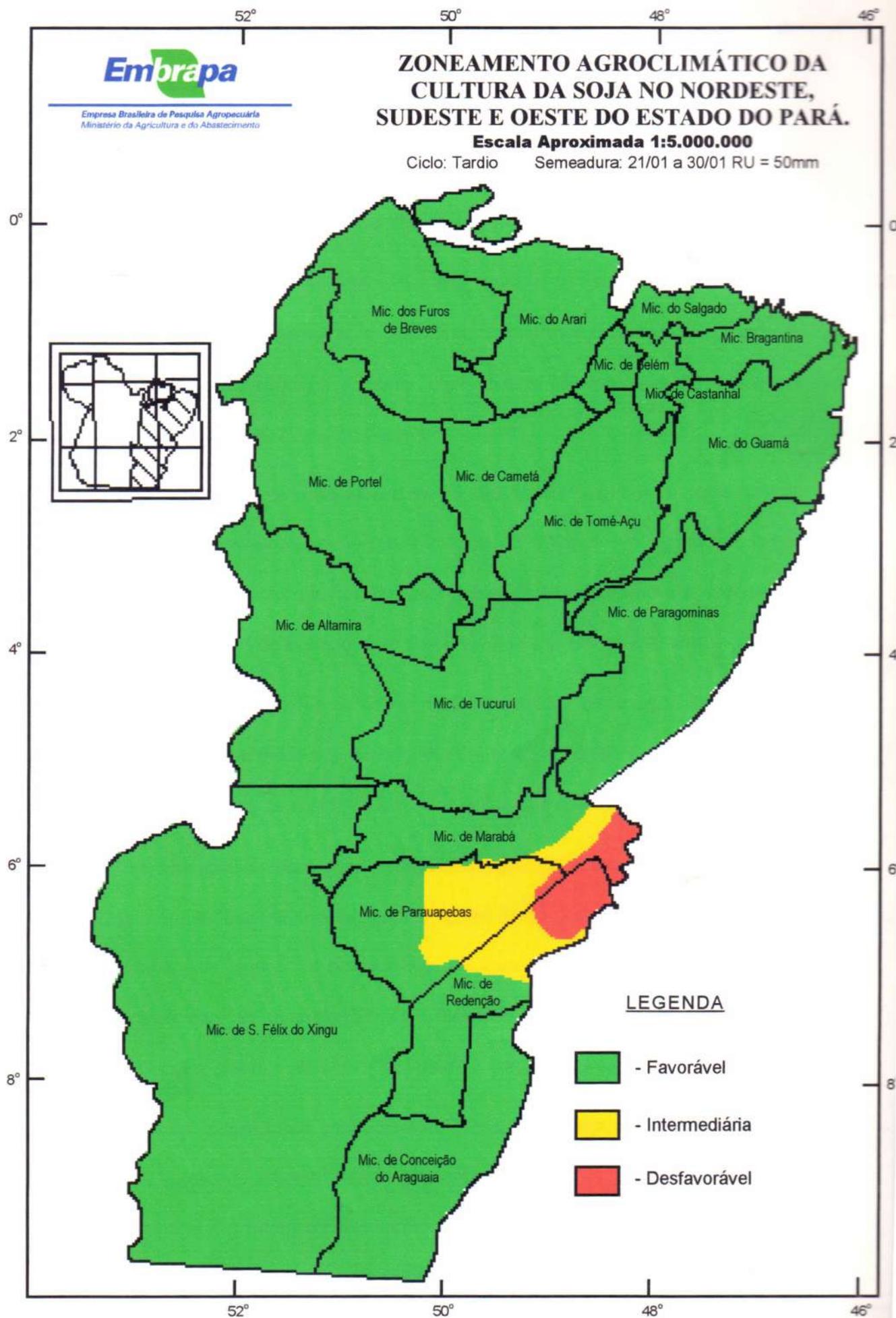


Figura 4.21 – Zoneamento Agroclimático da cultura da soja para as microrregiões situadas no Leste do Estado do Pará, considerando-se um solo com capacidade de retenção de água de 50mm, cultivar de ciclo tardio e semeadura de 21 a 30 de janeiro. Embrapa Amazônia Oriental, Belém, PA. 1998.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSÕES

Os resultados obtidos neste trabalho permitem concluir que:

1- Em geral, o regime pluviométrico das regiões leste do Estado do Pará apresenta dois períodos distintos: um chuvoso, com índices pluviométricos elevados, estendendo-se de dezembro/janeiro a abril/maio e outro com índices de precipitação reduzidos estendendo-se de abril/maio a novembro/dezembro

2 – Os índices pluviométricos decrescem no sentido norte-sul com totais anuais de precipitação variando, aproximadamente, de 3.000mm a 1.600mm. No período de maior incidência de chuvas, os totais pluviométricos médios mensais garantem o suprimento hídrico para as necessidades de água do ciclo fenológico da soja (600 a 800mm).

3 – Para anos considerados de baixo risco climático e semeadura da soja entre janeiro e abril, praticamente todas as microrregiões do leste do Estado do Pará, apresentam oferta hídrica capaz de suprir as necessidades hídricas do ciclo fenológico da cultura.

4 – Para anos considerados com médio risco climático e semeadura da soja entre janeiro e abril, oferta hídrica em algumas microrregiões do nordeste e sudeste do Estado do Pará é insuficiente para atender às necessidades de água da soja do ciclo fenológico da cultura, principalmente na microrregião de Conceição do Araguaia, em que a oferta hídrica atende somente plantios realizados de janeiro a março.

5 – Para anos considerados com alto risco climático, ou seja, aqueles anos em que 80% dos valores de chuvas estimados têm a probabilidade de serem inferiores aos valores observados, a maioria das microrregiões apresentam insuficiência de chuvas para atender às necessidades hídricas da cultura da soja semeada entre janeiro e abril.

6 – O zoneamento agroclimático para a cultura da soja, com base na variação dos Índices de Satisfação das Necessidades Hídricas (ISNHs), permite a definição de épocas adequadas à semeadura e a identificação de áreas favoráveis, intermediárias e desfavoráveis para diferentes datas de semeadura.

7 - A maioria das microrregiões do leste do Estado do Pará apresenta áreas em condições favoráveis ao cultivo da soja semeada entre 01 de janeiro e 31 de janeiro, sendo o terceiro decêndio de janeiro o período mais adequado devido a colheita da soja coincidir com o início do período de redução de chuvas na região.

8 – À medida que se avança com a data de semeadura da soja ocorre gradativamente um aumento no sentido sul-norte das áreas com condições desfavoráveis ao cultivo, no leste do Estado do Pará. Portanto, as microrregiões situadas ao sul apresentam períodos mais reduzidos (de janeiro a fevereiro) para a semeadura do que as situadas ao norte da região (janeiro a março). Para as microrregiões situadas ao sul da região o mês de janeiro é o mais adequado para a semeadura, sendo as cultivares precoces as mais indicadas, enquanto que para as microrregiões situadas ao norte, os meses de fevereiro e março podem ser considerados os mais favoráveis ao plantio, sendo indicadas tanto as cultivares precoces como as tardias.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADRI, K. Potentialite de la maïsiculture pluviale au Togo. In: Centre Technique de Coopération Agricole et Rurale. **Influencie du climat sur production des cultures tropicales**. Burkina Faso: IfS, 1991. p. 232-240.
- ALDAZ, L. **Caracterização parcial do regime das chuvas do Brasil**. Recife: DEMET/SUDENE/OMM, 1971. (DEMET/SUDENE/OMM. Publicação Técnica, 4).
- ALVAREZ V., V.H.; FONTES, L.E.F.; FONTES, M.P.F. **Domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado**. Viçosa: SBCS/ UFG/ DPS, 1996. p.19-60.
- AMORIM, M.C. de; SEDIYAMA, G. Determinacion de los coeficientes del cultivo de soja (*Glycine max L.*) utilizando el modelo de Penman-Monteith. In: REUNION ARGENTINA, 7.; LATINOAMERICANA DE AGROMETEOROLOGIA, 1., 1997, Argentina. *Actas...* Argentina: Facultad de Agronomia-UBA, 1997. p. 47.
- ANUÁRIO ESTATÍSTICO DO BRASIL. Rio de Janeiro: IBGE, v.54, 1994. p.53-55.
- ARRUDA, N.B. Cultura da soja. Itaguaí: IPEACS, 1973. 10p. (IPEACS, Circular Técnica, 14).
- ASSAD, E.D.; SANO, E.E. **Sistema de informações geográficas: aplicações na agricultura**. Brasília: EMBRAPA-CPAC/EMBRAPA/ SPI. 1993. 340p.
- ASSAD, E.D. **Chuvas nos cerrados: análise e espacialização**. Brasília: EMBRAPA-CPAC/ EMBRAPA- SPI. 1994. 423p.
- AZEVEDO, P.V.; LEITÃO, M.M.V.B.; COSTA, J. de P.R. da. Balanço de energia numa cultura de soja irrigada, nas condições Semi-Áridas do Nordeste. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 9., 1995, Campina Grande. *Anais...*, Campina Grande: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1995. p.427-435.

- BARON, C.; PEREZ, P.; MARAUX, F. **SARRA-Systeme d'Analyse des Risques Agroclimatiques: module SARRAMET guide d'utilisation.** Montpellier: CIRAD, 1996. 43 p.
- BARON, C.; PEREZ, P.; MARAUX, F. **SARRA-Systeme d'Analyse des Risques Agroclimatiques: module SARRAZON guide d'utilisation.** Montpellier: CIRAD, 1996a. 26 p.
- BARON, C.; PEREZ, P.; MARAUX, F. **SARRA-Systeme d'Analyse des Risques Agroclimatiques; module: SARRABIL guide d'utilisation.** Montpellier: CIRAD, 1996b. 37 p.
- BARRIOS, N.A.Z. Zoneamento Agrícola: base para uma agricultura racional. *Boletim Climatológico*, Presidente Prudente: FCT/UNESP, 1997, p.47. (FCT/UNESP. Boletim de Climatologia, 3).
- BASTOS, T.X. **O estado atual dos conhecimentos das condições climáticas da Amazônia brasileira.** Belém: PEAN, 1972, p.68-122 (IPEAN.Boletim Técnico, 54).
- BASTOS, T.X.; DINIZ, T.D. de A.S. **Microclima Ribeirinho, um controle do *Microcyclus ulei* em Seringueira.** Belém: EMBRAPA-CPATU, 1980. 11p. (EMBRAPA-CPATU. Boletim de Pesquisa, 13).
- BASTOS, T.X. **O Clima da Amazônia brasileira segundo Köppen.** Belém, EMBRAPA CPATU, 1982. 4p. (EMBRAPA - CPATU. Documentos, 87).
- BASTOS, T.X.; DINIZ, T.D. de A.S. **Avaliação do Clima do Estado de Rondonia para o Desenvolvimento Agrícola.** Belém, EMBRAPA-CPATU, 1982. 28 p. (EMBRAPA-CPATU, Boletim de Pesquisa, 44).

BASTOS, T.X.; ROCHA, E.P. da; ROLIM, P.A.; DINIZ, T.D. de A.S.; SANTOS, E.C. R. dos; NOBRE, R.A.A.; CUTRIM, E.M.C.; MENDONÇA, R..O. de. O estado atual dos conhecimentos do clima da Amazônia Brasileira com finalidade agrícola. In: SIMPÓSIO DO TRÓPICO ÚMIDO, 1., 1984, Belém. *Anais...* Belém: EMBRAPA-CPATU, 1986. p.19-36.

BASTOS, T.X. **Delineating Agroclimatic Zones For Deforested Areas In Para State. Brazil.** Hawaii: University of Hawaii, 1990. 169p. (Tese Doutorado).

BASTOS, T.X.; ROCHA, A.M.A. da; PACHECO, N.A.; SAMPAIO, S.M.N. Efeito da remoção da floresta ombrófila sobre o regime pluviométrico no município de Paragominas-PA. *Boletim de Geografia Teorética*. v.23, n. 45-46,1993. p.85-92.

BASTOS, T.X.; SÁ, T.D. de A.; SANTOS, A.R. dos; OLIVEIRA, R.P.; PACHECO, N.A.; KOBAYASHI, L.T. Flutuação das chuvas no nordeste paraense e sua implicação para o calendário agrícola. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 8., 1993, Porto Alegre. *Resumos...* Porto Alegre: UFSM, 1993. p.13.

BASTOS, T.X.; SANTOS, A.R.A.; SA, T.D.A.; NASCIMENTO, F.R.; PACHECO, N.A. Padrão Climático e Variabilidade das Chuvas na Amazônia Brasileira e sua Implicação para a Agricultura. *Revista Facultad de Agronomia*, v.17, n. 1, 1997. p.57-62.

BENAVIDES, J.G. **Zonificación Ecológica de los Cultivos del Consumo Básico y Potenciales de exportación para Venezuela.** Maracay: Programa Nacionales de Ecología Agrícola.

- BERLATO, M.A.; BERGAMASHI, H. Consumo de água da soja. I.Evapotranspiração estacional em condições de ótima disponibilidade de água no solo. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE PESQUISA DE SOJA, 1., Londrina, 1978. *Anais*. Londrina: EMBRAPA-CNPSO, 1979.v.1. p.53-58.
- BERLATO, M.A.; MATZENAUER, R. Coeficiente de Cultura (Kc) da Soja (L.) Merrill). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 4., 1985, Londrina. *Resumos...* Londrina: Fundação Cargill, 1985. p.13.
- BOUCHET, R.J. Evapotranspiration réelle evapotranspiration potentielle et production agricole. *Annales Agronomiques*, 14 (5): 743-824, 1963.
- BRASIL. Departamento Nacional de Meteorologia. **Normais Climatológicas (1961-1990)**. Brasília, 1992, 84 p.
- BUENO, L.G.; ROLIM, R.B.; MONTEIRO, P.M.F. Estudos de fotoperiodismo em soja **Lavoura Arrozeira**, v.34, n.326, 1981. p.36-41.
- CARDON, D.; MALTEZ, M.G.; BASTOS, T.X.; DINIZ, T.D. de A.S. **Quatorze anos de medidas meteorológicas em Belém**. Belém: UFPa, 1987. 29p.
- CAMARGO, A.P. de. Balanço hídrico, florescimento e necessidade de água para o cafeeiro. In: SIMPÓSIO SOBRE O MANEJO DE ÁGUA NA AGRICULTURA., 1987, Campinas. *Anais...* Campinas, SP, 1987. p.53-90.
- CARRÃO-PANIZZI, M. C. Soja: Proteína para milhões. **Ciência Hoje**, v.6, n.33, p.25-31, 1987.
- CHAIB FILHO, H.; BASTOS, T.X.; DINIZ, T.D. de A.S. Estimativa de precipitação para diferentes níveis de probabilidade em quatro períodos de tempo, segundo a distribuição Gama - Belém, Pará. In: SIMPÓSIO DO TRÓPICO ÚMIDO, 1., 1984, Belém. *Anais...* Belém: EMBRAPA-CPATU, 1986. p.44-50.

- COHEN, J.C.P. **Um estudo observacional de linhas de Instabilidades na Amazônia.** São José dos Campos: INPE, 1989. 153p. (Dissertação Mestrado).
- COSTA, C.L.; COSTA, H.C. Um Modelo para se determinar a produtividade da cultura da soja. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 9. 1995, Campina Grande. *Resumos...* Campina Grande: SBA, 1995. p. 391.
- CUTRIM, E.M.C. **Estimating monthly rainfall from geostationary satellite imagery over amazonia, Brazil.** Michigan: University of Michigan, 1983. (Tese Doutorado). 107 p.
- DINIZ, T.D. de A.S. **Caracterização climática da Amazônia Oriental.** Belém: EMBRAPA-CPATU, 1986. 13p. (EMBRAPA-CPATU. Documentos, 40).
- DINIZ, T.D.; CARDON, D.A.; BASTOS, T.X.; MALTEZ, M.G. Relação entre radiação solar global e insolação para a região de Belém. In: SIMPÓSIO DO TRÓPICO ÚMIDO 1., Belém, 1984. *Anais...* Belém: EMBRAPA-CPATU, p.68-74, 1986.
- DINIZ, T. D. de A.S., BASTOS, T.X.; KOBAYASHI, L.T.; SILVA, M.M.M.; ARAUJO, J. A. Avaliação do potencial de energia solar no trópico úmido brasileiro - Resultados Parciais. Belém: EMBRAPA-CPATU, 1983. 15p. Trabalho apresentado no Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 3, 1983, Campinas.
- DOORENBOS, J.; KASSAN, A.H. **Efeito da água no rendimento das culturas.** Campina Grande: UFPB, 1994. 306p. (FAO: Irrigação e Drenagem, 33).
- EAGLEMMAN, J.B. An experimentally derived model actual evapotranspiration. *Agricultural Meteorology*. V.8, n.4-5, p.385-394, 1971.
- EL-HUSNY, J.C.; CORDEIRO, A.C.C.; CARVALHO, W.P. de; **Avaliação de cultivares de soja em Cerrado de Roraima.** Roraima, 1994. 6p. (EMBRAPA-CPAF/Roraima. Comunicado Técnico, 4).

- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Soja (Londrina, PR). **Recomendações técnicas para a cultura da soja na região central do Brasil 1995/1996**. Londrina, 1995. 149p. (EMBRAPA-CNPSo. Documentos, 88).
- FALÉSI, I.C. Estado Atual de conhecimento de solos da Amazônia brasileira. In: SIMPÓSIO DO TRÓPICO ÚMIDO BRASILEIRO, 1., Belém, 1984. **Anais...** Belém: CPATU, 1986, p.168-191.
- FAGERIA, K.N. **Solos tropicais e aspectos fisiológicos das culturas. Ecofisiologia da cultura da soja**. Brasília: EMBRAPA-DPU, 1989. p.382-395. (EMBRAPA-CNPAF. Documentos, 18).
- FARIAS, J.R.B.; ALMEIDA, I.R. de ;GARCIA, A; GALDINO, C.F.; KOGUISHI, M.S. Zoneamento agroclimático cultura da soja no Brasil. EMBRAPA-CNPSo, 1996. 3p. (EMBRAPA-CNPSo. Documento, 100).
- FARIAS, J. R.B.; ASSAD, E.D.; ALMEIDA, I. R. de; EVANGELISTA, B.A.; SILVA , F.A.M. da; BEZERRA, H. da S.; LAZZAROTTO, L. Identificação de regiões com riscos climáticos de déficit hídrico à cultura da Soja. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 10., 1997, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1997. p.345-347
- FOREST, F. **Simulation du bilan hydrique des cultures pluviales: présentation et utilisation du logiciel BIP**. Montpellier: CIRAD/ IRAT / DEVE, 1984. 61p.
- FRANQUIN, P.; FOREST, F. Des programmes pour l'évaluation et l'analyse fréquentielle des termes du bilan hydrique. *L'Agronomie Tropicale*. v.32, n.1, p.7-11, 1977.
- FRANÇA NETO, J. de B.; COSTA, N. da; HENNING, A. A.; ZUFFO, N.L.; BARRETO, J.N.; PEREIRA, L.A.G. **Efeito da época de semeadura sobre a qualidade da semente de soja no Mato Grosso do Sul**. EMPAER, 1984, p.1-9 (Documento n. 3).

GALATE, E.D. dos. **Estudos das precipitações pluviiais no município de Belém - Pará, através da distribuição Gama**. Piracicaba: ESALQ, 1987. 70p. (Tese Mestrado).

GANDOLFI, V.H.; SOUZA, B.H. de; MÜLLER, L. Efeitos de diferentes termoperiodicidades sobre o desenvolvimento de cultivares de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) em condições de dias curtos. *Agronomia sulriogradense*, Porto Alegre, v.15, n.1, p.33-51, 1979.

HENDERSON-SELLERS, A.; DICKSON, R.E.; WILSON, M.F. Tropical deforestation: important process for climate models. *Climate Change*, v.13, p.43-67, 1987.

HENDERSON-SELLERS, A. **Efects of change in land use on climate in the Humid Tropics**. In: Dickson, R.E. **The geophisiology of Amazonia vegetation and climate interactions**. New York: J. Willey, 1987. 425p.

JACKSON, I.J. **Climate, Water and Agriculture in the Tropics**, New York, 1977. 248p.

KOUSKY, V.E.; KAGANO, M.T. A climatological study of the tropospheric circulation over the Amazon Region. *Acta Amazonia*, Manaus, v.11, n.4, p. 743-758, 1981.

LOBATO, E.J.V.; SILVA, S.C. da; SANO, E.E.; ASSAD, E.D; SILVA, F.A.M. da; BEZERRA, H. da SILVA; CUNHA, M.A.C. da. Zoneamento Agroclimático para o arroz de sequeiro no Estado de Goiás. *ÁGUA EM REVISTA*. Belo Horizonte, v.2, n.3, p. 72-76, 1994.

LOBATO, E.J.V.; ALEIXO, V.; GONÇALVES, V.A.; SACRAMENTO, G.L.; ANDRADE, R. S. de. Utilização de modelos numéricos de terrenos na caracterização climática do Estado de Goiás. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 10., Piracicaba: SBA, 1997. *Anais...* Piracicaba, p. 389.

- MALTEZ, H. T.; MALTEZ, M.G.L.; BASTOS, T. X.; DINIZ, T. D. de A. S. Avaliação da evapotranspiração potencial a região de Belém-Pará. In: SIMPÓSIO DO TRÓPICO ÚMIDO. 1., Belém, 1984. *Anais*. Belém, EMBRAPA-CPATU, 1986. p.56-67.
- MARQUES, J.; SALATI, E.; SANTOS, J. M. dos . A divergência do campo do fluxo de vapor d'água e as chuvas na região Amazônica. *Acta Amazônica*, v.10, n.1, p.133-140, 1980.
- MARTORANO, L.G.; PEREIRA, L.C; COSTA, A.C.L; IBEIRO, J.T. Variabilidade de precipitação pluviométrica em Belém - Pará associada ao fenômeno El Niño. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 7, São Paulo. *Anais....* São Paulo: SBM, 1992. p.86-89.
- MEIRELES, E.J.L.; SILA, S.C. da, ASSAD, E.D.; XAVIER L. de S. Estudo espaço-temporal do risco climático no feijoeiro, ciclo de 90 dias, em Goiás. In: CONGRESSO BRASILEIRO AGROMETEOROLOGIA, 10, 1997, Piracicaba. *Anais...*, Piracicaba: SBA, 1997. p.348- 350.
- MEIRELES, E. J. L.; SILVA, S. C. da; ASSAD, E. D.; XAVIER, L. de S. Caracterização do risco climático na cultura do feijoeiro no Estado do Mato Grosso. In: CONGRESSO BRASILEIRO AGROMETEOROLOGIA, 10, 1997, Piracicaba. *Anais...*, Piracicaba: SBA, 1997a. p.351- 353.
- MOLION, L.C.B. Climatologia dinâmica da região amazônica: mecanismo de precipitação. *Revista Brasileira de Meteorologia*, São José dos Campos, v.2, n.1, p.107-117, 1987.
- MOLION, L.C.B. Enos e Clima no Brasil. *Ciência Hoje*, Rio de Janeiro, v.10, n.58, p.23-29, 1989.

- MOLION, L.C.B.; KOUSKY, V.E. Climatologia da dinâmica da troposfera sobre a Amazônia. In: SIMPÓSIO DO TRÓPICO ÚMIDO, 1., 1984, Belém. *Anais...* Belém: EMBRAPA-CPATU, 1986. p.87- 96.
- MOREIRA, H.J. da C. **Sistema Agrometeorológico para o acompanhamento das culturas irrigadas (S.A.A.C.I.): manual prático para o manejo da irrigação.** Brasília: Secretaria Nacional de Irrigação, 1993. 90 p.
- MOTA, F.S. da **Meteorologia Agrícola.** São Paulo: Nobel, 1975. 376 p.
- MOTA, F. S. da. **Estratégias e tecnologias para minimizar os efeitos das secas sobre a produção de alimentos no Brasil.** Campinas, Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1987, 19p. (Sociedade Brasileira Agrometeorologia. Boletim Técnico, 7).
- NASCIMENTO, C.; HOMMA, A. Amazônia: meio ambiente e tecnologia agrícola. Belém: EMBRAPA-CPATU. 1984.
- NECHET, D. Variabilidade diurna da precipitação em Belém-PA. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 3., 1984, Belo Horizonte. *Anais...* Rio de Janeiro: SMB, 1984. p.204 -211.
- NECHET, D. Análise da precipitação pluviométrica em Belém-PA, de 1896 a 1991. *Boletim de Geografia Teorética.* v..23, n.45-46, p.150-156, 1993.
- NECHET, D. Variabilidade diurna de precipitação em Santarém-PA. *Boletim de Geografia Teorética.* v.23, n.45-46, p.144-149, 1993a.
- NOÉ-DOBREA, I.; SANTOS, O. C. O. **Esboço para uma zonificação climática da bacia amazônica brasileira.** Belém: SUDAM/PHCA, 1979. 254p. (PHCA. Publicação, 33).
- OMETTO, J.C. **Bioclimatologia Vegetal.** São Paulo, Agronômica Ceres, 1981. 422p.

- PALUDZYSZYN FILHO, E. **A cultura da soja no sul do Maranhão**. Balsas: EMBRAPA-CNPSO, 1995. 34 p. ( EMBRAPA-CNPSO. Documentos, 84 ).
- PASCALE, A. J. Tipos agroclimáticos para el cultivo de la soja en la Argentina. *Revista de La Facultad de Agronomía y Veterinaria de Buenos Aires, Argentina*, v.17, n.3, p.31-48, 1969
- PENMAN, H.L. Natural evaporation from open water, bare soil and grass. **Proceedings of the Royal Society of London**, v.193, n.1032, p.120-145, 1948.
- PEREIRA, A.R.; VILLA NOVA, N.A.; SEDIYAMA, G.C. **Evapo(transpi)ração**. Piracicaba: FEALQ, 1997.183 p.
- PIRES, J.M. Tipos de vegetação da Amazônia. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi, 1974. (MPEG, Publicação avulsa, 20).
- PRIESTLEY, C.H.; TAYLOR, R.J. On the assesment of surface heat flux and evaporation using large-scale parameters. **Monthly Weather Review**. n.100, p.81-92, 1972.
- RENDEIRO, G.; PONTES, M.X.; GOMES, A. LIMA FILHO, S. da S. Modelo de radiação para a região metropolitana de Belém. In: SIMPÓSIO DO TRÓPICO ÚMIDO. 1.,1984, Belém. **Anais...** Belém: EMBRAPA-CPATU, v.1, p.75-78.
- RIBEIRO, M. de N.G. Aspectos climáticos de Manaus. *Acta Amazônica*. v.6, n.2, p.229-33, 1976.
- RIBEIRO, J.B.M. **Análise comparativa das características microclimáticas entre áreas de florestas e de pastagem na Amazônia**. Viçosa: UFV, 1994. 67p. (Dissertação Mestrado).
- RIEDER, A. **Influências das condições hídricas sobre o comportamento da soja [Glicine (L.) Merrill]**. Cuiabá: EMATER, 1985, 15p. (EMATER-Informações Técnicas, 2).

- RIEDER, A.O **efeito da temperatura sobre o comportamento da soja** [*Glycine max* (L. Merrill)] Cuiabá: EMATER, 1984. 12 p. (EMATER-Informações Técnicas).
- ROSENBERG, N.J.; BLAD, B.L.; VERMA, S.B. **Microclimate: The Biological Environment**. New York: Wiley, 1974, 495p.
- SÁ, T.D.; ZULLO, S.A.; BASTOS, T.X.; HOTTA, L.K; PACHECO, N.A. Padrões de chuva no Nordeste Paraense: uma descrição através de técnicas de análises multivariada aplicada a série curta de dados. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA, 1992, Rio Claro. *Resumos...* Rio Claro: UNESP, 1992. p.81.
- SANS, L.M.; ASSAD, E.D.; AVELLAR, G. de; FARIA, C.M. de; SOUZA, L.F. de. Riscos climáticos para a cultura do milho nos Estados de Minas Gerais, Goiás, Tocantins, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 10., 1997, Piracicaba. *Anais...* Piracicaba: SBA, 1997. p. 357-359.
- SANTOS, A.R.A. Análise das tendências da chuva e das temperaturas extremas na região de Belém (PA). Piracicaba: ESALQ, 1993.124p. (Tese Mestrado).
- SANTOS, O.C. **Balço hídrico para a região amazônica segundo o método de Thornthwaite**. Belém: SUDAM/PNUD/WMO, 1980. 323p. (SUDAM. Publicação, 36).
- SANTOS, O.C. As chuvas na área urbana de Belém. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E CLIMATOLOGIA, 1992, Rio Claro. *Resumo...* Rio Claro: UNESP, 1992. p. 49.
- ☛ SEDIYAMA, T.; PEREIRA, M.G.; SEDIYAMA, C.S.; GOMES, J.L. **Cultura da soja**. Minas Gerais: UFV, 1985. 96p. (Parte1).

- SHUTTLEWORTH, W.J.; GASH, J.H.C.; ROBERTS, J.M.; NOBRE, C.A.; MOLION, L.C.B.; RIBEIRO, N.M.G. Post-deforestation amazonian climate: Anglo-Brazilian reaserch to improve prediction. *J. Hydrol.* v.129, p.71-85, 1991.
- SILVA, S.C. da; ASSAD, E.D.; LOBATO, E.J.V.; SANO, E.E.; STEINMETZ, S.; BEZERRA, H. da. **Zoneamento agroclimático para o arroz de sequeiro no Estado de Goiás**. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994. 80p. (EMBRAPA-CNPAP. Documentos, 43).
- SILVEIRA, L. M. da; RIBEIRO, A. As repercussões do ritmo climático e seus desvios na produtividade das culturas do milho e da soja. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA, 1997. *Resumos...* 1997, p. 35.
- SOME, L. Caracterization agropedoclimatique du risque de secheresse au Burkina Faso et etude des conditions actualles d' adaptation de plusier duress de cycle de sorgo. In: influence du climat sur la production des cultures tropicales. Burkina Faso: IFS, 1991. p. 241-255.
- SOUTO, S.M.; DÖBEREINER, J. **Efeito do Fósforo, temperatura e umidade do solo na produção de duas variedades de soja perene (*Glycine javanica* L.)** Campo Grande: IPEACS, 1968. 9p. (IPEACS. Comunicado Técnico, 62).
- STEINMETZ, S.; REYNIERS, F.N.; FOREST, F. Utilização de Um Modelo de Balanço Hídrico Visando o Zoneamento Agroclimático do Arroz de Sequeiro no Brasil (Resultados Preliminares) In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 3., 1983, Campinas. *Resumos...* Campinas: Fundação Cargill, 1983. p.133-134.
- SUDAM (Belém, PA). **Zonas agroclimáticas de cultivos específicos na Amazônia Brasileira**. Belém: SUDAM, 1983. (SUDAM. Publicação, 37).

SUDAM (Belém, PA). **Atlas Climatológico da Amazônia Brasileira**. Belém, 1984, 125 p.

(SUDAM. Publicação, 39).

THORNTHWAITE, C.W. An Approach toward a rational classification of climate.

**Geographical Review**, v.38, n.1, p.54-94, 1948.

THORNTHWAITE, C.W. e MATHER, J.R. The water balance. **Publications in**

**Climatology**, v.8, n.1, p.1-104, 1955.

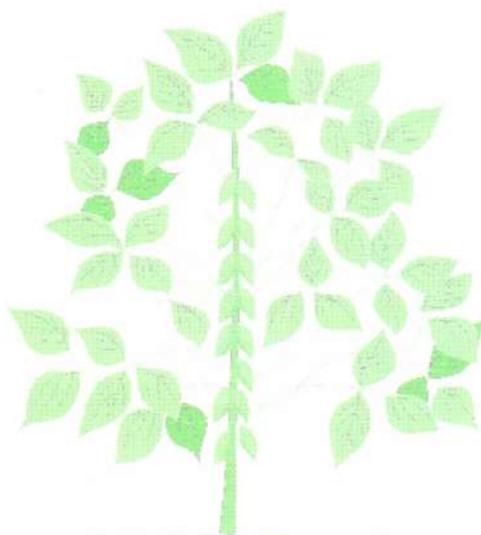
VIANELLO, L.R.; ALVES, A.R. **Meteorologia básica e aplicações**. Viçosa: UFV, 1991.

449p.

YONORY, J.T **Soja no Brasil Central**; doenças da soja no Brasil, 2.ed., Campinas, 1982

ZANGRANDE, M.B.; FEITOZA, L.R.; VALLE, S.S. **Balanco hídrico do Estado do**

**Espírito Santo**. Cariacica: EMCAPA, 1978.



## ANEXOS

Tabela A.1 - Localização das estações pluviométricas.

Estações	UF	Microrregião	Município	Lat. (S)	Long. (W)	Alt. (m)	Período	Nº de ano
Abaetetuba	PA	Cameta	Abaetetuba	01°44'00"	48°53'00"	10	81-89; 91; 93-95	13
Altamira 82353	PA	Altamira	Altamira	03°12'00"	52°12'00"	52	66; 69; 75-91	19
Alto Bonito	PA	Guama	Viseu	01°50'00"	46°13'00"	15	80-89; 91-95	15
Araguatins	TO	-	Araguatins	05°39'00"	48°07'00"	-	77-86; 88-91; 93	15
Arapoema	TO	-	Arapoema	07°37'00"	49°12'00"	200	77-87; 89-91; 93	15
Barragem de Curua-Una	PA	Santarém	Santarém	02°47'00"	54°16'00"	51	80-94	15
Barcarena	PA	Metropolitana de Belém	Barcarena	01°31'00"	48°40'00"	15	81-89; 91; 93-94	12
Belém	PA	Metropolitana de Belém	Belém	01°28'00"	48°27'00"	10	67-96	30
Breves	PA	Furos de Breves	Breves	01°40'57"	50°28'48"	40	78-90; 92-95	17
Capanema	PA	Bragantina	Capanema	01°12'00"	47°11'00"	24	67-95	29
Capitão Poço	PA	Guamá	Capitão Poço	01°46'00"	47°04'00"	73	80-96	17
Carutapera	MA	-	Carutapera	01°13'00"	46°01'00"	-	70-73; 75-85	15

Tabela A.1- Continuação

Estação	UF	Microrregião	Município	Lat. (S)	Long. (W)	Alt. (m)	Período	Nº de Anos
Castanhal	PA	Castanhal	Castanhal	01°18'00"	47°56'00"	41	73-95	15
Conceição do Araguaia	PA	Conceição do Araguaia	Conceição do Araguaia	08°16'00"	49°16'00"	165	49-75; 85; 88-89	30
Fazenda Estrela do Norte	PA	Breves	Breves	03°51'00"	50°28'00"	40	79-90; 92-94	15
Fazenda Paqueira	PA	Almeirim	Almeirim	00°25'00"	53°42'00"	65	74-88	15
Igarapé Açú	PA	Bragantina	Igarapé Açú	01°08'00"	47°37'27"	50	81-96	16
Marabá	PA	Marabá	Marabá	05°21'00"	49°09'00"	84	74-87; 89-90	16
Maracacueira Florestal	PA	Portel	Portel	02°08'00"	51°09'00"	19	80-94	15
Monte Alegre 82181	PA	Santarém	Monte Alegre	02°01'00"	54°05'00"	38	80-94	15
Monte Alegre	PA	Altamira	Altamira	04°39'00"	52°43'00"	146	78-88; 91-94	15
Oeiras do Pará	PA	Cameta	Oeiras do Pará	01°58'00"	49°52'00"	02	83-94	12
Ourém	PA	Guamá	Ourém	01°34'00"	47°06'00"	40	76-88; 93-94	15

Tabela A.1 - Continuação

Estação	UF	Microrregião	Município	Lat. (S)	Long. (W)	Alt.(m)	Período	Nº de ano
Paragominas	PA	Paragominas	Paragominas	02°59'00"	47°28'00"	90	75; 77; 79-88	12
Paraíso do Tocantins	TO	-	Paraíso do Tocantins	10°09'00"	48°53'12"	-	78-92	15
Piraque	TO	-	Xambioa	06°40'00"	48°28'00"	-	76-89; 93	15
Portel	PA	Portel	Portel	03°25'00"	51°15'00"	19	78-88; 93-95	14
Porto de Moz	PA	Almeirim	Porto de Moz	01°44'00"	52°14'00"	15	68-70; 83-94	15
Prainha	PA	Santarém	Prainha	01°48'00"	53°29'00"	70	79-84; 86-94	14
Primavera	PA	Bragantina	Primavera	00°36'00"	47°07'00"	48	78-89; 91; 93-94	15
Redenção	PA	Redenção	Redenção	08°03'00"	50°07'00"	227	85-95	11
Rondon do Pará	PA	Paragominas	Rondon do Pará	04°46'47"	48°04'00"	195	81-89; 91	10
Santa Isabel do Pará	PA	Castanhal	Santa Isabel do Pará	01°18'00"	48°09'00"	24	76-95	20
São Domingos do Capim	PA	Guamá	S. Domingos do Capim	01°41'00"	47°46'00"	20	76-89; 91-92; 94	17

Tabela A.1 - Continuação

Estação	UF	Microrregião	Município	Lat. (S)	Long. (W)	Alt. (m)	Período	Nº de ano
São Félix do Xingu	PA	São Félix	S. Félix do Xingu	06°38'00"	51°59'00"	220	80-90	10
Soure	PA	Arari	Soure	00°43'00"	48°33'00"	10	80-94	15
Tomé Açu	PA	Tomé Açu	Tomé Açu	02°31'00"	48°22'00"	45	78-95	18
Tracuateua	PA	Bragantina	Bragança	01°05'00"	47°10'00"	20	74-88; 90	16
Uruará	PA	Altamira	Uruará	03°41'00"	53°33'00"	70	78-86; 86-89; 92-95	13
Vigia	PA	Salgado	Vigia	00°52'00"	48°08'41"	6	83-95	13
Viseu	PA	Guama	Viseu	01°14'00"	46°11'00"	15	81-95	15
Xambioa	TO	-	Xambioa	06°23'00"	48°33'00"	-	79-91; 93-94	15

Tabela A.2 - Características físicas e determinação da água disponível para alguns solos na região de Altamira/Itaituba (Transamazônica).

SOLO	HORIZ.	PROF. (cm)	GRANULOM. (%)			RETENÇÃO DE UMIDADE (V/V)		AD (mm)	AD (mm/m)	Dr (g/cm <sup>3</sup> )	Da (g/cm <sup>3</sup> )
			AREIA	SILTE	ARGILA	(0.33 atm)	(15 atm)				
Terra Roxa Estruturada	A1	0 - 13	25	25	50	40.6	33.2	7.4	9.6	2.67	0.94
	AB	13 - 27	26	19	55	38.4	34.0	4.4	6.2	2.78	1.29
	BA	27 - 55	22	15	63	37.9	34.1	3.8	10.3	2.82	1.31
	Bt1	55 - 98	18	11	71	37.8	34.1	3.7	15.9	1.26	1.26
Latossolo Vermelho Álico	A1	0 - 07	28	12	60	40.7	35.0	5.7	7.4	2.49	1.01
	BA	07 - 13	23	12	65	38.3	32.5	5.8	11.0	2.56	1.23
	Bw1	13 - 32	19	11	70	34.9	31.4	3.5	9.5	2.56	1.21
	Bw2	32 - 59	19	10	71	32.7	29.1	3.6	13.0	2.60	1.43
Latossolo Amarelo Álico A	A1	0 - 7	13	12	75	41.5	37.9	3.6	2.5	2.47	0.99
	Moderado, textura muito Argilosa, fase floresta	AB	07 - 18	08	11	81	40.5	37.0	3.5	3.9	2.50
	BA	18 - 37	07	09	84	39.3	36.0	3.3	6.3	2.50	1.09
	Bw1	37 - 67	07	07	86	31.6	27.6	4.0	12.0	2.56	1.03
Podzólico Amarelo Álico	A1	0 - 10	65	14	21	33.3	21.8	11.5	11.5	2.50	1.33
	AB	10 - 19	53	18	29	28.8	22.1	6.7	6.0	2.53	1.40
	BA	19 - 38	52	15	33	28.4	22.6	5.8	11.0	2.56	1.34
	Bt1	38 - 77	43	11	46	32.2	27.7	4.5	17.6	2.60	1.41

FONTE: EMBRAPA-SNLCS-FAO, 1991

AD = água disponível

Dr = densidade real (g/cm<sup>3</sup>)Da = densidade aparente (g/cm<sup>3</sup>)

Tabela A.3 - Características físicas e determinação da água disponível para alguns solos da região do Nordeste Paraense.

SOLO	HORIZ.	PROF. (cm)	GRANULOM. (%)			RETENÇÃO DE UMIDADE (V/V)		AD (mm)	AD (mm/m)	Dr (g/cm <sup>3</sup> )	Da (g/cm <sup>3</sup> )
			AREIA	SILTE	ARGILA	(0,33 atm)	(15 atm)				
Latossolo Amarelo Distrófico	A1/AB	0 – 13	03	18	79	36.3	32.4	3.9	5.1	2.47	0.95
	BA	13 – 27	03	13	84	38.2	35.4	2.8	3.9	2.53	1.22
	Bw1	27 – 54	02	09	89	35.9	32.7	3.2	8.6	2.50	1.16
	Bw2	54 – 102	02	09	89	39.4	35.7	3.7	17.8	2.53	1.22
Latossolo Amarelo Álico A	A1	0 – 9	81	06	13	23.8	15.0	8.8	7.9	2.53	1.21
	A2	9 – 19	78	07	15	21.4	13.5	7.9	7.9	2.53	1.51
	AB	19 – 33	74	07	19	20.7	14.5	6.2	8.7	2.53	1.58
	BA	33 - 61	73	07	20	21.1	16.3	4.8	13.4	2.56	1.60
Latossolo Vermelho Amarelo Álico A	A1/AB	0 – 16	58	10	32	32.6	25.0	7.6	12.2	2.47	1.30
	AB	16 – 35	46	09	45	35.0	28.0	7.0	13.3	2.56	1.42
	BA	35 – 67	42	06	52	34.1	28.7	5.4	17.3	2.56	1.42
Podzólico Amarelo Álico A	Bw1	67 – 102	37	06	57	34.6	30.4	4.2	14.7	2.56	1.41
	A1	0 – 10	74	08	19	21.8	16.6	5.2	14.6	2.56	1.45
	BA	28 – 55	56	07	37	26.5	22.0	4.5	12.2	2.56	1.45
	Bt1	55 – 94	53	06	41	26.2	22.3	3.9	15.2	2.56	1.43

FONTE: EMBRAPA-SNLCS-FAO, 1991

AD = água disponível

Dr = densidade real g/cm<sup>3</sup>

Da = densidade aparente g/cm<sup>3</sup>