

Class  
Cim  
Tombo

**ESTIMATIVA DA VARIAÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DA  
DISPONIBILIDADE HÍDRICA DECENDIAL NO ESTADO DE  
GOIÁS.**

**FERNANDO ANTÔNIO MACENA DA  
SILVA**

Dissertação apresentada à Escola de Engenharia  
de São Carlos, da Universidade de São Paulo,  
como parte dos requisitos para obtenção do  
Título de Mestre em Ciências da Engenharia  
Ambiental

ORIENTADOR: Prof. Dr. Arthur Mattos

DEDALUS - Acervo - EESC



31100036386

São Carlos  
1995



Class. Tese - EESC  
Curt. S541 v.  
Tombo 021/96

Eng. Ambiental

at 0744183

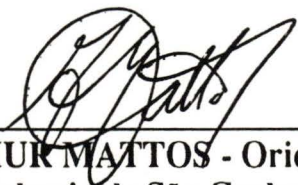
**S586E** **Silva, Fernando Antônio Macena da**  
**Estimativa da variação espaço temporal da disponibilidade hídrica**  
**decenal no estado de Goiás / Fernando Antônio Macena da Silva**  
**São Carlos, 1995.**  
**139p.**

**Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos -**  
**Universidade de São Paulo, 1995.**  
**Orientador: Prof. Dr. Arthur Mattos**

**1. Balanço hídrico, 2. Precipitação dependente, 3. SGI. I. Título**

FOLHA DE APROVAÇÃO

Dissertação defendida e aprovada em 11-12-1995  
pela Comissão Julgadora:



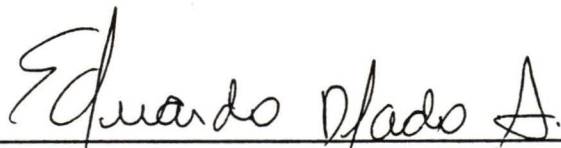
---

Prof. Dr. ARTHUR MATTOS - Orientador  
(Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo)



---

Prof. Dr. MARCELO PEREIRA DE SOUZA  
(Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo)



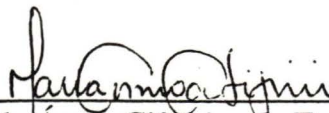
---

Prof. Dr. EDUARDO DELGADO ASSAD  
(EMBRAPA-CPAC - Brasília )



---

Presidente da Comissão de Pós-Graduação  
Prof. Dr. MOUNIR KHALIL EL DEBS



---

Coordenador da Área - Ciências da Engenharia Ambiental  
Profa. Dra. MARIA DO CARMO CALIJURI

**DEDICO:**

À minha esposa e filha:

**Germana e Priscila**

Aos meus pais:

**Júlio e Odete**

Aos meus irmãos:

**Valdir, Valdete, Valdenice, Ronaldo, Júlio e Gilson**



## **AGRADECIMENTOS:**

Ao professor Arthur Mattos pela excelente orientação fornecida durante a elaboração deste trabalho.

Ao pesquisador do CPAC/EMBRAPA, Eduardo Delgado Assad pela orientação e sugestões, as quais muito contribuíram para a realização deste trabalho.

Ao pesquisador do CPAC/EMBRAPA, Alfredo José Barreto Luiz, pelas sugestões nas áreas de estatística e de informática, que se tornaram muito valiosas na execução deste trabalho.

Aos colegas Eduardo Normande e José Madeira Neto pelo incentivo e apoio recebidos.

A todos os colegas, professores e funcionários do Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada da EESC/USP pela amizade.

A todos do Laboratório de Biofísica Ambiental do CPAC/EMBRAPA: Balbino A. Evangelista, José Lourenço de Oliveira Filho, Adriana Carmelo, Anselmo Cristiano de Oliveira e especialmente a Heleno da Silva Bezerra e Lucimar Moreira pelo apoio recebido na espacialização dos dados e confecção dos mapas através do SGI.

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), através do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados, pela oportunidade e apoio concedidos.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa concedida.

## SUMÁRIO

Lista de símbolos.....	i
Lista de tabelas.....	iv
Lista de figuras.....	v
Lista de quadros.....	ix
Resumo.....	x
Abstract.....	xi
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	5
2.1. Precipitação.....	5
2.2. Probabilidades de precipitação.....	6
2.2.1. O modelo probabilístico gama.....	9
2.2.2. Função de distribuição acumulada.....	12
2.2.3. Função mista.....	14
2.3. Evapotranspiração.....	16

<b>3. MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>35</b>
<b>3.1. Localização e descrição geral da área de estudo.....</b>	<b>35</b>
<b>3.2. Precipitação.....</b>	<b>37</b>
<b>3.2.1. Dados.....</b>	<b>37</b>
<b>3.2.2. Precipitação dependente ou provável.....</b>	<b>37</b>
<b>3.2.3. Espacialização da precipitação dependente.....</b>	<b>45</b>
<b>3.3. Evapotranspiração potencial.....</b>	<b>49</b>
<b>3.3.1. Método de estimativa da evapotranspiração potencial....</b>	<b>50</b>
<b>3.3.2. Espacialização da evapotranspiração potencial.....</b>	<b>50</b>
<b>3.4. Disponibilidade hídrica.....</b>	<b>51</b>
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>52</b>
<b>4.1. Precipitação dependente.....</b>	<b>52</b>
<b>4.2. Evapotranspiração.....</b>	<b>65</b>
<b>4.3. Disponibilidade hídrica.....</b>	<b>68</b>

**5. CONCLUSÕES E SUGESTÕES.....120**

**6. BIBLIOGRAFIA.....123**

**APÊNDICE 1 - Programa computacional para o cálculo da precipitação dependente**

**APÊNDICE 2 - Programa computacional para o cálculo da evapotranspiração potencial**

**APÊNDICE 3 - Divisão territorial do Estado de Goiás com indicação das mesorregiões geográficas e seus respectivos municípios, segundo a numeração do encarte 1.**

## LISTA DE SÍMBOLOS

$A$  - Latitude (graus)

$a$  - função cúbica do índice de calor na equação de Thornthwaite

$a$  - coeficiente local da equação da Radiação-FAO

$b$  - coeficiente local da equação da Radiação-FAO

$C$  - coeficiente angular da regressão ETP com  $W \times R_s$

$c$  - fator de ajuste da equação de Blaney-Criddle modificada pela FAO

$c$  - fator de ajuste da equação da Radiação-FAO

$c$  - calor específico do ar (cal/g°C)

$d$  - distância euclidiana do  $i$ -ésimo ponto amostrado  $i$  ao ponto interpolado

$\bar{d}/d$  - a razão entre as distâncias média e instantânea ente a Terra e o Sol

$E_a$  - termo aerodinâmico ou poder evaporante do ar (mm/dia)

$ET$  - evapotranspiração (mm)

ETP - Evapotranspiração Potencial (mm/dia)

$ETPa$  - evapotranspiração potencial ajustada (mm/mês)

$e$  - pressão parcial de vapor d'água, (mmHg)

$e_s$  - pressão parcial de saturação do vapor d'água (mmHg)

$f(T)$  - função da temperatura

$f(x)$  - função densidade de probabilidade da distribuição gama incompleta

$H$  - ângulo horário

$H(X)$  - probabilidade mista de ocorrência da precipitação  $x$ ;

$h$  - altitude

$I$  - índice de calor anual

$I$  - irrigação (mm);

- $I_0$  - constante solar ( $\text{cal/cm}^2 \cdot \text{min}$ )
- $L$  - calor latente de evaporação da água ( $\text{cal/g}$ );
- $m$  - período de determinação considerado (dias).
- $N$  - fotoperíodo, função do mês e latitude do local, (horas);
- $N$  - número de ocorrência de precipitação
- $n$  - duração da média diária de insolação no período considerado (h)
- $n$  - número de horas de insolação
- $n$  - expoente da função distância
- $n$  - número de pontos vizinhos mais próximos
- $P$  - precipitação (mm)
- $P(x)$  - probabilidade de que  $x$  esteja entre 0 e o valor  $x_0$
- $p$  - probabilidade da precipitação  $x$  ser igual a zero
- $(1 - p)$  - probabilidade da precipitação  $x$  ser maior do que zero.
- $p$  - percentagem de brilho solar diário em relação ao total anual
- $Q_0/59$  - radiação solar extraterrestre, (mm de evaporação equivalente);
- $Q_n$  - fluxo de radiação líquida ( $\text{cal/cm}^2 \cdot \text{dia}$ )
- $Q_s$  - fluxo de radiação global ( $\text{cal/cm}^2 \cdot \text{dia}$ )
- $r$  - albedo
- $R$  - escoamento superficial (mm);
- $R_L$  - radiação líquida, em mm de evaporação equivalente
- $R_s$  - radiação global (mm/dia)
- $r_a$  - resistência a difusão entre a água e o ar (s/cm)
- $s$  - segundo
- $S$  - déficit de saturação média do ar (mb)
- $t$  - temperatura média do ar no período (K)

$t_a$  - temperatura média do ar sobre o mês considerado ( $^{\circ}\text{C}$ )

$T_m$  - temperatura média do ar reduzida ao nível do mar ( $^{\circ}\text{C}$ )

$T_0$  - temperatura do ponto de orvalho ( $^{\circ}\text{C}$ )

$U$  - percolação ou drenagem profunda (mm);

$U$  - velocidade do vento a dois metros de altura (Km/dia)

$\bar{x}$  = média das precipitações (mm)

$x_i$  = altura de precipitação (mm);

$W$  = fator de ponderação da equação da Radiação-FAO

$W_i$  - peso da função que calcula a distância euclidiana

$\alpha$  - parâmetro de escala (mm);

$\beta$  - parâmetro de forma (adimensional);

$\Gamma$  - função gama

$\wp$  - constante psicrométrica (mb/ $^{\circ}\text{C}$ )

$\Delta$  - declividade da curva "pressão de saturação X temperatura" (mb/ $^{\circ}\text{C}$ )

$\Delta m/\Delta t$  - variação do armazenamento da água no solo (mm) no intervalo de tempo  $\Delta t$  (mm/h)

$\Phi$  - latitude do local;

$\delta$  - declinação solar;

$\rho$  - densidade do ar ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )

$\sigma$  - constante de Stefan-Boltzman ( $\text{cal} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{mm}^{-1} \cdot \text{K}^{-4}$ );



## LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1	Estações pluviométricas e suas respectivas coordenadas geográficas no estado de Goiás .....	38
Tabela 3.2	Localização das Estações Meteorológicas onde calculou-se evapotranspiração.....	49
Tabela 4.1	Precipitação dependente (mm), ao nível de 75% de probabilidade, determinada para os 37 decêndios no estado de Goiás.....	54
Tabela 4.2	Evapotranspiração potencial (mm) determinada pelo método de Linacre para os 37 decêndios do ano no estado de Goiás.....	66

## LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1	Comparação entre $(1 + \frac{\rho}{\Delta})$ e $2(1 - 0,0125t)$ . Linacre (1977).....	30
Figura 2.2	Relações entre a radiação líquida e a radiação solar para condições de céu nublado e sem nuvens e uma relação intermediária. Linacre (1977).....	30
Figura 3.1	Localização do estado de Goiás.....	36
Figura 3.2	Distribuição espacial dos postos pluviométricos no estado de Goiás.....	42
Figura 4.1	Espacialização da disponibilidade hídrica potencial, para o decêndio 1, no estado de Goiás.....	71
Figura 4.2	Espacialização da disponibilidade hídrica potencial, para o decêndio 2, no estado de Goiás.....	72
Figura 4.3	Espacialização da disponibilidade hídrica potencial, para o decêndio 3, no estado de Goiás.....	73
Figura 4.4	Espacialização da disponibilidade hídrica potencial, para o decêndio 4, no estado de Goiás.....	74
Figura 4.5	Espacialização da disponibilidade hídrica potencial, para o decêndio 5, no estado de Goiás.....	75
Figura 4.6	Espacialização da disponibilidade hídrica potencial, para o decêndio 6, no estado de Goiás.....	77
Figura 4.7	Espacialização da disponibilidade hídrica potencial, para o decêndio 7, no estado de Goiás.....	78

Figura 4.8	Espacialização da disponibilidade hídrica potencial, para o decêndio 8, no estado de Goiás.....	79
Figura 4.9	Espacialização da disponibilidade hídrica potencial, para o decêndio 9, no estado de Goiás.....	82
Figura 4.10	Espacialização da disponibilidade hídrica potencial, para o decêndio 10, no estado de Goiás.....	83
Figura 4.11	Espacialização da disponibilidade hídrica potencial, para o decêndio 11, no estado de Goiás.....	84
Figura 4.12	Espacialização da disponibilidade hídrica potencial, para o decêndio 12, no estado de Goiás.....	85
Figura 4.13	Espacialização da disponibilidade hídrica potencial, para o decêndio 13, no estado de Goiás.....	86
Figura 4.14	Espacialização da disponibilidade hídrica potencial, para o decêndio 14, no estado de Goiás.....	89
Figura 4.15	Espacialização da disponibilidade hídrica potencial, para o decêndio 15, no estado de Goiás.....	90
Figura 4.16	Espacialização da disponibilidade hídrica potencial, para o decêndio 16, no estado de Goiás.....	91
Figura 4.17	Espacialização da disponibilidade hídrica potencial, para o decêndio 17, no estado de Goiás.....	92
Figura 4.18	Espacialização da disponibilidade hídrica potencial, para o decêndio 18, no estado de Goiás.....	93
Figura 4.19	Espacialização da disponibilidade hídrica potencial, para o decêndio 19, no estado de Goiás.....	94

Figura 4.20	Espacialização da disponibilidade hídrica potencial, para o decêndio 20, no estado de Goiás.....	95
Figura 4.21	Espacialização da disponibilidade hídrica potencial, para o decêndio 21, no estado de Goiás.....	96
Figura 4.22	Espacialização da disponibilidade hídrica potencial, para o decêndio 22, no estado de Goiás.....	97
Figura 4.23	Espacialização da disponibilidade hídrica potencial, para o decêndio 23, no estado de Goiás.....	98
Figura 4.24	Espacialização da disponibilidade hídrica potencial, para o decêndio 24, no estado de Goiás.....	99
Figura 4.25	Espacialização da disponibilidade hídrica potencial, para o decêndio 25, no estado de Goiás.....	100
Figura 4.26	Espacialização da disponibilidade hídrica potencial, para o decêndio 26, no estado de Goiás.....	101
Figura 4.27	Espacialização da disponibilidade hídrica potencial, para o decêndio 27, no estado de Goiás.....	102
Figura 4.28	Espacialização da disponibilidade hídrica potencial, para o decêndio 28, no estado de Goiás.....	105
Figura 4.29	Espacialização da disponibilidade hídrica potencial, para o decêndio 29, no estado de Goiás.....	106
Figura 4.30	Espacialização da disponibilidade hídrica potencial, para o decêndio 30, no estado de Goiás.....	107
Figura 4.31	Espacialização da disponibilidade hídrica potencial, para o decêndio 31, no estado de Goiás.....	108

Figura 4.32	Espacialização da disponibilidade hídrica potencial, para o decêndio 32, no estado de Goiás.....	111
Figura 4.33	Espacialização da disponibilidade hídrica potencial, para o decêndio 33, no estado de Goiás.....	112
Figura 4.34	Espacialização da disponibilidade hídrica potencial, para o decêndio 34, no estado de Goiás.....	113
Figura 4.35	Espacialização da disponibilidade hídrica potencial, para o decêndio 35, no estado de Goiás.....	114
Figura 4.36	Espacialização da disponibilidade hídrica potencial, para o decêndio 36, no estado de Goiás.....	115
Figura 4.37	Espacialização da disponibilidade hídrica potencial, para o decêndio 37, no estado de Goiás.....	116
Figura 4.38	Percentuais da área do estado de Goiás com excesso e deficiência hídrica a cada decêndio.....	119

## LISTA DE QUADROS

Quadro 3.1	Divisão do ano em períodos de dez dias (decêndios)..	44
------------	--	----

## RESUMO

O estado de Goiás necessita de estudos mais detalhados sobre as suas condições climáticas, de maneira que favoreçam e viabilizem a implantação e o desenvolvimento de suas atividades agrícolas. Para isso, os valores diários observados das séries pluviométricas de 144 postos, com no mínimo 10 anos de dados, foram ajustados à função gama incompleta para o cálculo da precipitação dependente nos 37 períodos que dividiram o ano. Os parâmetros  $\alpha$  e  $\beta$  da função foram calculados pelo método da máxima verossimilhança. Quando a série pluviométrica do período estudado apresentou valores zero de precipitação usou-se a função mista recomendada por THOM (1966). A evapotranspiração potencial foi calculada pelo método de Linacre que, através do "software" SGI/INPE, foi confrontada com a precipitação dependente ao nível de 75% de probabilidade de ocorrência, originando, dessa forma, a disponibilidade hídrica climática que representa o principal objetivo deste trabalho. O uso do SGI/INPE possibilitou a espacialização da disponibilidade hídrica, cujo valor potencial pode ser conhecido para quaisquer decêndio do ano, região e/ou município pertencentes ao estado de Goiás. Os resultados obtidos mostram que o Estado é caracterizado por duas estações climáticas bem definidas, uma chuvosa, com excesso hídrico climático e outra seca, com a ausência quase total das chuvas e marcada por grande deficiência hídrica. O excesso hídrico verificado na estação chuvosa obedece a uma tendência espacial que diminui de noroeste para leste e de norte para sul. Dividido em classes com intervalos de 20 mm, deu origem a uma distribuição espacial bastante heterogênea. Já a deficiência hídrica, com menor amplitude de variação, mostrou uma variação espacial mais homogênea. O SGI/INPE apresentou-se como uma ferramenta importante na estimativa e espacialização da disponibilidade hídrica potencial no estado de Goiás, cujos resultados, representam subsídios necessários para o planejamento e zoneamento agrícolas do Estado, assegurando ao mesmo uma gestão mais racional dos seus diversos ecossistemas.

## ABSTRACT

Daily values for rainfall series of 144 locations with at least 10 years of data, were adjusted to an incomplete gamma function in yearly 37 periods. The  $\alpha$  and  $\beta$  parameters of the gamma function were estimated using the maximum likelihood method. When the rainfall series presented values equal to zero, it was used a mixed function suggested by THOM (1966). The potential evapotranspiration was calculated by Linacre's method. Using the software SGI/INPE, it was possible to match the evapotranspiration values against the dependable precipitation at the occurrence probability level of 75%. In this way it was created the climatic water availability, which is the main objective of this work. The software SGI/INPE has allowed the spacialization of water availability, whose potential value may be known for whatever 10-day periods of the year, region and/or town of Goiás State. The results show that Goiás State is characterized by two well defined climatic seasons: a rainy season with a climatic water excess, and a dry season with an almost complete lack of rain and a great water deficit. The water excess present a regional trend of decreasing from Northwest to East and from North to South. When divided in 20 mm classes, the water excess presented a very heterogeneous spatial distribution. The water deficit, presenting a shorter range of variation showed a more homogeneous spatial variation than the water excess. The SGI/INPE was an important tool for the estimation and espacialization of the potential hydric disponibility for the Goiás State. The results apport valuable information for agricultural zoning and planing at State level, allowing for a more tecnicall management of its different ecossistems.



**ESTIMATIVA DA VARIAÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DA  
DISPONIBILIDADE HÍDRICA DECENDIAL NO ESTADO DE  
GOIÁS.**

**FERNANDO ANTÔNIO MACENA DA  
SILVA**

Dissertação apresentada à Escola de Engenharia  
de São Carlos, da Universidade de São Paulo,  
como parte dos requisitos para obtenção do  
Título de Mestre em Ciências da Engenharia  
Ambiental

ORIENTADOR: Prof. Dr. Arthur Mattos

**São Carlos  
1995**

**S586E**

**Silva, Fernando Antônio Macena da**

**Estimativa da variação espaço temporal da disponibilidade hídrica decedial no estado de Goiás / Fernando Antônio Macena da Silva  
São Carlos, 1995.**

**139p.**

**Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos -  
Universidade de São Paulo, 1995.**

**Orientador: Prof. Dr. Arthur Mattos**

**1.Balanço hídrico, 2.Precipitação dependente, 3.SGI. I.Título**

Dissertação defendida e aprovada em \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_ ,  
pela comissão julgadora:

---

**Arthur Mattos - EESC/USP**

---

**Marcelo Pereira de Souza - EESC/USP**

---

**Eduardo Delgado Assad - CPAC/EMBRAPA**

---

**Presidente da CPG**

**DEDICO:**

À minha esposa e filha:

**Germana e Priscila**

Aos meus pais:

**Júlio e Odete**

Aos meus irmãos:

**Valdir, Valdete, Valdenice, Ronaldo, Júlio e Gilson**

## **AGRADECIMENTOS:**

Ao professor Arthur Mattos pela excelente orientação fornecida durante a elaboração deste trabalho.

Ao pesquisador do CPAC/EMBRAPA, Eduardo Delgado Assad pela orientação e sugestões, as quais muito contribuíram para a realização deste trabalho.

Ao pesquisador do CPAC/EMBRAPA, Alfredo José Barreto Luiz, pelas sugestões nas áreas de estatística e de informática, que se tornaram muito valiosas na execução deste trabalho.

Aos colegas Eduardo Normande e José Madeira Neto pelo incentivo e apoio recebidos.

A todos os colegas, professores e funcionários do Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada da EESC/USP pela amizade.

A todos do Laboratório de Biofísica Ambiental do CPAC/EMBRAPA: Balbino A. Evangelista, José Lourenço de Oliveira Filho, Adriana Carmelo, Anselmo Cristiano de Oliveira e especialmente a Heleno da Silva Bezerra e Lucimar Moreira pelo apoio recebido na espacialização dos dados e confecção dos mapas através do SGI.

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), através do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados, pela oportunidade e apoio concedidos.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa concedida.

## SUMÁRIO

Lista de símbolos.....	i
Lista de tabelas.....	iv
Lista de figuras.....	v
Lista de quadros.....	ix
Resumo.....	x
Abstract.....	xi
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	5
2.1. Precipitação.....	5
2.2. Probabilidades de precipitação.....	6
2.2.1. O modelo probabilístico gama.....	9
2.2.2. Função de distribuição acumulada.....	12
2.2.3. Função mista.....	14
2.3. Evapotranspiração.....	16

<b>3. MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>35</b>
<b>3.1. Localização e descrição geral da área de estudo.....</b>	<b>35</b>
<b>3.2. Precipitação.....</b>	<b>37</b>
<b>3.2.1. Dados.....</b>	<b>37</b>
<b>3.2.2. Precipitação dependente ou provável.....</b>	<b>37</b>
<b>3.2.3. Espacialização da precipitação dependente.....</b>	<b>45</b>
<b>3.3. Evapotranspiração potencial.....</b>	<b>49</b>
<b>3.3.1. Método de estimativa da evapotranspiração potencial....</b>	<b>50</b>
<b>3.3.2. Espacialização da evapotranspiração potencial.....</b>	<b>50</b>
<b>3.4. Disponibilidade hídrica.....</b>	<b>51</b>
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>52</b>
<b>4.1. Precipitação dependente.....</b>	<b>52</b>
<b>4.2. Evapotranspiração.....</b>	<b>65</b>
<b>4.3. Disponibilidade hídrica.....</b>	<b>68</b>



**5. CONCLUSÕES E SUGESTÕES.....120**

**6. BIBLIOGRAFIA.....123**

**APÊNDICE 1 - Programa computacional para o cálculo da precipitação dependente**

**APÊNDICE 2 - Programa computacional para o cálculo da evapotranspiração potencial**

**APÊNDICE 3 - Divisão territorial do Estado de Goiás com indicação das mesorregiões geográficas e seus respectivos municípios, segundo a numeração do encarte 1.**

## LISTA DE SÍMBOLOS

$A$  - Latitude (graus)

$a$  - função cúbica do índice de calor na equação de Thornthwaite

$a$  - coeficiente local da equação da Radiação-FAO

$b$  - coeficiente local da equação da Radiação-FAO

$C$  - coeficiente angular da regressão ETP com  $W \times R_s$

$c$  - fator de ajuste da equação de Blaney-Criddle modificada pela FAO

$c$  - fator de ajuste da equação da Radiação-FAO

$c$  - calor específico do ar (cal/g°C)

$d$  - distância euclidiana do  $i$ -ésimo ponto amostrado  $i$  ao ponto interpolado

$\bar{d}/d$  - a razão entre as distâncias média e instantânea ente a Terra e o Sol

$E_a$  - termo aerodinâmico ou poder evaporante do ar (mm/dia)

$ET$  - evapotranspiração (mm)

ETP - Evapotranspiração Potencial (mm/dia)

$ETPa$  - evapotranspiração potencial ajustada (mm/mês)

$e$  - pressão parcial de vapor d'água, (mmHg)

$e_s$  - pressão parcial de saturação do vapor d'água (mmHg)

$f(T)$  - função da temperatura

$f(x)$  - função densidade de probabilidade da distribuição gama incompleta

$H$  - ângulo horário

$H(X)$  - probabilidade mista de ocorrência da precipitação  $x$ ;

$h$  - altitude

$I$  - índice de calor anual

$I$  - irrigação (mm);

- $I_0$  - constante solar ( $\text{cal/cm}^2 \cdot \text{min}$ )
- $L$  - calor latente de evaporação da água ( $\text{cal/g}$ );
- $m$  - período de determinação considerado (dias).
- $N$  - fotoperíodo, função do mês e latitude do local, (horas);
- $N$  - número de ocorrência de precipitação
- $n$  - duração da média diária de insolação no período considerado (h)
- $n$  - número de horas de insolação
- $n$  - expoente da função distância
- $n$  - número de pontos vizinhos mais próximos
- $P$  - precipitação (mm)
- $P(x)$  - probabilidade de que  $x$  esteja entre 0 e o valor  $x_0$
- $p$  - probabilidade da precipitação  $x$  ser igual a zero
- $(1 - p)$  - probabilidade da precipitação  $x$  ser maior do que zero.
- $p$  - percentagem de brilho solar diário em relação ao total anual
- $Q_0/59$  - radiação solar extraterrestre, (mm de evaporação equivalente);
- $Q_n$  - fluxo de radiação líquida ( $\text{cal/cm}^2 \cdot \text{dia}$ )
- $Q_s$  - fluxo de radiação global ( $\text{cal/cm}^2 \cdot \text{dia}$ )
- $r$  - albedo
- $R$  - escoamento superficial (mm);
- $R_L$  - radiação líquida, em mm de evaporação equivalente
- $R_s$  - radiação global (mm/dia)
- $r_a$  - resistência a difusão entre a água e o ar ( $\text{s/cm}$ )
- $s$  - segundo
- $S$  - déficit de saturação média do ar (mb)
- $t$  - temperatura média do ar no período (K)

$t_a$  - temperatura média do ar sobre o mês considerado ( $^{\circ}\text{C}$ )

$T_m$  - temperatura média do ar reduzida ao nível do mar ( $^{\circ}\text{C}$ )

$T_0$  - temperatura do ponto de orvalho ( $^{\circ}\text{C}$ )

$U$  - percolação ou drenagem profunda (mm);

$U$  - velocidade do vento a dois metros de altura (Km/dia)

$\bar{x}$  = média das precipitações (mm)

$x_i$  = altura de precipitação (mm);

$W$  = fator de ponderação da equação da Radiação-FAO

$W_i$  - peso da função que calcula a distância euclidiana

$\alpha$  - parâmetro de escala (mm);

$\beta$  - parâmetro de forma (adimensional);

$\Gamma$  - função gama

$\wp$  - constante psicrométrica (mb/ $^{\circ}\text{C}$ )

$\Delta$  - declividade da curva "pressão de saturação X temperatura" (mb/ $^{\circ}\text{C}$ )

$\Delta m/\Delta t$  - variação do armazenamento da água no solo (mm) no intervalo de tempo  $\Delta t$  (mm/h)

$\Phi$  - latitude do local;

$\delta$  - declinação solar;

$\rho$  - densidade do ar ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )

$\sigma$  - constante de Stefan-Boltzman ( $\text{cal} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{mm}^{-1} \cdot \text{K}^{-4}$ );

## LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1	Estações pluviométricas e suas respectivas coordenadas geográficas no estado de Goiás .....	38
Tabela 3.2	Localização das Estações Meteorológicas onde calculou-se evapotranspiração.....	49
Tabela 4.1	Precipitação dependente (mm), ao nível de 75% de probabilidade, determinada para os 37 decêndios no estado de Goiás.....	54
Tabela 4.2	Evapotranspiração potencial (mm) determinada pelo método de Linacre para os 37 decêndios do ano no estado de Goiás.....	66

## LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1	Comparação entre $(1 + \frac{\rho}{\Delta})$ e $2(1 - 0,0125t)$ . Linacre (1977).....	30
Figura 2.2	Relações entre a radiação líquida e a radiação solar para condições de céu nublado e sem nuvens e uma relação intermediária. Linacre (1977).....	30
Figura 3.1	Localização do estado de Goiás.....	36
Figura 3.2	Distribuição espacial dos postos pluviométricos no estado de Goiás.....	42
Figura 4.1	Espacialização da disponibilidade hídrica potencial, para o decêndio 1, no estado de Goiás.....	71
Figura 4.2	Espacialização da disponibilidade hídrica potencial, para o decêndio 2, no estado de Goiás.....	72
Figura 4.3	Espacialização da disponibilidade hídrica potencial, para o decêndio 3, no estado de Goiás.....	73
Figura 4.4	Espacialização da disponibilidade hídrica potencial, para o decêndio 4, no estado de Goiás.....	74
Figura 4.5	Espacialização da disponibilidade hídrica potencial, para o decêndio 5, no estado de Goiás.....	75
Figura 4.6	Espacialização da disponibilidade hídrica potencial, para o decêndio 6, no estado de Goiás.....	77
Figura 4.7	Espacialização da disponibilidade hídrica potencial, para o decêndio 7, no estado de Goiás.....	78

Figura 4.8	Espacialização da disponibilidade hídrica potencial, para o decêndio 8, no estado de Goiás.....	79
Figura 4.9	Espacialização da disponibilidade hídrica potencial, para o decêndio 9, no estado de Goiás.....	82
Figura 4.10	Espacialização da disponibilidade hídrica potencial, para o decêndio 10, no estado de Goiás.....	83
Figura 4.11	Espacialização da disponibilidade hídrica potencial, para o decêndio 11, no estado de Goiás.....	84
Figura 4.12	Espacialização da disponibilidade hídrica potencial, para o decêndio 12, no estado de Goiás.....	85
Figura 4.13	Espacialização da disponibilidade hídrica potencial, para o decêndio 13, no estado de Goiás.....	86
Figura 4.14	Espacialização da disponibilidade hídrica potencial, para o decêndio 14, no estado de Goiás.....	89
Figura 4.15	Espacialização da disponibilidade hídrica potencial, para o decêndio 15, no estado de Goiás.....	90
Figura 4.16	Espacialização da disponibilidade hídrica potencial, para o decêndio 16, no estado de Goiás.....	91
Figura 4.17	Espacialização da disponibilidade hídrica potencial, para o decêndio 17, no estado de Goiás.....	92
Figura 4.18	Espacialização da disponibilidade hídrica potencial, para o decêndio 18, no estado de Goiás.....	93
Figura 4.19	Espacialização da disponibilidade hídrica potencial, para o decêndio 19, no estado de Goiás.....	94

Figura 4.20	Espacialização da disponibilidade hídrica potencial, para o decêndio 20, no estado de Goiás.....	95
Figura 4.21	Espacialização da disponibilidade hídrica potencial, para o decêndio 21, no estado de Goiás.....	96
Figura 4.22	Espacialização da disponibilidade hídrica potencial, para o decêndio 22, no estado de Goiás.....	97
Figura 4.23	Espacialização da disponibilidade hídrica potencial, para o decêndio 23, no estado de Goiás.....	98
Figura 4.24	Espacialização da disponibilidade hídrica potencial, para o decêndio 24, no estado de Goiás.....	99
Figura 4.25	Espacialização da disponibilidade hídrica potencial, para o decêndio 25, no estado de Goiás.....	100
Figura 4.26	Espacialização da disponibilidade hídrica potencial, para o decêndio 26, no estado de Goiás.....	101
Figura 4.27	Espacialização da disponibilidade hídrica potencial, para o decêndio 27, no estado de Goiás.....	102
Figura 4.28	Espacialização da disponibilidade hídrica potencial, para o decêndio 28, no estado de Goiás.....	105
Figura 4.29	Espacialização da disponibilidade hídrica potencial, para o decêndio 29, no estado de Goiás.....	106
Figura 4.30	Espacialização da disponibilidade hídrica potencial, para o decêndio 30, no estado de Goiás.....	107
Figura 4.31	Espacialização da disponibilidade hídrica potencial, para o decêndio 31, no estado de Goiás.....	108



Figura 4.32	Espacialização da disponibilidade hídrica potencial, para o decêndio 32, no estado de Goiás.....	111
Figura 4.33	Espacialização da disponibilidade hídrica potencial, para o decêndio 33, no estado de Goiás.....	112
Figura 4.34	Espacialização da disponibilidade hídrica potencial, para o decêndio 34, no estado de Goiás.....	113
Figura 4.35	Espacialização da disponibilidade hídrica potencial, para o decêndio 35, no estado de Goiás.....	114
Figura 4.36	Espacialização da disponibilidade hídrica potencial, para o decêndio 36, no estado de Goiás.....	115
Figura 4.37	Espacialização da disponibilidade hídrica potencial, para o decêndio 37, no estado de Goiás.....	116
Figura 4.38	Percentuais da área do estado de Goiás com excesso e deficiência hídrica a cada decêndio.....	119

## LISTA DE QUADROS

Quadro 3.1	Divisão do ano em períodos de dez dias (decêndios)..	44
------------	--	----

## RESUMO

O estado de Goiás necessita de estudos mais detalhados sobre as suas condições climáticas, de maneira que favoreçam e viabilizem a implantação e o desenvolvimento de suas atividades agrícolas. Para isso, os valores diários observados das séries pluviométricas de 144 postos, com no mínimo 10 anos de dados, foram ajustados à função gama incompleta para o cálculo da precipitação dependente nos 37 períodos que dividiram o ano. Os parâmetros  $\alpha$  e  $\beta$  da função foram calculados pelo método da máxima verossimilhança. Quando a série pluviométrica do período estudado apresentou valores zero de precipitação usou-se a função mista recomendada por THOM (1966). A evapotranspiração potencial foi calculada pelo método de Linacre que, através do "software" SGI/INPE, foi confrontada com a precipitação dependente ao nível de 75% de probabilidade de ocorrência, originando, dessa forma, a disponibilidade hídrica climática que representa o principal objetivo deste trabalho. O uso do SGI/INPE possibilitou a espacialização da disponibilidade hídrica, cujo valor potencial pode ser conhecido para quaisquer decêndio do ano, região e/ou município pertencentes ao estado de Goiás. Os resultados obtidos mostram que o Estado é caracterizado por duas estações climáticas bem definidas, uma chuvosa, com excesso hídrico climático e outra seca, com a ausência quase total das chuvas e marcada por grande deficiência hídrica. O excesso hídrico verificado na estação chuvosa obedece a uma tendência espacial que diminui de noroeste para leste e de norte para sul. Dividido em classes com intervalos de 20 mm, deu origem a uma distribuição espacial bastante heterogênea. Já a deficiência hídrica, com menor amplitude de variação, mostrou uma variação espacial mais homogênea. O SGI/INPE apresentou-se como uma ferramenta importante na estimativa e espacialização da disponibilidade hídrica potencial no estado de Goiás, cujos resultados, representam subsídios necessários para o planejamento e zoneamento agrícolas do Estado, assegurando ao mesmo uma gestão mais racional dos seus diversos ecossistemas.

## ABSTRACT

Daily values for rainfall series of 144 locations with at least 10 years of data, were adjusted to an incomplete gamma function in yearly 37 periods. The  $\alpha$  and  $\beta$  parameters of the gamma function were estimated using the maximum likelihood method. When the rainfall series presented values equal to zero, it was used a mixed function suggested by THOM (1966). The potential evapotranspiration was calculated by Linacre's method. Using the software SGI/INPE, it was possible to match the evapotranspiration values against the dependable precipitation at the occurrence probability level of 75%. In this way it was created the climatic water availability, which is the main objective of this work. The software SGI/INPE has allowed the spacialization of water availability, whose potential value may be known for whatever 10-day periods of the year, region and/or town of Goiás State. The results show that Goiás State is characterized by two well defined climatic seasons: a rainy season with a climatic water excess, and a dry season with an almost complete lack of rain and a great water deficit. The water excess present a regional trend of decreasing from Northwest to East and from North to South. When divided in 20 mm classes, the water excess presented a very heterogeneous spatial distribution. The water deficit, presenting a shorter range of variation showed a more homogeneous spatial variation than the water excess. The SGI/INPE was an important tool for the estimation and espacialization of the potential hydric disponibility for the Goiás State. The results apport valuable information for agricultural zoning and planing at State level, allowing for a more tecnicall management of its different ecossistems.

# ESTIMATIVA DA VARIAÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA POTENCIAL NO ESTADO DE GOIÁS.

## 1. INTRODUÇÃO

O estado de Goiás ocupa, hoje, uma posição de destaque no contexto nacional, no que diz respeito a sua pecuária, agricultura e agroindústria. Com uma área de 340.165,9  $Km^2$ , o Estado se localiza na região Centro-Oeste do Brasil e se estende entre os paralelos 13° 00' e 19° 00'S e os meridianos 46° 00' e 53° 00'W, e tem uma situação bastante privilegiada em termos de potencialidades econômicas pela sua proximidade aos mercados do centro-sul.

A otimização das práticas agrícolas no Estado exige a delimitação dos períodos em que o impacto climático, principalmente aquele causado pela deficiência hídrica, é fator limitante da produção. Esta área é carente de estudos que forneçam subsídios para o estabelecimento de regiões ecologicamente adequadas ao desenvolvimento de uma agricultura sustentável. Nos estudos de viabilidade natural para implantação e desenvolvimento da atividade agropecuária, o clima é o fator primordial da aptidão agroecológica a ser estudada. As limitações e possibilidades decorrentes dos solos e de outros fatores naturais, embora igualmente importantes, dependem das possibilidades e limitações climáticas. Por isso, torna-se necessário o conhecimento das condições climáticas predominantes no Estado, destacando-se o recurso hídrico de origem pluvial e a

evapotranspiração potencial como os aspectos mais importantes a serem considerados.

No estudo da precipitação pluvial é importante se conhecer a sua distribuição no espaço e no tempo. Entretanto a análise dos totais anuais e mensais de precipitação na região de estudo, segundo ASSAD et al (1993), não é suficiente para sua aplicação na agricultura, devido a grandes flutuações observadas. ASSAD & RODRIGUEZ CASTRO (1991) indicam que o coeficiente de variação das médias mensais chegam a ultrapassar 100% em alguns meses menos chuvosos.

Evidencia-se, então, que a utilização de médias pluviométricas não constitui um procedimento confiável para servir de base ao planejamento das atividades agrícolas, o que justifica o uso de um modelo probabilístico para o cálculo da precipitação esperada associada a um determinado nível de probabilidade. A seleção do método estatístico, ao qual se ajustam os dados pluviométricos, deve ser feita por meio de testes, mas a literatura especializada indica a função gama incompleta como a mais adequada para este tipo de dados.

O outro elemento climático relevante é a evapotranspiração potencial ou taxa de perda d'água de superfícies naturais vegetadas, que se constitui num dado de determinação imprescindível em estudos hidrológicos e zoneamento agroclimático. A evapotranspiração potencial é um dos principais componentes do balanço de água, pois, ela é um indicativo da produção, ou seja, a quantidade de massa verde produzida é função direta da evapotranspiração, além de ser usada na quantificação das disponibilidades hídricas regionais e de estimativa da quantidade de água requerida para

irrigação. A sua estimativa foi feita pelo método de Linacre, levando-se em consideração a sua simplicidade, facilidade de uso, precisão e principalmente a pouca disponibilidade de dados climáticos na área de estudo.

A realização da análise estatística das séries pluviométricas da área de estudo e do cálculo da evapotranspiração potencial deu origem a um conjunto de informações composto por grandes massas de dados que foram gerenciadas de forma eficiente através de um sofisticado sistema computacional para aplicações em geoprocessamento, desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - SGI/INPE -, que de agora em diante neste trabalho será chamado apenas de SGI.

A grande importância do uso de um Sistema de Informações Geográficas, neste trabalho, foi que ele possibilitou a espacialização da estimativa da disponibilidade hídrica para pontos no estado de Goiás, onde não havia nem dados de chuva, nem dados climáticos para o cálculo da evapotranspiração potencial, permitindo uma interpretação mais abrangente dos resultados, regionalizando os parâmetros agroclimáticos.

O Sistema possibilitou a realização de operações ponderadas (subtração) entre as grades formadas com os valores da precipitação dependente, oriundos das séries históricas de 153 postos pluviométricos contidos na área de estudo e as grades formadas com os valores da evapotranspiração potencial calculada em apenas 20 locais para a mesma área. A espacialização da disponibilidade hídrica potencial foi feita em seguida, e a partir daí foi possível conhecê-la para quaisquer decêndios, região ou mesmo município pertencentes ao estado de Goiás.

O principal objetivo deste trabalho é o de estimar e espacializar, através do SGI/INPE, a disponibilidade hídrica decendial para o estado de Goiás em função da precipitação dependente e da evapotranspiração potencial, criando com isso, subsídios que possam assegurar o planejamento da agricultura, buscando as melhores formas de utilização dos recursos naturais existentes no Estado.



## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. PRECIPITAÇÃO

O regime hidrológico de uma região é determinado por suas características físicas, geológicas, topográficas e por seu clima. Os elementos climáticos mais importantes são a precipitação, principal "input" do balanço hidrológico de uma região, sua distribuição e intensidade, e a evaporação, responsável direta pela redução do escoamento superficial, por retirar das superfícies líquidas grande quantidade de água, incorporando-a na atmosfera. Outros elementos climáticos importantes são a temperatura, a umidade e o vento, principalmente pela influência que exercem sobre a precipitação e a evaporação.

Precipitação é o processo pelo qual a água condensada na atmosfera atinge gravitacionalmente a superfície terrestre. A precipitação ocorre sob as formas pluvial (de chuva), de granizo e de neve. Ela é o principal mecanismo natural de restabelecimento dos recursos hídricos da superfície terrestre, conforme TUBELIS & NASCIMENTO (1987). Eles afirmaram ainda que, em virtude da água ser o componente principal na constituição dos organismos vivos, a distribuição temporal e espacial das precipitações é um dos fatores que condicionam o clima e que estabelecem o tipo de vida de uma região. O que está de acordo com VILLELA & MATTOS (1975), quando afirmaram que o conhecimento da distribuição e das variações da precipitação tanto no espaço como no tempo é importante para o planejamento de recursos hídricos e para estudos hidrológicos.

Segundo LANNA (1993), os processos hidrológicos são aleatórios, ou seja, não é possível saber qual a evolução dos valores de precipitação ao longo do tempo e do espaço. Isso tem estabelecido dificuldades básicas no planejamento das atividades agrícolas. A partir dessas dificuldades começaram a surgir no campo da teoria das probabilidades vários modelos teóricos probabilísticos para séries históricas de precipitação. Dentre os diversos modelos, a função de distribuição de probabilidade gama, proposta por THOM (1958), tem sido sugerida como o modelo probabilístico mais conveniente para o cálculo da precipitação dependente ou provável.

## **2.2 PROBABILIDADES DE PRECIPITAÇÃO**

A média não é necessariamente um bom parâmetro para estimativa do valor esperado, no que tange às precipitações, porque a dispersão dos totais mensais e anuais em torno das respectivas médias, traduzidas pela variância é, em geral, bastante elevada. Evidencia-se, claramente, que a utilização de médias pluviométricas não constitui um procedimento confiável para servir de base ao planejamento (ASSAD & RODRIGUEZ CASTRO, 1991).

A utilização da média, como parâmetro avaliador do total de precipitação esperada, seria adequada apenas no caso em que a distribuição desses totais se ajustasse o modelo gaussiano, de distribuição normal. Isto é

verdade porque, dada a simetria desse modelo, o valor médio coincide com o valor mais freqüente que é a moda.

Muitos autores, relatados a seguir, têm afirmado que o emprego da distribuição gama incompleta tem fornecido subsídios mais confiáveis ao desenvolvimento de inúmeras atividades no setor de gerenciamento de recursos hídricos, quer na fase de execução, quer na fase de planejamento.

A distribuição gama foi usada pela primeira vez, como modelo probabilístico mais adequado para descrever a distribuição de totais pluviométricos, por BARGER & THOM (1949) em Iowa (U.S.A) com o objetivo de calcular a estimativa da precipitação semanal esperada durante o ciclo vegetativo do milho.

Os totais de precipitação procedem, efetivamente, de duas populações diferentes, uma com valores nulos e outra com valores não nulos. Até então, os valores nulos não podiam ser ajustados, porém em 1951, THOM introduziu o conceito de distribuição mista de precipitação, partindo do princípio de que a ocorrência ou não de chuva é motivada por sistemas atmosféricos distintos.

THOM (1968) publicou tabelas da função de distribuição gama que constituíram valiosos subsídios para o desenvolvimento de uma longa série de estudos subsequentes, demonstrando a grande aplicabilidade da distribuição gama a séries de totais pluviométricos.

Por apresentar zero como limite inferior, a distribuição gama incompleta tem se ajustado bem, não somente aos dados de precipitação, mas também a outras variáveis climatológicas, tais como: pressão de vapor, evaporação e evapotranspiração.

LLANO (1969) calculou a precipitação dependente para seis localidades chilenas com o uso da distribuição gama e obteve bons ajustes. Anos depois foi feito no Brasil estudo semelhante por ELLIS (1972) que analisando uma série de 30 anos de dados pluviométricos de Manaus, concluiu que os totais anuais poderiam ser descritos pela distribuição normal, enquanto que para períodos menores, como decendiais e mensais a função gama proporcionou melhor ajustamento. Abrangendo um grande número de localidades em todo o Brasil, AZEVEDO (1974) comprovou que esta função ajusta-se muito bem aos dados de chuva, principalmente para os meses mais secos das regiões nordeste, sudeste e centro-oeste. BERNARDO & HILL (1977) também usaram a função gama incompleta para o cálculo da precipitação dependente na bacia do São Francisco, onde os autores confeccionaram um modelo para determinar a irrigação suplementar para qualquer combinação de solo-planta-clima.

FRIZZONE (1979) fez uma análise de cinco modelos para cálculo da distribuição e freqüência de precipitações na região de Viçosa, MG, e concluiu que a função gama apresentou bom comportamento na estimativa das precipitações em períodos de 5 dias, 10 dias, 15 dias e mensal. O que indica que a função gama incompleta pode ser aplicada na estimativa de probabilidades de precipitações para períodos menores, o que está de acordo com MAROUELLI (1983) e MELO (1989).

Com a finalidade de determinar as localidades aptas, parcialmente aptas e inaptas à prática das culturas do feijão, milho e algodão, bem como o planejamento da irrigação suplementar, SILVA (1992) ajustou

os dados de precipitação do estado de Sergipe ao modelo probabilístico gama, obtendo resultados satisfatórios.

O modelo probabilístico Gama tem fornecido informações mais precisas a respeito do valor esperado dos totais de precipitação, associados a níveis de probabilidade pré-estabelecidos. Muitos autores afirmam que o emprego da distribuição gama incompleta é bastante difundido na estimativa de probabilidades de precipitações em diferentes condições climáticas, produzindo resultados significativamente satisfatórios VIVALDI, (1982); DI PACE et al (1989); RODRIGUES NETO (1991); COSTA, (1991).

### 2.2.1 O MODELO PROBABILÍSTICO GAMA

A função de distribuição de probabilidade gama é o modelo probabilístico mais conveniente para representar a distribuição observada de totais pluviométricos.

A distribuição gama com dois parâmetros é um caso especial da distribuição de Pearson Tipo III onde o parâmetro local é zero. Sua função densidade de probabilidade é dada pela seguinte equação:

$$f(x) = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} e^{-\frac{x}{\beta}} \quad (2.1)$$

com  $\alpha > 0$ ,  $\beta > 0$ ,  $\Gamma(\alpha) > 0$  e  $f(x) = 0$  para  $x < 0$ , onde:

$\beta$  - parâmetro de escala (mm);

$\alpha$  - parâmetro de forma (adimensional);

x - total de precipitação;

$\Gamma(\alpha)$  - função gama definida por:

$$\Gamma(\alpha) = \int_0^{\infty} t^{\alpha-1} e^{-t} dt \quad (2.2)$$

A função gama de probabilidade apresenta dois parâmetros: o parâmetro de forma ( $\alpha$ ) e o parâmetro de escala ( $\beta$ ). STROMMEN & HORSFIELD (1969) afirmaram que o parâmetro de forma,  $\alpha$ , é inversamente proporcional à assimetria, ou seja, quanto menor o  $\alpha$ , maior a assimetria.

Logo, quando o parâmetro de forma tende para o infinito a função gama se aproxima da normal. Thom, citado por MILLER & WEAVER (1968), afirmou que para valores de ( $\alpha$ ) maiores ou igual a 100, a distribuição gama aproxima-se da normal. O parâmetro de escala,  $\beta$ , indica o grau de dispersão entre os dados de uma série estudada.

O grande problema no uso de qualquer procedimento estatístico na aplicação da distribuição gama a dados climatológicos está na estimativa dos parâmetros. Um dos métodos mais comuns é o método dos momentos que consiste em igualar a média ( $\bar{x}$ ) e a variância ( $S^2$ ) da amostra à média e à variância da população, dando origem a duas equações que são facilmente resolvidas, produzindo para a distribuição gama as seguintes estimativas dos parâmetros:

$$\alpha = \frac{\bar{x}^2}{S^2} \quad (2.3)$$

$$\beta = \frac{S^2}{\bar{x}} \quad (2.4)$$

Outro método importante para estimar os parâmetros da distribuição gama é o método da máxima verossimilhança, desenvolvido por FISHER (1941), citado por VIVALDI (1982). Este método produz estimativas eficientes de parâmetros estatísticos. THOM (1958), usando este método, derivou as equações para estimativa dos parâmetros da distribuição gama através da resolução da equação quadrática:

$$12A\alpha^2 - 6\alpha - 1 = 0 \quad (2.5)$$

com:

$$A = \ln(\bar{x}) - 1/N \sum_{i=1}^N \ln(x_i) \quad (2.6)$$

onde:

$x_i$  = altura de precipitação (mm);

$N$  = número de ocorrência de precipitação;

$\ln$  = logaritmo natural;

$\bar{x}$  = média das precipitações (mm)

$$\alpha = \frac{1 + \sqrt{1 + (4/3)A}}{4A} \quad (2.7)$$

A estimativa para o parâmetro de escala é:

$$\beta = \frac{\bar{x}}{\alpha} \quad (2.8)$$

### 2.2.2 FUNÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO ACUMULADA

A probabilidade acumulada de ocorrência de totais de precipitação pode ser calculada através da integração da equação (2.1):

$$P(x) = \int_0^{x_0} \frac{x^{\alpha-1} e^{-\frac{x}{\beta}}}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} dx \quad (2.9)$$

onde  $P(x)$  é a probabilidade de que  $x$  esteja entre 0 e o valor  $x_0$ .

Fazendo-se  $\alpha = p + 1$  e  $\beta = 1/\lambda$ , a equação (2.9) pode ser escrita como:

$$P(x) = \int_0^{x_0} \frac{x^p e^{-\lambda x} \lambda^{(p+1)}}{\Gamma(p+1)} dx \quad (2.10)$$



sendo  $p$  e  $\lambda$  os parâmetros de forma e escala, respectivamente. O parâmetro  $\lambda$  é estimado por:

$$\lambda = \frac{\alpha}{\bar{x}}$$

THOM, citado por (WEAVER & MILLER, 1967), resolveu esta equação através do uso da aproximação de Newton. Para um dado nível de probabilidade  $P(x)$ , a precipitação esperada  $x$  é dada por:

$$x'_i = \frac{x_i}{\lambda} \quad (2.11)$$

onde:

$$x'_i = x'_j - (x'_j / \alpha)S + \frac{P(x)\Gamma(\alpha)e^{-x'_j}}{x_j'^{(\alpha-1)}} \quad (2.12)$$

e

$$j = i - 1 \quad (2.13)$$

$$S = 1 + \sum_{k=1}^{\infty} \frac{x_j'^k}{(\alpha + k)!} \quad (2.14)$$

tendo  $(\alpha - 1)$  como estimativa inicial de  $x'_j$ .

### 2.2.3 FUNÇÃO MISTA

Quando se trabalha com períodos curtos é muito comum a não ocorrência de chuva, ou seja, a precipitação pluvial é igual a zero para um determinado período. O valor  $x=0$  não pode ser utilizado na estimativa dos parâmetros pelo método da máxima verossimilhança no caso da distribuição gama. Abandonar esta informação e trabalhar somente com os valores não nulos, ocasiona uma superestimação da precipitação a um determinado nível de probabilidade. Por isso, THOM (1951) introduziu o conceito de distribuição mista, para a precipitação pluvial e para outras variáveis climatológicas. Ele considerou a precipitação como um fenômeno cuja ocorrência é aleatória, com probabilidade ' $p$ ' e a não ocorrência com a probabilidade  $(1-p)$ , sendo  $p+(1-p)=1$ . desta forma, a função de distribuição acumulada passa a ser:

$$H(x) = p + (1-p)P(X) \quad (2.15)$$

onde:

$H(X)$  - probabilidade mista de ocorrência da precipitação  $x$ ;

$p$  - probabilidade de  $x$  ser igual a zero;

$(1-p)$  - probabilidade de  $x$  ser maior do que zero.

Como as séries dos dados de precipitação, que foram analisadas neste trabalho, apresentaram períodos em que a precipitação tem valores iguais a zero, a função mista foi identificada como a mais adequada no cálculo da precipitação dependente.

### 2.3. EVAPOTRANSPIRAÇÃO

A evaporação é o processo físico pelo qual um líquido ou sólido é transformado ao estado gasoso. A transpiração consiste na perda de água através dos estômatos ou cutículas das plantas para a atmosfera. Sob condições naturais os dois processos agem conjuntamente dando origem ao fenômeno da evapotranspiração que está associado a perda conjunta de água do solo pela evaporação e da planta pela transpiração.

A evapotranspiração potencial é de grande utilidade em climatologia, quer em classificações climáticas, quer para a quantificação das disponibilidades hídricas regionais, através de cotejo com a precipitação e variação da água no solo.

O conhecimento do consumo de água pelas plantas (evapotranspiração) é essencial para se poder estimar a quantidade de água requerida para irrigação. Também, o conhecimento do consumo de água nos diversos subperíodos ou etapas de desenvolvimento das plantas cultivadas permite a administração de uma irrigação mais racional e efetiva, de acordo com a exigência da cultura. Na agricultura de sequeiro ela também tem um papel fundamental, pois permite ajustamentos de épocas de semeadura, dentro da estação de crescimento, em função da disponibilidade hídrica média da região considerada, determinando maior eficiência no aproveitamento das precipitações.

Portanto, no planejamento das atividades agrícolas, é de fundamental importância se conhecer a demanda hídrica ideal ou

evapotranspiração máxima, que corresponde a perda de água observada por evapotranspiração por uma cultura, em um estágio de desenvolvimento qualquer, sob condições não restritivas de umidade do solo. No entanto, evapotranspiração máxima correlaciona o efeito do clima e o efeito das características das culturas. A evapotranspiração potencial é função quase exclusiva das condições meteorológicas, ou seja, o efeito climático na necessidade de água da cultura é dado pela evapotranspiração potencial.

Os trabalhos desenvolvidos sobre evaporação de uma superfície (solo ou água) e evapotranspiração de comunidades vegetais têm sido intensivamente discutidos e analisados já há muitos anos, a saber:

O primeiro relato do termo evapotranspiração foi feito por THORNTHWAITE (1948) que o definiu como sendo a água evapotranspirada de uma superfície natural coberta por uma vegetação em fase de crescimento ativo, e com o teor da umidade do solo próximo à capacidade de campo. A esta evapotranspiração ele chamou de potencial, sendo diferente da evapotranspiração real que é aquela observada em uma cultura durante as fases de crescimento sob quaisquer condições de umidade do solo.

PENMAN (1956) definiu evapotranspiração potencial como sendo o processo de transferência d'água para a atmosfera, na unidade de tempo, de uma superfície totalmente coberta por vegetação verde, de porte baixo, em pleno desenvolvimento e sem restrição de água no solo.

Segundo CAMPELO & CASEIRO (1989), a evapotranspiração potencial (ETP) ou evapotranspiração de referência ( $ET_0$ ) é uma medida

local da demanda hídrica atmosférica, representando o efeito das condições climáticas sobre a necessidade hídrica das culturas.

Evapotranspiração potencial (ETP) é a quantidade de água máxima possível que a planta pode e deve utilizar. A condição estabelece o nível ideal de relação entre a planta, o solo e a atmosfera, permitindo que a planta atinja a sua produção máxima possível, enquanto que a evapotranspiração real (ETR) é a quantidade de água perdida pela planta durante qualquer fase do seu ciclo de vida e condições de suprimento d'água.

Existem muitos métodos de medida ou de estimativa da evaporação e evapotranspiração citados pela literatura, porém nenhum dos métodos é aplicável sob todas as condições, visto que foram desenvolvidos em condições climáticas específicas segundo a disponibilidade de dados e a realidade física do local (LINSLEY et al (1958); PONCE (1989)).

Segundo TANNER (1968), os vários métodos para estimativa da evapotranspiração podem ser divididos em três categorias, quais sejam: Método do Balanço Hídrico, Métodos Micrometeorológicos e Métodos Empíricos.

#### **a) Método do Balanço Hídrico**

Os métodos que utilizam o balanço de água são divididos basicamente em dois tipos principais: os que utilizam os lisímetros e aqueles em que a estimativa da evapotranspiração é feita em um volume qualquer de solo, como o modelo utilizado por LUCHIARI JUNIOR (1985), o qual tem sido recomendado por REICHARDT (1975).

O método lisimétrico é representado pela seguinte equação:

$$ET = P + I - R - U + \Delta m/\Delta t \quad (2.16)$$

onde:

$ET$  - evapotranspiração (mm);

$P$  - precipitação (mm);

$I$  - irrigação (mm);

$R$  - escoamento superficial (mm);

$U$  - percolação ou drenagem profunda (mm);

$\Delta m/\Delta t$  - variação do armazenamento da água no solo (mm) no intervalo de tempo  $\Delta t$ .

## **b) Métodos Micrometeorológicos**

Esses métodos são os mais eficazes e precisos. Eles proporcionam medidas de evapotranspiração em períodos curtos, mas são de alta complexidade, pois requerem instrumental ultra-sensível e capaz de detectar as flutuações instantâneas das propriedades atmosféricas estimando suas correlações, variâncias e covariâncias, justificando-se apenas em projetos de pesquisas, onde funcionam como padrão de aferição de outros métodos (ROSENBERG, 1974). Entre os principais métodos micrometeorológicos, BERLATO & MOLION (1981) citam os seguintes:

b.1. Método do Balanço de Energia;

b.2. Método do Transporte de Massa;

b.3. Método Aerodinâmico/Aerodinâmico misto;

- b.4. Método da Correlação Turbulenta;
- b.5. Método de Resistência;
- b.6. Método Combinado (PENMAN);
- b.7. Método das flutuações.

O mais conhecido é o método de PENMAN, que combina as bases físicas do balanço de energia radiante com processos de transferência de massa. Ele foi publicado pela primeira vez em 1948. A equação original proposta por PENMAN (1948) é a seguinte:

$$ETP = \frac{\left(\frac{\Delta}{\phi} \cdot R_L + Ea\right)}{\left(\frac{\Delta}{\phi} + 1\right)} \quad (2.17)$$

onde:

ETP - Evapotranspiração Potencial (mm/dia);

$\frac{\Delta}{\phi}$  - determinado em função da temperatura média do ar, sendo:

$\Delta$  - tangente à curva de pressão parcial de saturação do vapor d'água, em função da temperatura do ar (mm/°K), determinado pela expressão:

$$\Delta = e_s \cdot \left(6886/t_a^2 - 5,31/t_a\right) \quad (2.18)$$

$\phi$  = constante psicrométrica: 0,67 mmHg/°C;

$t_a$  - temperatura média do ar no período (°K);

$e_s$  - pressão parcial de saturação do vapor d'água à temperatura média do ar (mmHg); determinada pela expressão:



$$e_s = 4,58 \times 10^{\left(\frac{7,5 \times t}{237,5 + t}\right)} \quad (2.19)$$

$t$  - temperatura do ar ( $^{\circ}\text{C}$ );

$E_a$  - termo aerodinâmico ou poder evaporante do ar (mm/dia), função do deficit de saturação do ar e da velocidade do vento dado por:

$$E_a = 0,35 \times (1 + U/160) \times (e_s - e_a) \quad (2.20)$$

$U$  - velocidade do vento a dois metros acima da superfície evaporante em Km/dia;

$(e_s - e)$  - deficit de saturação do ar (mmHg);

$R_L$  - radiação líquida, em mm de evaporação equivalente;

$$R_L = Q_0/59 \times (a + b \times n/N) \times (1 - r) - \sigma T_a^4 \times (0,56 - 0,09\sqrt{e}) \times (0,1 + 0,9 \times n/N) \quad (2.21)$$

$Q_0/59$  - radiação solar extraterrestre, em mm de evaporação equivalente (cal/cm<sup>2</sup>.dia);

$a$  e  $b$  - parâmetros do local, onde:

$a = 0,29 \cos \Phi$ , e considerando-se como constantes os fatores:

$b = 0,52$

$r$  - (albedo) = 0,25

$$Q_0 = 1440/\pi \times I_0 \times (\bar{d}/d) \times (\sin \Phi \sin \delta + \cos \Phi \cos \delta \sin H) \quad (2.22)$$

sendo:

$\bar{d}/d$  - a razão entre as distâncias média e instantânea entre a Terra e o Sol;

$I_0$  - constante solar ( $1,94 \text{ cal/cm}^2 \cdot \text{min}$ );

$\Phi$  - latitude do local;

$\delta$  - declinação solar;

$H$  - ângulo horário, função da latitude e da declinação solar; sendo:

$$H = \arccos(-\text{tg}\Phi\text{tg}\delta) \rightarrow \text{graus}; \quad (2.23)$$

$\sigma$  - constante de Stefan-Boltzman que é igual a  $0,813 \times 10^{-10} (\text{cal} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{K}^{-4})$

$N$  - fotoperíodo, função do mês e latitude do local, sendo:

$$N = 0,133 \times H \text{ (horas)}; \quad (2.24)$$

$n$  - número de horas de insolação;

$e$  - pressão parcial de vapor d'água, (mmHg);

$$e = e_s \cdot UR/100 \quad (2.25)$$

### **c) Métodos Empíricos**

As dificuldades instrumentais envolvidas nas determinações diretas da evapotranspiração e a necessidade de conhecê-la têm envolvido vários pesquisadores que desenvolveram muitas equações empíricas e semi-empíricas para resolver tal problema. SORIANO (1991) enfatizou que a experiência revela que alguns desses métodos são complexos demais para serem utilizados na prática, outros, sendo de fácil aplicação, não chegam a produzir resultados aceitáveis, existindo sempre a busca de métodos que reünam tanto precisão como facilidade operacional.

Apesar do elevado número de métodos para avaliar a evapotranspiração, nenhum parece desfrutar de uma preferência absoluta. De acordo com TANNER (1968), a escolha do método mais adequado varia com a precisão requerida no período de determinação, conveniência e custo.

As variáveis climáticas mais usadas nos métodos empíricos são a temperatura, radiação e umidade. Segundo BERLATO & MOLION (1981) os seus principais representantes são: Método de Thornthwaite, Método de Blaney-Criddle, Método de Makkink, Método de Jensen-Haise, Método da Radiação Solar e Método de Linacre.

#### **c.1. Método de Thornthwaite**

Correlacionando a temperatura média mensal do ar com a evapotranspiração, determinada através de estudos de balanço de água, THORNTHWAITTE (1948) desenvolveu a seguinte relação:

$$ETP^1 = 16,2 \left[ \frac{10t}{I} \right]^a \quad (2.26)$$

onde:

$ETP^1$  - evapotranspiração potencial não ajustada (mm/mês);

$t$  - temperatura média mensal do ar (°C);

$I$  - índice de calor anual resultante da soma de 12 índices mensais  $i$ ,  
dado pela expressão:

$$I = \sum_{j=1}^{12} i_j \Rightarrow \text{onde } \rightarrow i_j = \left[ \frac{t_j}{5} \right]^{1,514} \quad (2.27)$$

$a$  - função cúbica de  $I$ , dada por:

$$a = 6,750 \times 10^{-7} I^3 - 7,711 \times 10^{-5} I^2 + 1,792 \times 10^{-2} I + 0,492 \quad (2.28)$$

A evapotranspiração potencial ajustada é obtida por:

$$ETPa = ETP^1 \left[ \frac{n}{12} \right] \left[ \frac{m}{30} \right] \quad (2.29)$$

onde:

$ETPa$  - evapotranspiração potencial ajustada (mm/mês);

$n$  - duração da média diária de insolação no período considerado,  
função do mês e da latitude (h);

$m$  - período de determinação considerado (dias).

### c.2. Método de Blaney-Criddle

Blaney e Criddle apresentaram em 1952, uma equação desenvolvida no oeste dos EUA, precisamente no Novo México e Texas (região semi-árida). Este método é recomendado por DOORENBOS & PRUITT (1984) para áreas onde somente os dados de temperatura do ar são disponíveis, pois utiliza, a temperatura média mensal e um fator associado ao comprimento do dia.

$$ETP = c[p(0,46t + 8)] \quad (2.30)$$

onde:

*ETP* - evapotranspiração potencial para o mês considerado (mm/dia);

*t* - temperatura média do ar sobre o mês considerado (°C);

*p* - percentagem de horas de brilho solar diário em relação ao total anual, para um dado mês e latitude do local.

*c* - fator de correção que depende da umidade relativa mínima, horas de brilho solar e estimativa de vento diária.

### c.3. Método de Makkink

É um método que utiliza a radiação global (*R<sub>s</sub>*) e sua expressão geral é a seguinte:

$$ETP = 0,61R_s \frac{\Delta}{\Delta + \rho} - 0,12 \quad (2.31)$$

onde:

$R_s$  - radiação global expressa em equivalentes mm/dia.

Os outros termos ( $\Delta$  e  $\phi$ ) são definidos conforme método de Penman.

#### c.4. Método de Jensen-Haise

Estudando a evapotranspiração no oeste dos EUA durante 35 anos, JENSEN & HAISE (1963) apresentaram um método baseado na temperatura e radiação solar. A relação proposta é dada por:

$$ETP = [0,014t - 0,37]R_s \quad (2.32)$$

onde:

$ETP$  - evapotranspiração potencial (polegadas/dia);

$t$  - temperatura média do ar sobre o mês considerado ( $^{\circ}\text{C}$ );

$R_s$  - radiação solar em equivalentes polegadas/dia.

#### c.5. Método da Radiação Solar

Proposto por DOORENBOS & PRUITT (1984), este método é recomendado como padrão pela FAO. Segundo VILLA NOVA & REICHARDT (1989), ele é considerado como uma boa aproximação do método de Penman, em termos mais simplificados. É indicado para áreas

com disponibilidade de dados de temperatura do ar, radiação ou brilho solar, velocidade do vento e umidade relativa. Os dois últimos parâmetros podem ser estimados através de publicações ou extrapolações de áreas vizinhas. As equações básicas são as seguintes:

$$\begin{aligned} ETP &= C \times W \times R_s \\ R_s &= \frac{Q_0}{59} \times \left[ a + b \frac{n}{N} \right] \end{aligned} \quad (2.33)$$

onde:

*ETP* - evapotranspiração potencial para o período considerado (mm/dia);

*R<sub>s</sub>* - radiação solar em equivalentes mm/dia;

*C* - coeficiente angular da regressão ETP com *W* x *R<sub>s</sub>*, determinado em função da umidade relativa do ar e velocidade do vento;

$W = \Delta / (\Delta + \phi)$  (fator que representa a parte fracional de *R<sub>s</sub>* que é utilizada na ETP, para diferentes valores de temperatura e altitude.

*a* e *b* - coeficientes do local.

A obtenção dos parâmetros  $\Delta$ ,  $\phi$ ,  $Q_0$ , *N* e *n*, já foram explicadas no método de Penman.

### c.6. Método de Linacre

LINACRE (1977) apresentou uma simplificação do método de Penman obtida através de correlações encontradas entre os diversos fatores meteorológicos. A equação, que estima a evapotranspiração de referência a partir de dados geográficos (altitude e latitude) e temperatura do ar, foi conseguida a partir das seguintes transformações:

A equação de Penman que calcula a taxa de evaporação 'E' de uma superfície líquida pode ser escrita como:

$$LE = \frac{Q_n + \frac{\rho c_p S}{\Delta r_a}}{1 + \frac{\phi}{\Delta}} \quad (2.34)$$

onde:

$L$  - calor latente de evaporação da água ( $\sim 590$  cal/g);

$Q_n$  - fluxo de radiação líquida (cal/cm<sup>2</sup>.s);

$\rho$  - densidade do ar ( $\sim 1,3 \times 10^{-3}$  g/cm<sup>3</sup>);

$c_p$  - calor específico do ar ( $\sim 0,24$  cal/g°C);

$S$  - déficit de saturação média do ar (mb);

$r_a$  - resistência a difusão entre a água e o ar (s/cm);

$\Delta$  - declividade da curva "pressão de saturação *versus* temperatura", calculada através da temperatura média do ar (mb/°C);

$\phi$  - constante psicrométrica (0,67 mb/°C).

O termo  $r_a$  na equação (2.33) depende da velocidade do vento e varia aproximadamente com o inverso da raiz quadrada. Uma faixa de velocidade do vento de 1 a 9 m/s causa alteração em  $r_a$  apenas entre 1,8 e



0,6 s/cm, sendo, portanto, o valor intermediário de 1,2 s/cm largamente representativo. Este valor pode ser aplicado tanto para superfícies líquidas como para superfícies cobertas por vegetação, tal como a grama.

Os números  $S/\Delta$  e  $(1+\rho/\Delta)$  podem ser substituídos por expressões equivalentes envolvendo apenas valores de temperatura média. A Figura 2.1 mostra que, entre  $\underline{8^\circ\text{C}}$  e  $\underline{36^\circ\text{C}}$ , a seguinte expressão é verdadeira:

$$1 + \frac{\rho}{\Delta} = 2(1 - 0,0125t) \quad (2.35)$$

A declividade ( $\Delta$ ) é dada aproximadamente pela declividade da corda entre os pontos da curva psicrométrica correspondente, respectivamente, as condições de saturação na temperatura média ( $t$ ) e a temperatura do ponto de orvalho ( $Td$ ). Portanto:

$$\frac{S}{\Delta} = (t - Td) \quad (2.36)$$

O termo radiação líquida ( $Q_n$ ) na equação (2.33) também pode ser substituído por uma relação que varia em função da temperatura.

Linacre relaciona  $Q_n$  de uma superfície coberta com grama (albedo=0,25) com o fluxo de radiação global ( $Q_s$  - cal/cm<sup>2</sup>) para todas as condições de céu, desde o totalmente nublado até sem nuvens (Figura 2.2). A linha pontilhada representa uma relação intermediária podendo ser aplicada de forma geral, sendo representada pela seguinte expressão:

$$Q_n = 0,5Q_s \quad (2.37)$$

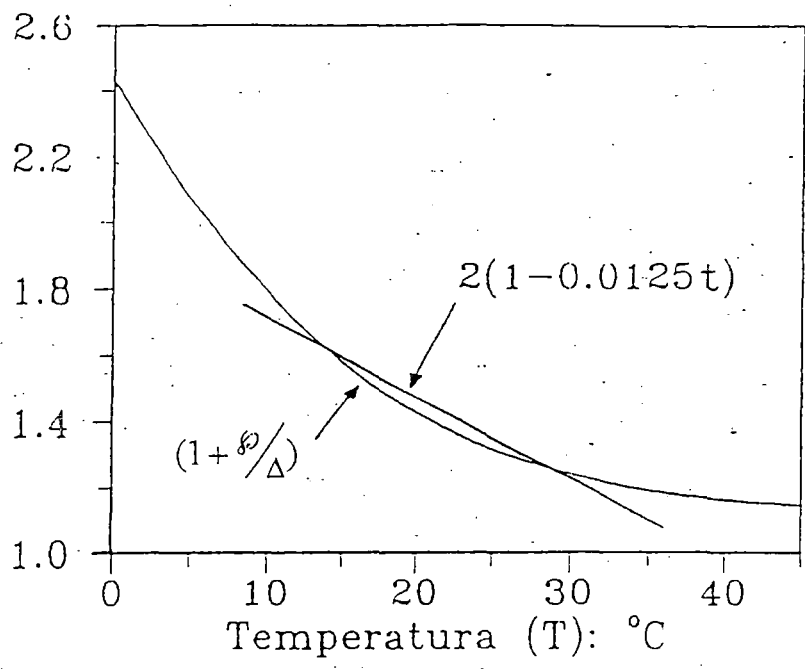


Figura 2.1 - Comparação entre  $(1 + \frac{\rho}{\Delta})$  e  $2(1 - 0,0125t)$ . Fonte Linacre (1977)

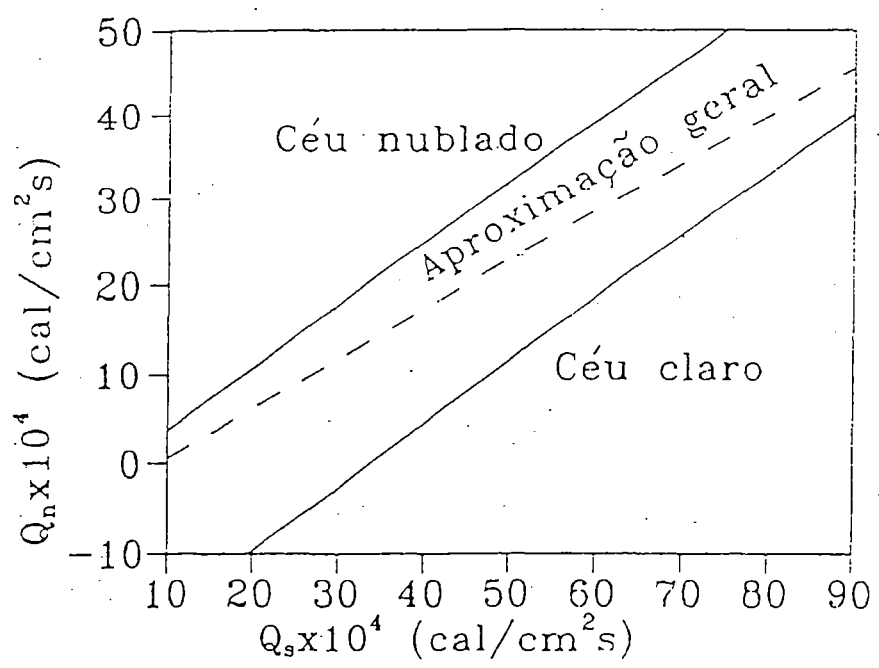


Figura 2.2 - Relações entre a radiação líquida e a radiação solar para condições de céu nublado e sem nuvens e uma relação intermediária. Fonte: Linacre (1977).

Existe uma relação empírica entre  $Q_s$  e a temperatura ambiente ( $t$ ) para localidades de latitude ( $A$ ), cuja equação pode ser escrita da seguinte forma:

$$Q_s = \frac{T_m}{60(100 - A)} \quad (2.38)$$

onde:

$T_m$  - é o equivalente ao nível do mar da temperatura do ar ( $t$ ).

Para o caso de superfícies cobertas com vegetação verde e de porte baixo, cujo albedo é 0,25, Linacre combinou esses diversos valores e equações e derivou a seguinte equação para estimar a evapotranspiração potencial:

$$ETP = \frac{\left[ \frac{500 \times T_m}{100 - A} \right] + 15 \times [t - T_0]}{[80 - t]} \quad (2.39)$$

onde:

$ETP$  - evapotranspiração potencial (mm/dia);

$T_m$  - temperatura média do ar reduzida ao nível do mar ( $^{\circ}\text{C}$ ); dada por:

$$T_m = t + 0,006h; \quad (2.40)$$

$t$  - temperatura média do ar ( $^{\circ}\text{C}$ );

$h$  - altitude (m);

$A$  - latitude do local em módulo (graus);

$e_a$  - pressão parcial do vapor d'água (mmHg), valor obtido conforme a expressão demonstrada no método de Penman, ou seja:

$$e_a = e_s \cdot \frac{UR}{100} \rightarrow e_s = f(t), \quad (2.41)$$

$e_s$  - pressão parcial de saturação do vapor d'água à temperatura média do ar (mmHg), determinada pela seguinte expressão:

$$e_s = 4,58 \times 10^{\left(\frac{7,5 \times t}{237,5 + t}\right)} \quad (2.42)$$

$T_0$  - temperatura do ponto de orvalho (°C), calculada como:

$$T_0 = \{\log(e_a/4,58) \times 237,5\} / \{7,5 - \log(e_a/4,58)\} \quad (2.43)$$

Como já foi mencionado anteriormente, existem muitos métodos de medidas ou de estimativas da evaporação e evapotranspiração, porém nenhum dos métodos é aplicável sob todas as condições, visto que foram desenvolvidos em condições climáticas específicas segundo a disponibilidade de dados e a realidade física do local. Para HARGREAVES (1977), na escolha de um método deve-se considerar a simplicidade, facilidade de uso, precisão e disponibilidade de dados climáticos. Já HEERMANN (1988) afirmou que não é tarefa fácil selecionar o melhor método para estimar a evapotranspiração potencial (ETP).

Segundo VILLA NOVA et al (1980), os principais métodos climatológicos de estimativa da ETP recomendados pela FAO são:

- a) Método do Tanque Classe A;
- b) Método da Radiação Solar;
- c) Método Combinado (PENMAN).

Apesar de não ser recomendado pela FAO o método de Linacre tem mostrado resultados satisfatórios em vários tipos de clima. O que está de acordo com BERLATO & MOLION (1981) quando afirmaram que este método, resultante de uma extrema simplificação do método de Penman, tem, segundo dados apresentados pelo autor, mostrado boas estimativas da ETP, quando comparadas com medidas lisimétricas, pelo menos para períodos mais longos que um dia. Na comparação, os erros médios apresentados pela fórmula foram praticamente iguais à fórmula original de Penman.

São muitos os pesquisadores que confirmaram estimativas razoáveis da evapotranspiração potencial, fazendo uso do método de Linacre, quais sejam: Em Cuiabá - MT, uma das cinco localidades onde CAMPELO & CASEIRO (1989) avaliaram a eficiência de doze métodos empíricos para estimar a ETP, os métodos de Linacre, Thornthwaite e C5 (método elaborado pela UFMT) não mostraram diferenças significativas quando comparados com o método do Tanque Classe A que foi tomado como padrão.

Estudando a evapotranspiração de referência em Teresina, Pi, LIMA et al (1991) tomaram como padrão os valores medidos de ETP para grama batatais em evapotranspirômetro de lençol freático de nível constante,

compararam os métodos do Tanque Classe A, Penman, Linacre, Jensen e Makkink e encontraram melhor precisão de estimativa para o método de Linacre, visto que o mesmo apresentou o menor desvio quando comparado com a evapotranspiração medida.

Fazendo um estudo comparativo de diferentes métodos de estimativa da ETP para a sub-região do Pantanal da Nhecolândia - MS, SORIANO (1991) chegou à conclusão através de uma análise de regressão que o método de Linacre apresentou estreita correlação e concordância com os valores observados pelo método do Tanque Classe A, subestimando-os em apenas 8%.

O método de Linacre apresenta-se como um método empírico aplicável em uma larga faixa de clima, por ser simples, de fácil uso, precisão nos valores estimados e só precisa de dados de temperatura, altitude e latitude do lugar, sendo portanto o método escolhido neste trabalho.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. LOCALIZAÇÃO E DESCRIÇÃO GERAL DA ÁREA DE ESTUDO

O estado de Goiás, com uma área de 340.165,9 km<sup>2</sup>, representando 4% da área territorial do País, está localizado na região Centro-Oeste do Brasil e se estende entre os paralelos 13°00' e 19°00' S e os meridianos 46°00' e 53°00' O (Figura 3.1)

O clima em grande parte do Estado pode ser classificado como quente e subúmido com quatro a cinco meses secos, segundo NIMER (1972). Com características monçônicas, 80% das chuvas caem de novembro a março, enquanto que de maio a setembro, a umidade relativa do ar permanece abaixo de 70%. A sudoeste e a noroeste do Estado, verificam-se algumas peculiaridades: a noroeste ocorre estreita faixa onde o clima pode ser classificado como quente e úmido, a sudoeste como subquente úmido.

O Estado apresenta, em geral, modestas amplitudes altimétricas. Das proximidades da planície do Bananal ao grande dispersor de águas das bacias Platina e Amazônica, as altitudes variam genericamente de 200 a 1200m (NASCIMENTO, 1992).

Quanto à cobertura vegetal, o estado de Goiás encontra-se destituído da vegetação original em grande parte de seu território. A monocultura e a pecuária ocupam o lugar da Savana (cerrado) em grandes extensões. A vegetação de Floresta Estacional Semidecidual aparece

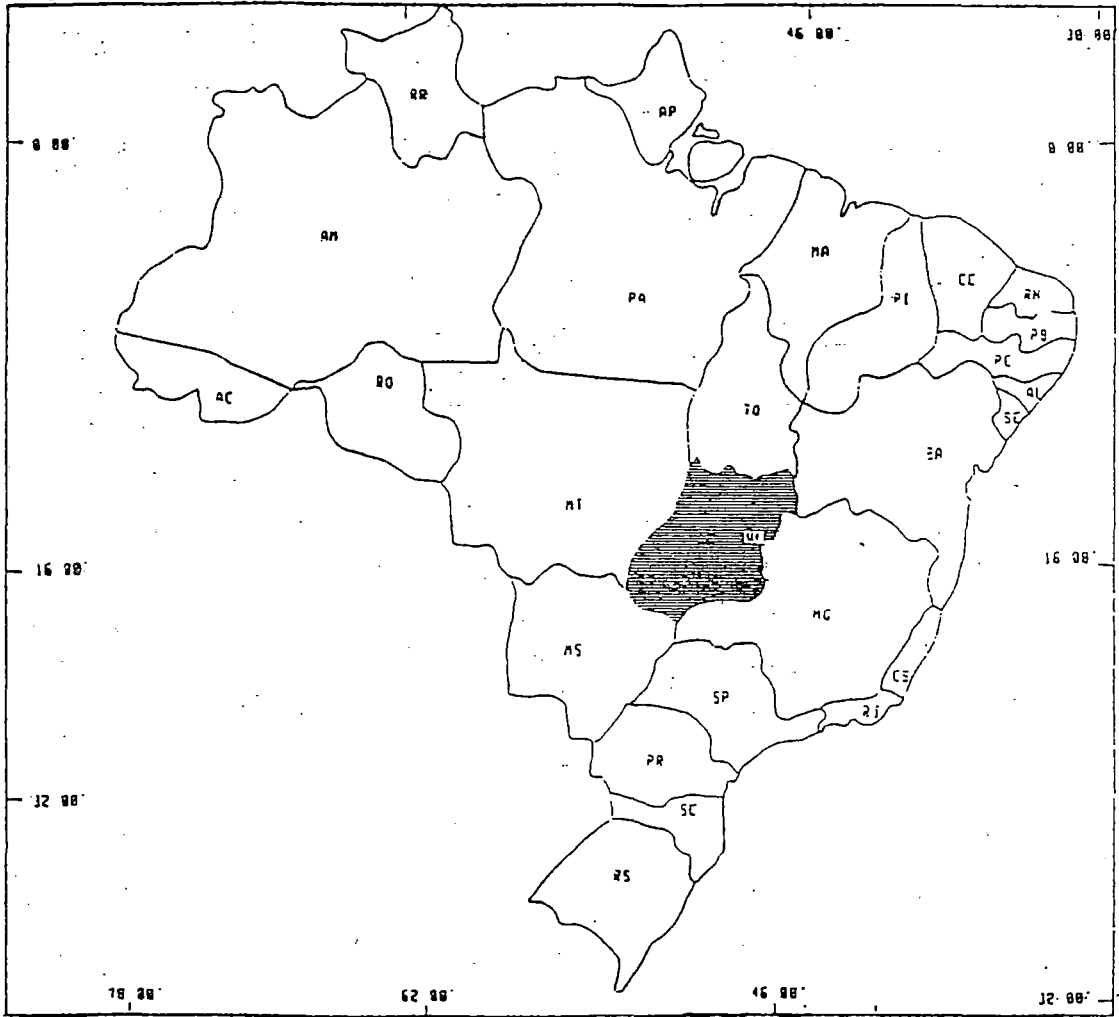


Figura 3.1. Localização do estado de Goiás.



localmente, em pequenas áreas descontínuas ao longo do vale do rio Araguaia. Áreas de tensão ecológica (contato Savana-Floresta Estacional) são comuns no estado de Goiás.

## **3.2. PRECIPITAÇÃO**

### **3.2.1. DADOS**

Os dados pluviométricos foram cedidos pelo Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica - DNAEE.

A Tabela 3.1 apresenta a relação das estações pluviométricas com suas coordenadas geográficas e seus respectivos períodos de registro ou existência de dados, e a Figura 3.2 mostra a distribuição espacial dos postos pluviométricos selecionados dentro da área de estudo.

Foram utilizados dados diários de chuva da estação que apresentava no mínimo dez anos de série histórica. Esses dados sofreram um tratamento prévio de depuração, para se observar valores diários acima de 200mm, que foi considerado um dado anormal e conseqüentemente descartado da série.

### **3.2.2. PRECIPITAÇÃO DEPENDENTE OU PROVÁVEL**

Para SAMANI & HARGREAVES (1985), a precipitação dependente ou provável é a precipitação esperada associada a um

**Tabela 3.1.** Estações pluviométricas e suas respectivas coordenadas geográficas no estado de Goiás.

No.	CÓD.	NOME DA ESTACÃO	MUNICÍPIO	UF	LATI. (s)	LONG. (w)	ALT (m)	SÉRIE (anos)
1	1346000	São Domingos	São Domingos	Go	S132400	O461900	677	1969-1993
2	1346001	Nova Roma (Guat.)	Nova Roma	Go	S135030	O464900	610	1969-1993
3	1346002	Fazenda Ingazeiro	São Domingos	Go	S134324	O463248	677	1969-1993
4	1346003	Monte Alegre de Go	M. Alegre de Go	Go	S130524	O465312	557	1969-1987
5	1346004	Campos Belos	Campos Belos	Go	S130148	O464630	643	1974-1992
6	1346005	Sao Vicente	Campos Belos	Go	S133230	O462906	643	1974-1992
7	1347000	Cavalcante	Calvacante	Go	S134748	O472730	823	1969-1993
8	1347001	Ponte Paranã	M. Alegre de Go	Go	S132530	O470812	557	1969-1993
9	1348001	Sama	Minaçu	Go	S133142	O481436	351	1968-1993
10	1348002	São Félix	Minaçu	Go	S133142	O480930	351	1970-1992
11	1348003	Trombas	Trombas	Go	S133012	O484400	355	1974-1993
12	1349000	Estrela do Norte	Estrela do Nor.	Go	S135200	O490400	453	1972-1993
13	1349001	Novo Planalto	Novo Planalto	Go	S131430	O493000	304	1974-1993
14	1349002	Porangatu (Desc.)	Porangatu	Go	S132700	O490800	396	1974-1993
15	1349003	Entronc. São Miguel	Porangatu	Go	S130700	O491400	396	1975-1993
16	1350000	Bandeirantes	Crixás	Go	S134100	O504800	389	1974-1993
17	1350001	Rio Pintado	S.Mig.do Aragu.	Go	S133400	O502430	337	1974-1993
18	1350002	S.Miguel do Araguaia	S.Mig.do Aragu.	Go	S131630	O501000	337	1974-1993
19	1446000	Damianópolis	Damianópolis	Go	S143342	O461030	746	1969-1992
20	1446001	Alvorada do Norte	Alv. do Norte	Go	S142900	O462930	490	1969-1992
21	1446002	Posse 83332	Posse	Go	S140530	O462200	811	1977-1989
22	1446004	Sítio D'Abadia	Sítio D'Abadia	Go	S144900	O461500	748	1984-1993
23	1447001	Flores de Goiás	Flores de Goiás	Go	S142700	O470242	440	1969-1993
24	1447004	Ponte Rio Preto	Cavalcante	Go	S140900	O474600	823	1984-1993
25	1448000	Colinas do Sul	Colinas do Sul	Go	S140900	O480436	535	1969-1993
26	1448001	Niquelândia	Niquelândia	Go	S142824	O482712	583	1970-1993
27	1448002	Ponte Quebra Linha	Niquelândia	Go	S145824	O484018	583	1969-1993
28	1448003	Porto Rio Bagagem	Niquelândia	Go	S142030	O481100	583	1970-1993
29	1448004	Muquém	Niquelândia	Go	S144200	O481000	583	1984-1993
30	1448005	Palmeirinha	Niquelândia	Go	S140130	O483600	583	1984-1993
31	1449000	Pilar de Goiás	Pilar de Goiás	Go	S144548	O493430	753	1974-1993
32	1449001	Porto Uruaçu	Uruaçu	Go	S143054	O490148	520	1969-1993
33	1449002	S. Terezinha de Go	S. T. de Goiás	Go	S142600	O494230	353	1974-1993
34	1449003	Crixás	Crixás	Go	S143300	O495900	389	1983-1993
35	1450001	Mozarlândia	Mozarlândia	Go	S144524	O503400	309	1974-1993
36	1450002	Governador Leonino	Crixás	Go	S140500	O502100	389	1977-1993
37	1451000	Aruanã 83321	Aruanã	Go	S144900	O511000	250	1970-1993
38	1546005	Cabeceiras	Cabeceiras	Go	S154700	O465900	926	1974-1990
39	1547000	Formosa	Formosa	Go	S153200	O472000	916	1969-1984
40	1547001	Fazenda Santa Sé	Formosa	Go	S152400	O472700	916	1969-1993

Tabela 3.1. (continuação)

No.	CÓD.	NOME DA ESTACÃO	MUNICÍPIO	UF	LATI. (s)	LONG. (w)	ALT (m)	SÉRIE (anos)
41	1547002	Planaltina	Planaltina	DF	S152712	O473648	944	1974-1991
42	1547003	Formosa 83379	Formosa	Go	S153200	O472000	916	1969-1984
43	1548001	Mimoso	Mimoso de Go	Go	S150318	O480930	675	1973-1993
44	1548003	Pirenópolis	Pirenópolis	Go	S155100	O485700	770	1969-1993
45	1548004	Pirenópolis 83376	Pirenópolis	Go	S155100	O485800	770	1949-1984
46	1549001	Goianésia	Goianésia	Go	S151900	O490700	650	1969-1993
47	1549002	Itapuranga (Xixa)	Itapuranga	Go	S153342	O495654	651	1970-1992
48	1549003	Jaraguá	Jaraguá	Go	S154530	O491930	666	1965-1992
49	1549004	Nova América	Nova América	Go	S150112	O495330	796	1974-1993
50	1549009	Uruanã	Uruanã	Go	S153000	O494100	586	1965-1992
51	1550000	Itapirapuã	Itapirapuã	Go	S154900	O503600	348	1974-1992
52	1550001	Jeroaquara	Goiás	Go	S152230	O503000	496	1973-1993
53	1550002	Fazenda Tavessão	Matrincha	Go	S153200	O504200	315	1974-1992
54	1550003	Goiás 83374	Goiás	Go	S155600	O500800	496	1949-1989
55	1551000	Britânia	Britânia	Go	S151400	O511000	263	1974-1993
56	1551001	Montes Claros de Go	M. C. de Goiás	Go	S155800	O512000	472	1972-1992
57	1551002	Peres	M. C. de Goiás	Go	S155800	O515200	472	1972-1993
58	1551003	Sante Fé	Jussara	Go	S154100	O511600	317	1974-1992
59	1552003	Aragarças 83368	Aragarças	Go	S155400	O521400	310	1979-1988
60	1647000	Luziânia	Luziânia	Go	S161500	O475700	930	1949-1960
61	1647001	Ponte S. Bartolomeu	Cristalina	Go	S163100	O474900	1189	1968-1992
62	1647002	Cristalina	Cristalina	Go	S164500	O473700	1189	1973-1993
63	1647003	Mingone	Luziânia	Go	S160900	O475600	930	1974-1992
64	1648000	Estrada GO-56	Luziânia	Go	S162100	O480500	930	1974-1989
65	1648001	Ponte Anápolis-BsB	Alexânia	Go	S160500	O483030	1096	1969-1991
66	1648002	Vianópolis	Vianópolis	Go	S164500	O483000	1002	1974-1992
67	1648003	Bela Vista de Goiás	B. Vista de Go	Go	S165800	O485700	803	1950-1965
68	1649000	Anicuns	Anicuns	Go	S162800	O495624	692	1972-1979
69	1649001	Aragoiânia	Aragoiânia	Go	S165600	O492600	859	1974-1993
70	1649002	CCTA-Sec da Agric.	Goiânia	Go	S164300	O490700	749	1969-1972
71	1649003	Faz Bonita de Baixo	Hidrolândia	Go	S165600	O490500	814	1972-1988
72	1649004	Goianópolis (Acude)	Goianópolis	Go	S163100	O490100	982	1974-1989
73	1649005	Goiânia-Agronomia	Goiânia	Go	S164000	O491600	749	1974-1992
74	1649006	Inhumas	Inhumas	Go	S161800	O493000	770	1948-1992
75	1649007	Itaberaí (Saneago)	Itaberaí	Go	S160100	O494800	701	1974-1992
76	1649009	Ouro Verde de Goiás	Ouro V. de Go	Go	S161300	O491130	1040	1975-1992
77	1649010	Palmeiras de Goiás	Palmeiras de G.	Go	S164900	O495600	596	1948-1992
78	1649012	Trindade	Trindade	Go	S164800	O492900	756	1974-1992
79	1649013	Goiânia 83423	Goiânia	Go	S164100	O491600	749	1949-1989
80	1650000	Cachoeira de Goiás	Cachoeira de G.	Go	S164400	O503900	764	1974-1992
81	1650001	Córrego do Ouro	Córrego do Ouro	Go	S161718	O503300	563	1974-1992

Tabela 3.1. (continuação)

No.	CÓD.	NOME DA ESTACÃO	MUNICÍPIO	UF	LATI. (s)	LONG. (w)	ALT (m)	SÉRIE (anos)
82	1650002	Israelândia	Israelândia	Go	S162200	O505400	378	1974-1993
83	1651000	Caiapônia	Caiapônia	Go	S165700	O515000	692	1969-1992
84	1651001	Iporá	Iporá	Go	S162800	O510700	341	1974-1993
85	1651002	Piranhas	Piranhas	Go	S163100	O515000	389	1974-1992
86	1651003	São Ferreira	Piranhas	Go	S162600	O512500	389	1974-1993
87	1652000	Bom Jardim de Go	B. Jardim de Go	Go	S161600	O520700	386	1974-1993
88	1652003	Doverlândia	Doverlândia	Go	S164200	O522600	509	1984-1993
89	1747000	Ponte São Marcos	Cristalina	Go	S170000	O471200	1189	1972-1992
90	1747001	Campo Alegre de Go	C. A. de Goiás	Go	S174000	O473700	877	1973-1992
91	1748000	Cristianópolis	Cristianópolis	Go	S171300	O484500	802	1975-1992
92	1748001	Estação Veríssimo	Goiandira	Go	S175800	O481100	848	1972-1992
93	1748002	Fazenda Papuã	Morrinhos	Go	S174200	O485100	771	1974-1992
94	1748003	Ipameri (Pecuária)	Ipameri	Go	S174300	O481000	764	1974-1983
95	1748004	Marzagão	Marzagão	Go	S175900	O483900	604	1974-1992
96	1748005	Montes Claros	M. Claros de Go	Go	S171000	O481000	472	1973-1992
97	1748007	Rio do Peixe	Pires do Rio	Go	S173500	O483500	758	1973-1984
98	1748014	Pires do Rio I	Pires do Rio	Go	S172000	O481500	758	1977-1992
99	1749000	Edéia (Alegrete)	Edéia	Go	S171800	O495500	601	1974-1992
100	1749001	Fazenda Boa Vista	Varjão	Go	S170500	O494000	609	1972-1992
101	1749002	Joviânia	Joviânia	Go	S174800	O493000	807	1974-1993
102	1749003	Morrinhos	Morrinhos	Go	S174600	O490800	771	1974-1992
103	1749004	Pontalina(S.R.Pont)	Pontalina	Go	S173000	O492600	610	1974-1992
104	1749005	Piracanjuba	Piracanjuba	Go	S171800	O490100	742	1974-1992
105	1749009	Cromfina	Cromfina	Go	S171700	O492300	694	1979-1990
106	1750000	Barra do Monjolo	Paraúna	Go	S174400	O501200	721	1972-1992
107	1750001	Faz Nova (do Turvo)	Paraúna	Go	S170500	O501500	721	1972-1990
108	1750003	Ponte Rio Verdão	Paraúna	Go	S173000	O502900	721	1975-1989
109	1750004	Ponte Rodagem	Paraúna	Go	S171900	O503600	721	1974-1993
110	1750008	Fazenda Paraíso	Rio Verde	Go	S172600	O504100	715	1975-1991
111	1750013	Paraúna	Paraúna	Go	S170100	O502600	721	1979-1993
112	1751000	Ponte Rio Claro	Jataí	Go	S175500	O514500	696	1972-1991
113	1751001	Ponte Rio Doce	Jataí	Go	S174200	O512300	696	1973-1993
114	1751002	Benjamin de Barros	Jataí	Go	S175200	O514200	696	1974-1993
115	1751004	Montividiu (Chapad)	Montividiu	Go	S171900	O511500	821	1972-1992
116	1752000	Faz Joaquim Carrijó	Minaçu	Go	S173400	O524700	351	1964-1982
117	1752001	Fazenda Nicomedes	Minaçu	Go	S172600	O525100	351	1964-1962
118	1752002	Faz São Bernardo	Minaçu	Go	S174100	O525100	351	1971-1990
119	1752003	Ponte de Cedro	Minaçu	Go	S173400	O523500	351	1972-1993
120	1752004	Mineiros 83467	Mineiros	Go	S173400	O523300	750	1977-1986
121	1752006	Bom Jardim	Mineiros	Go	S174400	O520700	750	1977-1993
122	1847004	Catalão 83526	Catalão	Go	S181100	O475700	835	1949-1986

Tabela 3.1. (continuação)

No.	CÓD.	NOME DA ESTACÃO	MUNICÍPIO	UF	LATI. (s)	LONG. (w)	ALT (m)	SÉRIE (anos)
123	1847006	Três Ranchos	Três Ranchos	Go	S182500	O474800	687	1973-1992
124	1847040	Fazenda S. Domingos	Catalão	Go	S180500	O474000	835	1970-1990
125	1848007	Corumbazul	Corumbaba	Go	S181500	O485000	633	1973-1992
126	1848048	Corumbaba	Corumbaba	Go	S180900	O483400	633	1949-1965
127	1849004	Itumbiara	Itumbiara	Go	S182500	O491200	448	1945-1971
128	1849016	Ponte Meia Ponte	Itumbiara	Go	S182000	O493500	448	1972-1992
129	1850001	Fazenda Aliança	Bom Jesus de Go	Go	S180500	O500100	619	1972-1992
130	1850002	Quirinópolis	Quirinópolis	Go	S183400	O503400	541	1972-1990
131	1850003	Maurilândia	Maurilândia	Go	S180200	O502000	450	1974-1992
132	1851000	Cachoeira Alta	Cachoeira Alta	Go	S184800	O510000	483	1973-1984
133	1851001	Campo Alegre	Aporé	Go	S183500	O514900	538	1973-1992
134	1851002	Itaruma	Itaruma	Go	S184500	O511800	474	1972-1992
135	1851003	Ponte BR-364	Cachoeira Alta	Go	S182500	O510200	483	1973-1993
136	1851004	Pombal	Jataí	Go	S181300	O512400	696	1977-1993
137	1851005	Serranópolis	Serranópolis	Go	S181800	O515800	742	1984-1993
138	1852000	Aporé	Aporé	Go	S185900	O520000	538	1973-1992
139	1852001	Fazenda Formoso	Aporé	Go	S182400	O523400	538	1983-1993
140	1951000	Canastra	Itajá	Go	S190200	O510800	442	1973-1989
141	1951001	Itajá	Itajá	Go	S190700	O513800	442	1973-1992
142	1748010	Orizona	Orizona	Go	S170200	O481800	806	1948-1962
143	1849012	Goiatuba	Goiatuba	Go	S180100	O492200	774	1949-1965
144	0000001	Embrapa - CPAC	Planaltina-DF.	DF	S153530	O474230	1000	1974-1993
145	01251000	São Félix do Araguaia	S. F. do Araguaia	Mt	S113702	O504010	195	1982-1991
146	01552000	Barra do Garças	Barra do Garças	Mt	S155324	O521524	318	1969-1994
147	01652002	Torixoréu	Torixoréu	Mt	S161158	O523320	335	1975-1994
148	01846018	Patos de Minas	Patos de Minas	MG	S183444	O463105	832	1961-1994
149	01947016	Uberaba	Uberaba	MG	S194454	O475555	801	1966-1988
150	01248001	Peixe	Peixe	To	S120130	O483221	240	1974-1994
151	01246001	Taguatinga	Taguatinga	To	S122414	O462610	599	1973-1994
152	02253004	Ivinhema	Ivinhema	MS	S221817	O534855	369	1966-1989
153	01145014	Barreiras	Barreiras	Ba	S120910	O445924	452	1977-1994

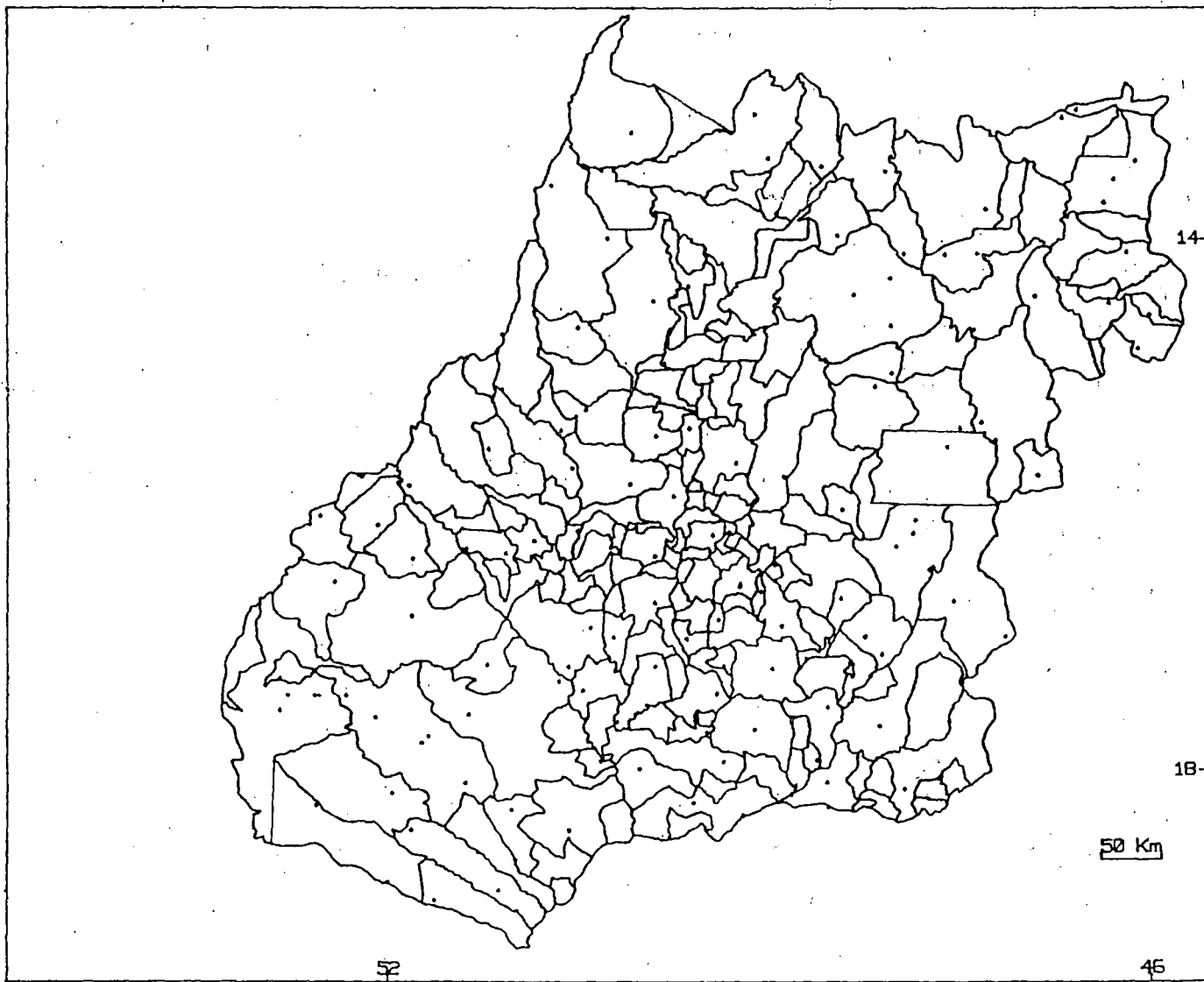


Figura 3.2 Distribuição espacial dos postos pluviométricos no estado de Goiás.

dados nível de probabilidade com base em uma análise de frequência das séries históricas selecionadas, consideradas como um longo período de registro de dados.

A precipitação dependente tem papel fundamental no planejamento das atividades agrícolas, tornando-se, pois, um elemento mais confiável para se trabalhar quando comparada com a precipitação média que varia muito de ano para ano.

As probabilidades de ocorrência de precipitação foram calculadas para períodos de dez dias, ou decêndios, em todas as localidades selecionadas, para isso, o ano foi dividido em 36 períodos de dez dias e 1 de cinco dias (Quadro 3.1).

Os dados diários de precipitação foram transformados em médias decendiais e ajustados à função gama incompleta (Equações 2.9 a 2.10, que já se encontram contempladas em uma das subrotinas do SAS - Statistical Analysis System), proposta pela primeira vez por BARGER & THOM (1949) e que tem gerado resultados satisfatórios quando este tipo de dados é ajustado. Quando a série apresentou valores de precipitação igual a zero para o período considerado, foi usada a função mista recomendada por THOM (1966) (equação 2.15).

Os parâmetros da distribuição gama foram estimados pelo método da máxima verossimilhança (Equações 2.5 a 2.8).

Foi elaborado um programa computacional em linguagem SAS com o objetivo de determinar os totais decendiais de precipitação em cada localidade aos níveis de 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90 e 95% de probabilidade.

**Quadro 3.1.** Divisão do ano em períodos de dez dias (decêndios-DEC).

DEC	INTERVALOS
1	1 a 10 de janeiro
2	11 a 20 de janeiro
3	21 a 30 de janeiro
4	31 de janeiro a 9 de fevereiro
5	10 a 19 de fevereiro
6	20 de fevereiro a 1 de março
7	2 a 11 de março
8	12 a 21 de março
9	22 a 31 de março
10	1 a 10 de abril
11	11 a 20 de abril
12	21 a 30 de abril
13	1 a 10 de maio
14	11 a 20 de maio
15	21 a 30 de maio
16	31 de maio a 9 de junho
17	10 a 19 de junho
18	20 a 29 de junho
19	30 de junho a 9 de julho
20	10 a 19 de julho
21	20 a 29 de julho
22	30 de julho a 8 de agosto
23	9 a 18 de agosto
24	19 a 28 de agosto
25	29 de agosto a 7 de setembro
26	8 a 17 de setembro
27	18 a 27 de setembro
28	28 de setembro a 7 de outubro
29	8 a 17 de outubro
30	18 a 27 de outubro
31	28 de outubro a 6 de novembro
32	7 a 16 de novembro
33	17 a 26 de novembro
34	27 de novembro a 6 de dezembro
35	7 a 16 de dezembro
36	17 a 26 de dezembro
37	27 a 31 de dezembro



### 3.2.3. ESPACIALIZAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO DEPENDENTE

Dentre os níveis de probabilidades gerados neste estudo, foi espacializado apenas o nível de 75%, visto que este nível, segundo SAMANI & HARGREAVES (1985); COSTA, (1991) HARDEE (1971) é adequado para finalidades agrícolas. Este nível representa a quantidade de precipitação igual ou inferior a um valor provável que se espera ocorrer, no mínimo, em três a cada quatro anos.

Para realizar a espacialização da precipitação dependente usou-se o SGI. Os sistemas de informações geográficas constituem uma tecnologia para a investigação de fenômenos diversos relacionados com meio ambiente, bacias hidrográficas, geologia, pedologia, etc. No campo da pesquisa agropecuária esta ferramenta também tem sido utilizada. HASHMI et al (1995) usou um sistema geográfico de informação para estimar a evapotranspiração potencial numa determinada região analisando a sua variação espacial. Num estudo de caracterização de agroecossistemas, BURKART et al (1994) usou técnicas de agregação, disponíveis num sistema geográfico de informação, para combinar e avaliar o comportamento espacial do uso do solo, vegetação e hidrografia.

Os sistemas geográficos de informações podem ser definidos ainda como sendo uma coleção organizada de *hardware*, *software*, dados geográficos e pessoal, projetado para, eficientemente, capturar, armazenar, atualizar e cartografar todas as formas de informações referenciadas geograficamente. O que está de acordo com CÂMARA (1993) que afirmou ser um mapa uma representação gráfica de fenômenos geográficos,

geralmente em uma superfície plana. Num ambiente computacional, a noção de mapa deve ser estendida para incluir diferentes tipos de dados geográficos, como imagens de satélites e modelos numéricos de terrenos (MNTs).

Para FELGUEIRAS (1987), um MNT é uma representação matemática tratável computacionalmente e que representa a distribuição espacial de uma determinada característica vinculada a uma superfície real.

A utilização de MNT é amplamente discutida por FELGUEIRAS (1987) e ASSAD & SANO (1993), sendo considerado hoje, como uma excelente ferramenta disponível em SIGs, que permite a espacialização de informações localizadas.

Para espacializar os valores numéricos, gerados pelo MNT do Sistema de Informações Geográficas do INPE, foi criado através de um editor de arquivos (XEDIT), um arquivo ASCII, contendo as informações X, Y e Z, onde: X é a latitude da estação, Y a longitude da estação e Z o valor da precipitação dependente ao nível de 75% de probabilidade.

Através de um programa denominado Geopoli efetuou-se a conversão de projeção do sistema de coordenadas geográficas (latitude e longitude) das estações do DNAEE para a projeção policônica da base cartográfica 1:2.000.000 do estado de Goiás.

Em seguida foram dados os seguintes passos no SGI/INPE: a leitura do arquivo de pontos; a organização dos pontos e a geração de uma grade regular, por intermédio da seleção de um interpolador, dentre os seis disponíveis no SGI.

Na fase da geração da grade regular selecionou-se uma grade com densidade intermediária com 60 linhas x 60 colunas. O próximo passo foi a escolha do interpolador, bem como o número de pontos vizinhos mais próximos que foram considerados na interpolação e o expoente  $n$  da função distância euclidiana  $d$  do interpolador escolhido. Em virtude da escala do trabalho e a não consideração de parâmetros como relevo, utilizou-se um interpolador mais linear possível. Por isso, foi escolhido o interpolador  $I$  do SGI, que em comparação com os outros cinco, é o que mais se aproxima das condições de linearidade impostas neste estudo. Para FELGUEIRAS (1987), este interpolador utiliza a média dos  $n$  pontos vizinhos mais próximos com peso  $W_i$ , onde:

$$w_i = 1/d^n, \quad i = 1,2,3,4,\dots,n;$$

$d$  - distância euclidiana do  $i$ -ésimo ponto amostrado  $i$  ao ponto interpolado; e,

$n$  - expoente da função distância.

No "software" SGI/INPE, o número de pontos mais próximos ( $d$ ) varia de 1 a 16, enquanto o expoente da função distância ( $n$ ) varia de 1 a 8. Selecionou-se para este trabalho  $d=4$  e  $n=3$  que juntamente com o interpolador  $I$ , são as opções que apresentam o menor erro médio, dentre as combinações possíveis, ASSAD et al (1993).

Depois de gerada, a grade regular foi refinada através da utilização de resoluções horizontal e vertical.

Como existiam estações pluviométricas dos estados que fazem limite com a área de estudo, levadas em conta para melhorar o produto final da interpolação dos dados, isso fez com que se gerasse uma grade bem maior do que a que se desejava. Por isso, foi feito um mascaramento do plano de informação com o limite do estado de Goiás onde descartou-se os dados interpolados que estavam fora da área de estudo.

Com o uso do algoritmo "Fatiamento de dados MNT", os planos de informações (PIs) foram reclassificados em intervalos de 20mm. Em seguida esses mesmos PIs foram transformados em formato vetorial para fins de impressão gráfica e cujo produto final foi um mapa da precipitação dependente para um determinado período do ano.

### 3.3. EVAPOTRANSPIRAÇÃO POTENCIAL

#### 3.3.1. DADOS

Os dados climáticos necessários para o cálculo da evapotranspiração potencial foram adquiridos junto ao Instituto Nacional de Meteorologia - INMET.

Utilizou-se dados diários compensados de temperatura média do ar e umidade relativa das estações relacionadas na Tabela 2.

**Tabela 3.2.** Localização das Estações Meteorológicas, cujos dados serão utilizados nesse estudo.

Código	Nome	U.F.	Latitude	Longitude	Altitude (m)	Tempo (anos)
83368	Aragarças	Go	15° 53' 51"	52° 15' 03"	310	5
83526	Catalão	Go	18° 10' 12"	47° 56' 31"	835	5
83379	Formosa	Go	15° 32' 14"	47° 20' 04"	916	6
83423	GOiânia	Go	16° 40' 43"	49° 15' 14"	749	5
83374	GOiás	Go	15° 56' 04"	50° 08' 25"	496	5
83231	Paraná	Go	12° 36' 55"	47° 52' 59"	274	5
83332	Posse	Go	14° 05' 35"	46° 22' 10"	811	4
83470	Rio Verde	Go	17° 47' 53"	50° 55' 41"	715	6
83228	Peixe	To	12° 01' 30"	48° 32' 21"	240	4
83235	Taguatinga	To	12° 24' 14"	46° 26' 10"	599	6
83377	Brasília	DF	15° 46' 47"	47° 55' 47"	1171	5
00001	CPAC/Embrapa	DF	15° 35' 30"	47° 42' 30"	1000	5
83479	Paracatu	MG	17° 13' 20"	46° 52' 29"	687	6
83531	PaTos de Minas	MG	18° 34' 44"	46° 31' 05"	832	5
83577	Uberaba	MG	19° 44' 54"	47° 55' 55"	801	5
83236	Barreiras	Ba	12° 09' 10"	44° 59' 24"	452	5
83361	Cuiabá	MT	15° 35' 46"	56° 05' 48"	176	5
83405	Cáceres	MT	16° 04' 14"	57° 40' 44"	118	5
83264	Cidade Vera	MT	12° 12' 00"	56° 30' 00"	415	5
83704	Ivinhema	MS	22° 18' 17"	53° 48' 55"	362	6

### **3.3.2. MÉTODO DE ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO POTENCIAL**

Levando-se em consideração que a área de estudo não apresentava dados climáticos necessários para o uso de um método recomendado pela FAO, tais como, o Método do Tanque Classe A, Método da radiação Solar ou o Método Combinado (PENMAN), foi usado o Método de Linacre citado por SORIANO (1991) e SILVA (1992). Este método tem apresentado resultados satisfatórios em uma larga faixa de clima, além de ser simples, de fácil uso e só precisa de dados de temperatura, umidade relativa, latitude e altitude do lugar.

Os dados diários compensados de temperatura média do ar e umidade relativa foram transformados em médias decendiais e substituídos nas equações (2.38 a 2.41), para o cálculo da evapotranspiração nos períodos relativos à divisão representada no Quadro 3.1.

### **3.3.3. ESPACIALIZAÇÃO DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO POTENCIAL**

As etapas para espacialização da evapotranspiração potencial foram as mesmas usadas na espacialização da precipitação dependente, com apenas uma pequena diferença na terceira coluna do arquivo ASCII (X, Y e Z), onde o Z neste caso correspondeu ao valor da evapotranspiração potencial. O X e o Y continuaram sendo latitude e longitude respectivamente.



### 3.4. DISPONIBILIDADE HÍDRICA

Os mapas decenciais que representam as disponibilidades hídricas no estado de Goiás, foram obtidos através do cotejo entre precipitação e evapotranspiração.

Essa etapa também foi efetuada no SGI através do algoritmo "**Manipulação dos dados de MNT**", onde usou-se a opção *Combinação de Grades* para subtrair do plano (grade refinada) que representava a precipitação dependente, o plano (grade refinada) da evapotranspiração potencial. Essas grades apresentaram as mesmas resoluções, isto é, o mesmo número e tamanho de *pixels* para que o sistema pudesse subtrair ponto a ponto o segundo plano de informação (evapotranspiração potencial) do primeiro plano de informação (precipitação dependente).

Para atender a esta exigência do Sistema, bem como melhorar os resultados da interpolação dos dados, as estações meteorológicas, georeferenciadas através de latitude e longitude, consideradas fora da área de estudo para espacialização da precipitação dependente e que delimitaram o primeiro plano de informação, foram as mesmas para a espacialização da evapotranspiração, cujo plano de informação também teve a mesma delimitação. Dessa maneira as grades regulares geradas para a precipitação e evapotranspiração apresentaram os mesmos tamanhos, possibilitando a subtração entre ambas.

As etapas básicas de espacialização das disponibilidades hídricas foram as mesmas usadas na espacialização da precipitação dependente e evapotranspiração potencial.

## 4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Precipitação Dependente

Os dados diários de precipitação de 144 postos pluviométricos localizados no estado de Goiás e, mais 9 postos localizados nos estados limítrofes, foram ajustados à distribuição gama incompleta para o cálculo da precipitação mínima esperada associada aos níveis de 5 a 95% de probabilidade, através de um programa computacional confeccionado em linguagem SAS (Apêndice 1), que além da precipitação dependente, calcula os dois parâmetros da função de distribuição gama incompleta:  $\alpha$ , parâmetro de forma e,  $\beta$ , parâmetro de escala. O programa também contempla o cálculo da não ocorrência de chuva, ou seja, a probabilidade da precipitação mínima esperada ser igual a zero.

Apesar do cálculo da precipitação mínima esperada nos níveis de 5 a 95% de probabilidade, apenas os totais decendiais referentes ao nível de 75% de probabilidade foram utilizados na avaliação da disponibilidade hídrica no estado de Goiás.

Os totais decendiais da precipitação mínima esperada ao nível de 75% de probabilidade, resultantes da análise computacional das séries históricas dos 153 postos pluviométricos, são apresentados na Tabela 4.1.

Este nível representa a quantidade de precipitação igual ou inferior a um valor provável que se espera ocorrer, no mínimo, em três a cada quatro anos.



Tomando como exemplo o primeiro decêndio (D1), para a localidade de São Domingos, Tabela 4.1, vê-se que existe 75% de probabilidade de chover quantidade igual ou inferior a 100,5 mm. Isso mostra que em cada 3 de 4 anos, espera-se no primeiro decêndio (1-10 de janeiro), em São Domingos, uma precipitação igual ou menor do que 100,5 mm, ou também em 1 ano dentro de 4, espera-se neste mesmo período que a precipitação exceda os 100,5 mm.

Os valores apresentados na Tabela 4.1, funcionaram como dados de entrada no balanço hídrico climático usado na estimativa e espacialização da disponibilidade hídrica decencial no estado de Goiás através do uso do Sistema de Informações Geográficas do Inpe - SGI/INPE.

Mostrou-se, através desses dados, os períodos e os locais de ocorrência das chuvas, ao nível de 75% de probabilidade, no estado de Goiás, sendo possível conhecer a duração do período chuvoso que desempenha função importante em diversas áreas, principalmente no setor agropecuário, pois, através dele pode-se conhecer o potencial de produção agrícola do Estado. Estes dados também despontam como subsídios importantes na confecção de um planejamento agrícola racional, visto que, por intermédio deles, pode-se definir as datas de plantio das principais culturas do Estado, diminuindo com isso o risco de insucesso no setor da produção agrícola.

**Tabela 4.1** Precipitação dependente (mm) ao nível de 75% de probabilidade determinada para os 37 decêndios no estado de Goiás.

ESTAÇÃO	DECÊNDIOS																		
	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12	D13	D14	D15	D16	D17	D18	D19
São Domingos	100.5	103.9	99.3	98.1	110.5	77.4	97.5	72.1	73.3	69.2	41.4	35.3	15.6	0	0.9	0	0	0	0
Nova Roma (Guat.)	89.7	89.4	91.1	92.9	83.4	57.7	72.5	60.3	63.3	54.2	32.7	29.6	17.9	3.1	0	2.2	0	0	0
Fazenda Ingazeiro	93.8	93	94.1	73.6	94.3	81.7	100.2	74.5	59.7	53.4	50.6	26.8	9.7	0.4	1.2	0	0	0	0
Monte Alegre de Go	105.3	134.5	153.1	113.8	138.4	78.8	128.9	88.3	113.5	100.5	42.5	33	11.3	0	0.7	0	0	0	0
Campos Belos	120.9	110	124.7	126.7	122.4	78	96.2	81	101.9	85.6	36.4	36.7	25.2	0	3.5	0	0	0	0
Sao Vicente	82.9	104.5	97.5	81.7	121.8	67.3	85.6	76.4	60.5	54.8	22.8	16.3	10.8	0	0	0	0	0	0
Cavalcante	174.2	153.2	142.5	144.5	149.4	90.8	125	105.2	116.4	73.4	48.6	31.4	27.4	1.3	1.4	0	0	0	0
Ponte Parana	88.3	103.5	117.8	93.2	122	63.2	84.6	73.9	66.2	55.6	24.3	23.2	17.3	1	0	0	0	0	0
Sama	93.7	123	146.4	116.7	118.3	79.2	87.1	73.4	88.3	63.2	31.7	17.7	11.7	6.3	0	0	0	0	0
Sao Felix	94.7	125.6	130.8	112.1	113	57.3	108.1	54.8	83	86	35	32.5	18.3	11.2	4.2	0	0	0	0
Trombas	114.4	158.7	136	139.1	130.7	72	126.7	117.1	105.2	88	45	32.5	15.5	0	0	0	0	0	0
Estrela do Norte	133.8	170.2	128.2	141.4	149.8	96.5	107	126.9	74.8	57.8	57.8	24.5	22.3	4.7	4.3	0.3	0	0	0
Novo Planalto	100.1	155.3	137.8	148.4	136.8	88.1	116.1	97.8	88.2	88.3	42.6	31.9	28.7	5.8	10.3	0	0	0	0
Porangatu (Desc.)	118.8	184.7	136.9	149.3	118.9	86.9	122	102.2	89	68	41.2	20.3	23.8	3.6	4.1	0	0	0	0
Entronc. Sao Miguel	106.1	167	152.5	156.5	138.7	109.3	141.7	91.8	89.9	82.8	52.7	41.3	29.3	12.7	6.1	0	0	0	0
Bandeirantes	118.8	146.2	135.8	128.9	173.8	88.2	86.9	99.6	74.2	78.8	50.1	19	33.4	6.9	3.9	0	0	0	0
Rio Pintado	104.8	147.6	108.4	120.2	115.3	77.8	104	80.2	89.3	76.8	42.1	18.1	13.5	4.5	2.3	0	0	0	0
S.Miguel do Aragua.	146.3	157.7	154.5	124	152.9	131.8	199.8	113	111.3	90	43.2	23.7	31.4	10.9	5.9	4.5	0	0	0
Damianopolis	66.4	92.5	73	71.6	108.4	77.1	85	47.3	52.8	72.8	53.2	19.1	17.2	0	7.4	0	0	0	0
Alvorada do Norte	90.7	86.6	102.2	61.6	100.8	77.3	67.5	68.2	55.3	75.4	32.2	17.2	13.2	0	5	0	0	0	0
Posse 83332	129.2	99.3	146.2	88.1	136.7	83.4	119.9	106.3	90	97.1	45.8	25.8	11	0	9.9	5	0	0	0
Alto Paraiso de Go	100.7	109.2	102.9	106.9	125.1	76.1	81.9	77.4	86.2	60.5	47	46.2	32	7.7	4.6	0	0	0	0
Flores de Goias	94.7	94.2	90.2	55.4	92.3	71.8	77.7	61.4	67.1	69.9	33.8	19.2	15.4	1.5	3.7	0	0	0	0
Ponte Rio Preto	92.2	107.5	108.9	107.1	98.1	80.6	84.2	87.2	76.6	56.1	30.7	24.3	3.2	0	0	0	0	0	0
Colinas do Sul	106.1	152.2	120	131.1	126.8	95.4	99.8	83.2	82	65.2	43.6	32.6	27.9	3.5	3.9	0	0	0	0
Niquelandia	122.1	138.6	130.5	127.8	129.5	96.2	105.7	111.6	104.2	94.2	45.9	24	24.7	1	4.6	0	0	0	0
Ponte Quebra Linha	113.6	124.9	110.4	112.1	101.3	84.3	97.3	70.8	83.9	58.1	56.2	24.7	29.8	10.8	10.2	4.4	0	0	0
Porto Rio Bagagem	107.3	139.6	105.7	105.6	115.6	115.6	68	87.5	80	86.2	51.5	38	24.1	16.5	1.4	1.6	0	0	0
Muquem	118	134.1	165.4	162.4	122.9	74.8	53.9	149.5	96.3	42.8	54.5	26	14.3	0	0	0.9	0	0	0
Palmeirinha	86.2	134.4	137.2	85.8	97.9	58.5	88.9	71.1	91.5	25.9	55.1	40	20.9	0	0.8	10.5	0	0	0
Pilar de Goias	177.6	241.7	206.6	201.6	179.6	88.4	123	121.8	106.8	74.2	66.1	35.9	27.1	8.9	9.8	4.3	0	0	0

Tabela 4.1. (Continuação).

ESTAÇÃO	DECÊNDIOS																		
	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12	D13	D14	D15	D16	D17	D18	D19
Porto Uruacu	120.3	126.4	122.5	128.8	108	83.4	82.6	95.5	90.2	66.9	34	19.9	24.4	1.6	5.8	0	0	0	0
S. Terezinha de Go	144.1	186.6	132.2	149.1	114.6	96.8	75.7	89.9	95.3	66	32.2	17.4	28.3	3.2	0	0	0	0	0
Crixas	120.6	142.2	92.6	121.9	114.3	73.9	65.3	85.9	88.3	66.9	33.3	28.2	2.9	0	4	0.3	0	0	0
Mozarlandia	126.1	181	127.5	166.5	121.8	91.6	135.7	96.1	131	62.1	50.2	40.4	23.6	6.6	8.2	3.2	0	0	0
Governador Leonino	133.4	153.8	113	135.6	138.5	74.2	93.4	77.7	90	49.6	41.8	29.5	6.5	6.5	0.8	0	1	0	0
Aruana 83321	121.2	146.1	110.8	127.6	137.2	65	109.8	82.3	114.5	57.7	41	15.2	7.7	0.8	10.4	2.9	0	0	0
Cabeceiras	132.4	125.3	106.1	73.6	112.5	53.8	109.3	96	57.5	74.4	59.7	30.2	11.6	4.6	10.8	0	0	0	0
Formosa	87.8	146	122.1	72.3	88.2	101.1	87.1	91.2	86.7	71.2	58.4	35.8	13.6	9.2	16.7	0	0	0	0
Fazenda Santa Se	139.5	181.5	132.7	90	140.3	106.1	110.8	114.6	74.2	62.2	30.3	27.9	14.2	5.1	10.8	0	0	0	0
Planaltina	104.6	106	85.8	88.9	95	75.3	83.7	79.4	91.7	67.2	53.6	29.7	3.3	10.6	9.7	3.6	0	0	0
Formosa 83379	89.3	68	8	46.9	129.9	26.8	113.3	159.3	68.4	115	71	64.3	0	0	10.5	0	0	0	0
Mimoso	127.5	119.5	95	86.2	109.7	75.7	79.7	84.8	76.2	59.3	58.9	27.3	17.1	9.5	0	0	0	0	0
Pirenopolis	107	141.1	109.6	106.4	133.6	87.5	86.5	82	84.6	90.3	64.3	28.8	15	10.6	11.2	8.2	0	0	0
Pirenopolis 83376	76.5	103	108.6	102.3	108.8	104.8	93	91.3	91.3	74.3	56.2	39.7	20	17.8	5	0	0	0	0
Goianesia	119.8	122.4	107.7	100.7	125.6	84.8	102.6	79.6	74.8	65.7	55.4	28	12.3	9.9	5.8	1.6	0	0	0
Itapuranga (Xixa)	126.9	147.9	140	122.2	129.7	113.3	102.7	89.9	99.3	60.4	70.4	38.9	18.4	5.1	6.8	2.6	0	0	0
Jaragua	117	152.4	101.2	129.4	134.5	110.4	108.3	101.3	88.7	87.9	61.8	40.4	15	9.7	12	0	0	0	0
Nova America	153.7	154.6	147.5	138.9	129.5	95.1	108.4	100.8	97.7	81.1	59.3	37.4	14.3	17	3.6	0.2	0	0	0
Uruana	106.5	130.7	99.7	130	117.7	74.8	98.9	90.4	95.6	74	55.9	21.6	13.4	7.1	6.9	2	0	0	0
Itapirapua	136.6	141.6	157.2	138.3	138	78.3	90.2	100	98.6	52.6	35.1	28.8	11.7	5.5	13.7	6.6	0	0	0
Jeroaquara	179.2	181.7	152.5	177.5	155.6	80.8	101.7	127.6	98.3	68.6	55.1	28.9	10.8	5.9	9	0.9	0	0	0
Fazenda Tavessao	116.2	123.8	103.9	100.6	108.5	74.6	104.5	90.4	65	61.1	54.2	31.1	8.8	1.4	3.1	0	0	0	0
Goiás 83374	134.5	171.5	173	133.6	131.7	105.8	120.6	96.9	84	67.4	47.5	29.3	18.5	10.2	11.1	1.4	0	0	0
Britania	147.7	145.9	115	128.3	145.9	71.4	78.8	91.8	91.7	66.1	46.5	23.5	4.9	0	11.8	7.5	0	0	0
Montes Claros de Go	127.4	153.3	162.1	113.1	128	73.2	107.2	116	107.6	75.9	37.4	18	9.6	5.1	1.8	7.5	0	0	0
Peres	121.4	125.3	113.1	86.3	102.9	72	88.4	97	76.6	58	49.8	20.7	10.8	9.8	12.5	10	0	0	0
Sante Fe	137.1	160.5	123.7	117.8	128.9	99.6	98.4	107.4	116.2	62.2	24.2	35.8	14.8	7.5	16	11.7	0	0	0
Aragarcas 83368	150.1	127.9	121.5	87.3	154.8	66.8	129.9	74.8	92.1	53.9	20.3	22.7	7.4	0	26.2	12.9	0	0	0
Luziania	90	74.5	100.7	73	86.7	100.5	59.8	84.3	91	49	38.4	23.9	8.7	22	2.6	0	0.4	0	0
Ponte S. Bartolomeu	112.1	107.7	76.3	105.3	100.3	71	88	68.7	64.7	75.9	36.3	15.8	8.4	6.8	11.5	6	0	0	0
Cristalina	110.2	122.8	94.5	95.5	118.1	70.1	102.8	80.6	87.8	73.3	48.3	22.9	21.4	7.3	19.6	8.3	0	0	0
Mingone	122.1	106.9	113.5	96.3	113.9	109.2	106	111.8	97.7	89.3	66.8	35.9	34.1	10.1	14.5	6.4	0	0	0

Tabela 4.1. (Continuação).

ESTAÇÃO	DECÊNDIOS																		
	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12	D13	D14	D15	D16	D17	D18	D19
Estrada GO-56	159.5	126.5	116	113.4	136.5	84.8	128.9	117.1	61.7	92.9	60.1	49.6	16.8	6.7	6.1	6	0	0	0
Ponte Anapolis-BsB	87	121.9	94.1	92.7	105.5	80.2	101.6	87.9	79.9	85.6	62.4	31.3	16.4	13	9.3	11.2	0	0	0
Vianópolis	151.1	144.8	128.6	116	125.4	121.3	130.8	79.3	109.6	87.5	75.7	31	12.3	19.3	3.6	12.9	0	0	0
Bela Vista de Goiás	119.9	125.9	112.8	115.2	123.2	117.5	83.7	117.9	68.4	66.8	46.3	42.5	21.6	1.6	0.7	0	0	0	0
Anicuns	87	106.8	98.7	112	87.9	84.1	100	73.4	63.1	62.8	49.2	28.4	15.8	7.9	10.7	6.7	0	0	0
Aragoiania	111.6	118.6	128.3	114.3	103.2	77.3	89.6	92.3	105.9	63.4	57.4	57.4	31.2	27.6	9.7	9.5	6.3	0	0
CCTA-Sec da Agric.	116.3	102.7	95.1	104	136.8	88.9	94.6	81.7	99.9	84.6	53	28.7	32.5	20.6	12.4	2.8	0	0	0
Faz Bonita de Baixo	107.1	89.1	105.1	107	91.1	79.2	87.3	66.3	84.3	79.6	41.6	22.2	16.2	13.6	19.8	0.9	0	0	0
Goianópolis (Acude)	133.7	103.2	109.9	95.5	90.7	91.6	107.7	77.7	109.8	59.6	59.1	32.2	20	16.1	2.5	3.5	0	0	0
Goiania-Agronomia	89.5	108.5	104	98.2	97.3	88.3	101	80.9	93.3	98.5	57.5	32	20.7	11	9.5	5.5	0	0	0
Inhumas	99.1	112.5	98.2	120.2	92.4	99.3	106.3	82.8	79.2	70.9	65.1	25.2	24.4	13.1	13.3	0.6	0	0	0
Itaberaí (Saneago)	141.6	152.8	162.1	135.1	147.5	104.9	84.6	103.4	121.2	55.1	45.2	36.5	36.5	26.2	11.2	0	10	0	0
Ouro Verde de Goiás	115.4	135	124.6	109.1	112.2	79	103.5	102.6	118	75.5	51.9	38.9	24.7	20.9	17.7	8.7	0	0	0
Palmeiras de Goiás	97	98.2	94.3	98.8	101.4	64.6	103	84.7	101.3	51	38.7	28.6	13.4	12.5	0	4.8	0	0	0
Trindade	114.1	128.4	114.2	119.5	122.9	87.1	102.6	85.2	110.2	73.1	54.4	35.9	29.7	8.3	6.2	9.9	0	0	0
Goiania 83423	98.3	130.7	103.1	104	98	98.6	99.9	91.2	73.9	80.9	50.7	29.5	17.9	13.5	13.5	2.2	0	0	0
Cachoeira de Goiás	98.2	122.8	119.5	99.3	102.6	69.9	84.6	115.3	100.5	64.4	45.5	21.1	27.5	20.5	13.9	9.5	0	0	0
Corrego do Ouro	139.5	169.6	157.8	148.1	121.6	86	129.8	113	109.4	81	53.6	35.9	18	12.9	8.3	0	0	0	0
Israelândia	124.2	163.8	170.6	133	119.8	63.7	98.7	85.9	82.4	30.4	21.6	11.4	11.9	16.5	8.9	0	0.8	0	0
Caiaponia	138.7	109.7	117.8	115.3	127.2	95.3	97.3	112	96.8	53.2	72.3	31.7	14.4	14.6	20.9	14.9	1.8	0	0
Ipora	147.3	142.7	132.9	119.9	122.6	72.5	92.3	105.9	95.9	69.1	41.9	21.9	8.2	20.7	6.5	10.7	0	0	0
Piranhas	181.8	173.4	148.9	132.4	140.9	105.6	136.6	96.6	74.7	64.8	43.4	18.7	13.5	11	10.7	15.2	0	0	0
Sao Ferreira	139.2	143	129	121.9	162.3	58	112.2	133	73.2	79.3	37.1	12.5	16.7	18.2	9.5	11.5	0	0	0
Bom Jardim de Go	146.2	166.4	116.7	108.4	121.7	95	128.4	105.9	99.3	55.7	29.4	21.6	17	12.7	20	12.2	0	0	0
Doverlândia	146.9	133.8	131.2	95.7	94	72.1	98.6	126.8	84.4	39.6	47.8	15.6	15.6	0	0	0	4.6	0	0
Ponte Sao Marcos	113.5	123.3	93.5	116.8	98.9	58.2	85	77.6	77	59.4	60.8	19.8	10.8	4.8	19.1	4.2	0	0	0
Campo Alegre de Go	134.4	142.4	101.7	100.3	109	59.4	101.5	84.2	70.1	76.6	43.1	24	11.9	13.7	16.1	10.6	0	0	0
Cristianópolis	130	111.6	76.2	100.2	84.5	64.6	74.2	63.4	72.3	62.8	38.6	20.6	12.2	9.7	12.1	0	0	0	0
Estacao Verissimo	120.7	117.9	116.9	104.4	92.2	62.5	97.6	80.7	71	55.1	40.2	18.5	14.1	14.4	5.5	11.8	0	0	0
Fazenda Papua	92.2	138.9	110.9	88.4	75.7	73.1	102.6	75.1	64.1	51.1	44.3	16	10.7	7.7	12.6	5.9	0	0	0
Ipameri (Pecuaria)	131.9	130.5	105.6	89.5	87.8	47.5	88.9	61	76.1	66.2	47.1	23.5	9.9	9.7	20.5	16.8	0	0	0
Marzagao	114.5	116.3	95.3	96	105.3	71.4	97.6	87.6	66.7	56.4	41.1	28.4	12.1	11.6	11.1	13.6	0	0	0

Tabela 4.1. (Continuação).

ESTAÇÃO	DECÊNDIOS																		
	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12	D13	D14	D15	D16	D17	D18	D19
Montes Claros	118.2	115.1	104.4	89.9	123.4	72.7	105.3	92	81.5	66.8	50.2	26.7	10.9	10.4	7.9	7.7	0	0	0
Rio do Peixe	116.5	129.8	94	101	87.9	55.8	86.3	83.4	71.5	70.6	42.2	16.1	6.7	17.9	17.4	18.8	0	0	0
Pires do Rio I	120	150.1	111.4	92.1	121.7	58.6	92.3	81.3	64	70.7	44.4	31.8	8.7	22.2	20.4	11.1	0	0	0
Edeia (Alegrete)	125	77.6	115	96.7	101.8	80.6	82.2	69.7	79.3	69.8	44.3	33.7	21.7	8.3	22.1	13.8	0	0	0
Fazenda Boa Vista	112.4	113.8	126.5	103.3	102.8	78	88.6	79	98.5	62.4	54.1	20.6	16.2	5.8	11.9	6.4	0.4	0	0
Joviania	135.4	155.2	130.5	121.3	119.7	87.2	94	104	74	61	53.4	29	21	9.5	13.5	8.9	0	0	0
Morrinhos	116.3	132.9	111.3	105.9	105.8	72.8	77	102	84.5	60.6	48.7	30.6	32.7	9	8.6	10.5	0	0	0
Pontalina(S.R.Pont)	107.5	112.4	131.1	83.8	92.9	78.2	95.7	85	71	84	50.6	23.1	20.2	6.7	15.8	12.9	0	0	0
Piracanjuba	216.3	232.6	219.9	161.2	179.3	115.5	195.5	111.4	96.8	102.2	90.1	39.1	41.5	18.3	10.2	2	0	0	0
Crominia	109.4	136.8	144.5	100.7	111.1	62	114	98.3	70.7	59.2	42.4	21.5	5.2	3.4	18.2	6	0	0	0
Barra do Monjolo	130.1	110.9	96.8	115.2	108.9	81	109.1	100.2	77.3	69.9	47.9	20.4	12.4	12	11	14.4	0	0	0
Faz Nova (do Turvo)	99.7	90.4	118.9	107.7	112.6	79.3	69.6	87.3	76.2	50.4	64.4	16.2	11.4	10.1	12.8	13.3	1.2	0	0
Ponte Rio Verdao	94.2	61.2	132.8	83.9	101.5	79.7	82.4	91.7	79.7	51.2	52.7	17.6	20.2	13.8	25.3	15.6	1.5	0	0
Ponte Rodagem	111.7	88.6	138.2	117.6	116.8	85	78	86	91.1	79.6	56.3	27.1	11.2	12.8	14.5	12.1	0	0	0
Fazenda Paraíso	119.7	69.6	128.3	104.4	89.4	64.4	102.2	76	84.3	67.2	66.4	27.4	17.5	24.8	13.2	19.7	0	0	0
Parauna	100.4	82.8	107	103.9	95.6	62.3	88.6	101.2	85.3	69.5	47.7	17.2	19.4	12.1	7.2	9.9	5.1	0	0
Ponte Rio Claro	136.8	107.2	129.5	123.3	117.8	96.6	129.6	103.7	76.9	67.6	64.3	34.8	30.2	20.6	25.6	16.5	2.9	0	0
Ponte Rio Doce	140.5	95.2	123.1	102.3	84.4	76.5	122.6	109.1	72.7	76.8	65.4	44.2	28	13.8	17.4	14.9	2.5	0	0
Benjamin de Barros	112.3	97	128	107.1	100.7	81.3	120.7	116.9	111.1	76.3	71.8	33.7	55.6	18.8	19.6	26.2	6.5	0	0
Montividiu (Chapad)	126.3	81.2	110.6	99.7	103.6	64.9	115.7	102.5	73.6	86.5	56.7	30.8	15.8	17.8	17.4	16.8	0	0	0
Faz Joaquim Carrijo	131.3	90.6	114.9	108.3	122.8	86.3	118.9	98.4	94.5	56.6	46.3	34.6	33.8	14.3	26.2	14.9	4.6	0	0
Fazenda Nicomedes	116.9	118.5	99.9	111.2	119.9	103.8	99.6	84.3	95.4	64.8	39.5	27.7	24.8	24.8	20.8	22.1	5.5	0	0
Faz Sao Bernardo	117.8	88.5	107.7	113.3	115.1	104.8	123.9	82.6	87.1	70.7	57.3	42.6	33.9	37.4	27.1	4.4	4.6	0	0
Ponte de Cedro	90.1	105.7	106.8	90.7	91.5	80.9	86.6	72.8	56.5	59.6	52.2	24.6	29.3	19	20.6	9.4	5.9	0	0
Mineiros 83467	114.4	111.4	166.8	96.8	98.8	89.3	108.8	93.3	72.7	58.3	46.5	30.8	19.5	19.5	15.2	27.2	24.4	0	0
Bom Jardim	109.6	98.7	128	115.4	104.5	92.3	89	96	91.8	51.5	71.6	30.1	39.2	23.1	22.2	22	3.5	0	0
Catalao 83526	118.7	157.9	137.7	104	108.1	104.5	123	86.1	58	55.1	34.2	20.2	13.7	11.1	10	6.4	0	0	0
Tres Ranchos	128	136.3	110.3	124.1	119.9	79.4	122.6	89.4	68.3	57.5	47.6	19.8	19.1	11.1	13.2	22.9	0	0	0
Fazenda S. Domingos	126.2	145	108.5	103	86.1	56.2	99.9	78.1	81.2	60.7	34.1	16.5	10.9	14.4	9.7	12.5	0	0	0
Corumbazul	99.1	92.7	92.7	108.1	80.4	69.5	97.5	99.6	74.5	47.6	50.2	3.9	17.4	15.3	11.7	8.2	0	0	0
Corumbaiba	145.1	162.1	127.6	150	118.1	156.4	75.6	84.9	53.6	37.1	36.4	25	13.3	13.3	13.9	1.8	3.1	0	0
Itumbiara	89.1	106.9	97.7	83.2	91.9	114.5	65.5	67	52.9	40.7	11.3	20.8	12.3	5.6	4.5	0	0	0	0
Ponte Meia Ponte	107.7	119	118.3	96.4	89	95.5	108.2	88	85.2	75.5	49.1	23	16.6	9.7	14	11.1	0.5	0	0

Tabela 4.1. (Continuação).

ESTAÇÃO	DECÊNIOS																		
	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12	D13	D14	D15	D16	D17	D18	D19
Fazenda Alianca	105.5	117	112	98.2	90.6	82.8	96.1	95	99.6	78.5	53.4	13.4	22.1	12.3	18.7	15.7	0	0	0
Quirinópolis	132.2	110.4	140.4	79.5	93.9	87.8	100.9	87	67.8	53.1	62.8	19.3	16.1	14	18.6	12.5	2.6	0	0
Maurilandia	133.9	102.1	111.1	87.7	95.9	78.3	92.3	70	74.8	63	51.7	18.4	19.7	18.1	14.1	13.9	0.7	0	0
Cachoeira Alta	111.5	81.7	75.1	58.8	73.3	82.9	91.5	77.4	54	60	42.1	10.6	15.3	9.1	24.1	17.8	3.7	0	0
Campo Alegre	131.1	125.6	117.1	106.9	105	99.5	123	84.8	93.1	64.6	51.7	36.6	23.2	28.2	21.3	21	0	0	0
Itaruma	125.7	117.1	117	112.2	125.8	107.7	102.4	78.7	73.4	55.1	68.7	23.6	23.4	17	23.4	16.7	1.6	0	0
Ponte BR-364	117.9	102.5	136	74.1	73.6	77.6	96.7	78.4	79.1	73.7	88.6	26.4	19.1	23.9	20.9	30.2	3.8	0	0
Pombal	139	110.9	133.6	101.2	88	108.4	118.4	95.3	85.3	84.2	65.7	35.9	18.5	21.2	14.9	21.7	2.5	0	0
Serranópolis	109.8	94.7	119.6	94.2	91.3	113.3	165.8	80.9	108.9	73.2	84.4	47.4	66	13.7	17.1	18.3	0	0	0
Apore	155	114.3	135.4	108	90.2	97.6	123.6	101.9	70.2	76.1	52.4	36.4	38.1	20.7	32.4	30	4.6	0	0
Fazenda Formoso	125.1	122.9	123.5	89.4	113.8	108.4	124.9	111.7	130.4	80.4	53.8	52.8	28.5	25.8	10.9	11.4	0	0	0
Canastra	173.3	154.7	135.8	140.8	107.2	98.3	131	88.1	82.7	79.3	56.8	30.7	30.6	17.5	30.6	24.8	4.4	0	0
Itaja	141.4	124.5	125	117.9	103	78.8	118.1	85.6	62.3	58.8	65.4	26.8	22.1	22.6	25.7	19.8	2.5	0	0
Orizona	114.7	131.7	106.7	79.5	133	151.6	97	86.6	70.8	57.5	47.8	27.1	13.4	3.4	0	3.6	0	0	0
Goiatuba	91.7	120.2	121.6	139.7	114.1	132.7	105.8	98.3	90.4	60.1	37.8	36	29	5.5	15.9	2.9	0	0	0
CPAC	121	149.3	112.5	117	104	85	102	119	92.1	55.1	55.1	35.7	17.7	11.5	10.7	0	0	0	0
S. Felix do Arag.	171.1	107.7	109.6	91.7	127.1	104.2	123	108.4	111.6	97.9	122.6	66.3	32	13.9	12.2	0	0	0	0
Barra do Garcas	134	136.5	129.8	121.5	127.5	107.2	108	84.8	86	60.6	36.1	21.4	8.3	12	15.5	0	0	0	0
Torixoreu	131.9	125.7	126.2	108.2	107.8	87	122.7	93.1	90.5	45.5	37.5	19.2	11.5	7.3	3.3	9.7	0	0	0
Patos de Minas	117.3	158.4	130	104	128.7	69.4	107.9	72.2	64.2	48.8	26.8	24.6	11.3	10.4	11.2	5.1	0.2	0	0
Uberaba	117.8	117.9	122	131.1	94.9	87.6	112.7	76.6	92.7	75.7	59.6	31.7	37.1	18.8	19.8	15.1	4.7	0	0
Peixe	100.3	101.9	133.2	102.6	112.4	64.9	108.8	92.5	69.4	65.3	37.6	27.1	17.3	0	0	0	0	0	0
Taguatinga	139.4	175.8	157.8	162.9	172.4	90.9	122.6	98.2	96.9	98.8	60.2	35.2	39.7	7	0	0	0	0	0
Ivinhema	94.4	93.4	61.5	66.8	80.7	75.4	51	71.2	47.6	32.7	40.9	37.5	20	57.9	51.8	48.9	37.2	0	0
Barreiras	82.2	121.4	69.9	71.7	111	48.1	78.3	50.9	68.5	48.8	18.3	33.7	9	0	0	0	0	0	0

Tabela 4.1. (continuação) - Decêndios 20 a 37.

ESTAÇÃO	DECÊNDIOS																	
	D20	D21	D22	D23	D24	D25	D26	D27	D28	D29	D30	D31	D32	D33	D34	D35	D36	D37
Sao Domingos	0	0	0	0	0	4.6	4.9	23	38.5	60.5	68.4	72.8	89.8	91.7	118.3	85.9	102.3	47
Nova Roma (Guat.)	0	0	0	0	0	7	7.1	20.1	32.1	53.5	69.3	80.1	86.1	75.2	109.3	70.7	115.1	52.7
Fazenda Ingazeiro	0	0	0	0	0	5.2	1.3	21.9	29.6	57.3	67.9	67.6	99.8	85.1	112.3	97.8	134.4	57.9
Monte Alegre de Go	0	0	0	0	0	0	4.5	29	41.3	71.8	82.9	108.1	121.6	84.1	111	116.3	134.3	56.2
Campos Belos	0	0	0	0	3.4	0	2	20.9	54.5	59.2	57.1	70.9	113.1	70.3	129.6	110.7	136.7	69
Sao Vicente	0	0	0	0	0	0	0	27.2	24.3	42.6	60.3	35.6	75.4	71.8	110.2	101	91	32.4
Cavalcante	0	0	0	0	2.2	1.9	6.1	27.7	49.7	82.3	103.1	103.6	116.8	107.1	153.5	140	185.8	85.5
Ponte Parana	0	0	0	0	0.2	1.8	7.3	17.3	32.5	57.5	74.3	72.5	81.8	67.6	115.8	115	133.9	85.3
Sama	0	0	0	0	0	0.1	5.4	25	43.1	56.6	70.5	58.4	110.6	81	104.8	101.9	138.3	55.6
Sao Felix	0	0	0	0	0	0	7	28.6	56.6	54.3	58.5	73.2	91.9	81.3	90.9	70.7	120.3	50.9
Trombas	0	0	0	0	6.7	0	18.4	29.1	52.2	62.1	48.8	81.1	107.7	99.4	130.9	104.3	131.3	74.3
Estrela do Norte	0	0	0	0	5.3	10	18.7	27.6	61.5	57.1	66.7	90.9	116.8	97.4	145	118.8	155.4	71.7
Novo Planalto	0	0	0	0	1.1	2.4	17.3	29.7	61.1	63.3	69.6	72.2	96	114.5	150.2	131	147.4	79.3
Porangatu (Desc.)	0	0	0	0	7.6	6.8	18.1	28.7	39.8	79	55.9	65.7	111.4	83.5	126.9	112.3	154.9	73.7
Entronc. Sao Miguel	0	0	0	0	13.2	0	14.1	19.4	49	97.9	69.3	69.9	94.7	74.1	137.6	119.7	150.5	75.7
Bandeirantes	0	0	0	0	4.9	1.4	23.7	31.7	36.8	57.1	72.8	86.4	98.4	108.9	105.1	128.5	123.8	89.5
Rio Pintado	0	0	0	0	0	1.7	14.7	20.1	29.5	79.1	63.4	70.2	111.3	79.7	122.7	90.1	101.6	80.7
S.Miguel do Aragua.	0	0	0	0	7.1	8.4	23.5	39.7	43.9	57.4	49.5	72.4	115.7	103.5	127.6	136	119.5	101
Damianopolis	0	0	0	0	0	0	10.2	21.3	51.4	79.8	60.4	105.4	84.7	93.3	107.5	93.8	107	68.2
Alvorada do Norte	0	0	0	0	0.2	0	4.4	24.2	36.5	61.1	78.3	91.6	89.7	93.1	117.6	78.2	140.6	46.1
Posse 83332	0	0	0	0	4.5	0	4.2	26.6	38.7	46.7	73.4	78.1	115.5	78.1	143.5	91.5	129.7	77.7
Alto Paraiso de Go	0	0	0	0	2.2	12	12	40.4	64.3	80.1	80	97.2	106.4	88.9	126.3	125.1	153.4	81.8
Flores de Goias	0	0	0	0	0	0	7.3	16.7	32.2	56	60	73.2	87.5	88.6	102.2	82.2	117.2	65.8
Ponte Rio Preto	0	0	0	0	0	0	16.9	33.9	43.4	52.2	37.6	63.4	84.3	70.6	149.4	90.6	150.1	93
Colinas do Sul	0	0	0	0	0	6.2	7.4	30.5	45.9	68.6	67	84.8	111.8	90	149.9	114.1	141.9	69.4
Niquelandia	0	0	0	0	5.7	13.6	11.6	31.6	57.1	64.1	78.3	105.7	118	97.4	130.5	115	166.1	80.3
Ponte Quebra Linha	0	0	0	0	2.6	3.5	15.9	16.5	50.7	62.7	66.1	76.3	122.2	83.5	103.9	98.8	140.2	72.8

**Tabela 4.1. (continuação) - Decêndios 20 a 37.**

ESTAÇÃO	DECÊNDIOS																	
	D20	D21	D22	D23	D24	D25	D26	D27	D28	D29	D30	D31	D32	D33	D34	D35	D36	D37
Porto Rio Bagagem	0	0	0	0	6.3	13.6	18.5	23.8	50	61.3	54.6	67.5	86.4	73	114.8	92.4	126.1	55.4
Muquem	0	0	0	0	11.1	10.6	26.5	29.6	36	33.3	38.8	82	80.9	55	180.5	148.2	238.2	122.1
Palmeirinha	0	0	0	0	9.9	3.1	10.9	30.6	42.7	9.9	36.8	35.3	48.2	33.5	68.1	45.2	79.6	59.4
Pilar de Goiás	0	0	0	0	11.8	18.2	18.9	24	61.6	77.8	59.8	93.7	112.7	94.6	204.6	122.8	167.1	107.2
Porto Uruacu	0	0	0	0	0	4.7	15.7	19	44.9	67.7	55.1	67.2	105.5	83.9	121.4	101.1	143.2	61
S. Terezinha de Go	0	0	0	0	7.8	3.7	26.4	18.9	47.5	72.5	77	69	105.9	75.1	136.3	118.3	132.5	80.5
Crixas	0	0	0	0	4.3	5.8	12.8	27	39.7	60.4	54.4	54.4	91.9	75.4	138.9	73	110.1	106.1
Mozarlandia	0	0	0	0	6.3	3.5	21.6	21.6	57.5	68.9	72.8	73.3	104.4	93.4	123.9	92.2	115	68.2
Governador Leonino	0	0	0	0	8.5	0	7.6	16.7	51.5	52.2	56.5	69.8	98.4	72.7	166.4	105.8	103.5	77.7
Aruana 83321	0	0	0	0	10.1	0	11.3	18.3	56	75.6	76.2	87.2	99.7	91.9	120.9	97.4	154	76.4
Cabeceiras	0	0	0	0	1.6	0	12.2	17.4	41.7	46.2	60.2	92.6	114.7	97	101.3	104	126.2	69.1
Formosa	0	0	0	0	0	0	12	12.2	45.9	74.3	77.5	90.8	117.7	103.1	97.4	85.6	127.4	42.1
Fazenda Santa Se	0	0	0	0	0	0	9.9	25.8	46.4	73.4	102.7	97.6	127.9	100.1	123.5	125.1	169.9	77
Planaltina	0	0	0	0	0	3.5	7.8	31.7	47.7	66.4	64.9	69	90.8	71.1	96.5	82.4	102.3	50.3
Formosa 83379	0	0	0	0	0	0	0	5.9	32.7	86.4	70.9	80.2	100.6	107.6	144.8	135.5	190.6	34.7
Mimoso	0	0	0	0	0	18.4	9.5	33.8	45.9	58.2	58.3	79.4	103.8	70.9	99.4	93	102.9	47.3
Pirenópolis	0	0	0	0	6.2	14.5	22.1	49.6	61.7	66.8	64.6	92.8	101.3	86.9	100.4	99.4	128.7	52.3
Pirenópolis 83376	0	0	0	0	0	5.9	12	35.2	56.7	74.1	81.2	98.9	102.1	104.4	97.3	105	162.6	56.8
Goianesia	0	0	0	0	1.3	11.9	8.5	22.5	53	64.7	55.6	76.1	103.5	79.5	111.6	99.7	130	65
Itapuranga (Xixa)	0	0	0	0	9.3	13.5	19	38.9	51.7	69.4	86.5	92.3	109.3	93	116.8	107.1	135.8	63.7
Jaragua	0	0	0	0	0	15.8	19.7	29.6	73	74.7	71.6	97.2	109.6	71.8	117.2	110	151.8	64.9
Nova America	0	0	0	0	10.6	10	21.9	31.9	67.6	62.5	77.9	92.6	106.6	78.2	146.3	116.6	153.6	71.6
Uruana	0	0	0	0	11.8	7.7	16.1	21.8	68.9	64.8	66.8	97.4	115.8	89.7	115.2	128.4	133.2	50.4
Itapirapua	0	0	0	0	4.8	9.9	13.1	19	52.2	53.7	66.2	85.5	103.5	78.4	125.6	104.2	122.4	63.1
Jeroaquara	0	0	0	0	5.8	8.3	18.1	24.6	46.1	60.4	62.2	87	113.1	72.2	145.4	149.9	145.4	78.9
Fazenda Tavessao	0	0	0	0	1.3	0	17.8	19.8	40.9	44.5	84.7	70.8	91.5	65.2	92	116.2	100.5	64.3
Goiás 83374	0	0	0	0	0	9.5	9.5	18.3	42.6	54	77.7	87.7	109.2	116	106.8	137.8	163.6	67.5



**Tabela 4.1. (continuação) - Decêndios 20 a 37.**

ESTAÇÃO	DECÊNDIOS																	
	D20	D21	D22	D23	D24	D25	D26	D27	D28	D29	D30	D31	D32	D33	D34	D35	D36	D37
Britania	0	0	0	0	9.7	7.6	24.2	21.4	38.9	49.8	73.9	92.5	95.4	64.6	152.5	92.9	118.6	69.7
Montes Claros de Go	0	0	0	0	6.2	7.4	5.5	14.8	44.7	70.4	72.1	75	101.2	70.9	111.4	130.9	122.4	53.8
Peres	0	0	0	4.3	0	12.5	14.8	21.4	47.6	55.7	64.6	64	89.2	57.8	113	132.3	115.3	66.2
Sante Fe	0	0	0	0	0	10.2	26	20.6	49.4	64.7	63.5	90.4	103.6	80.5	112.2	124.3	127.1	79.9
Aragarcas 83368	0	0	0	0	23.7	11.8	37.8	28.2	40.3	58.7	70.8	58.6	107.6	89.1	132.4	115.2	95.8	51.8
Luziania	0	0	0	0	0	0	3.1	15.6	9.2	54.4	66.7	80.7	85.1	73.8	96.1	147.6	109.9	55.4
Ponte S. Bartolomeu	0	0	0	0	1.5	9.6	15.5	26.8	34.5	55.9	61.8	98.1	87.1	84.6	120.1	113.8	93.5	68.1
Cristalina	0	0	0	0	11.5	13.6	13.6	25.1	37.6	46	69.9	74.8	93.3	69.4	119.2	107.9	94.3	64.2
Mingone	0	0	0	6	12.7	8.7	13.1	33.5	44.6	52.7	63.4	104.6	87.5	110.5	104.9	118	139.5	69.7
Estrada GO-56	0	0	0	0	16.4	7.9	14.5	19.5	48.4	33.3	102.2	89.8	98	72.9	126.2	151	127.4	65.1
Ponte Anapolis-BsB	0	0	0	0	7.6	19.5	17.8	27.2	49.4	70.4	70.9	86.1	117.6	79.6	121.5	110.5	138.7	47.6
Vianopolis	0	0	0	0	4	14.5	28.2	28.5	57.9	57.8	99.4	99.1	113.9	102.1	146.7	150.9	152.1	112.2
Bela Vista de Goias	0	0	0	0	0	0	1.8	24.1	58.3	54.3	83.3	75	82.7	112	115.4	120	90.5	86.9
Anicuns	0	0	0	0.1	4.7	6.1	22.7	23.6	57.9	61.6	61.7	89.9	99	78.6	84.3	105.6	108	49.7
Aragoiania	0	0	0	0	17.5	15.8	17.4	27.3	50.8	58.4	62.2	98.8	91.4	87.6	109.6	119.9	130.5	63.6
CCTA-Sec da Agric.	0	0	0	0	7.1	8.8	23.4	23.5	68.8	66.1	75	106.4	126.9	90.4	94.8	122.7	120.9	70
Faz Bonita de Baixo	0	0	0	0	5.2	10.8	17.1	39.7	45.7	68.2	52.6	60.7	69.8	81.1	91.6	102.7	126.1	46.7
Goianapolis (Acude)	0	0	0	0	14.3	11.5	16.6	29.7	57.1	68.5	67.9	82.4	113.1	86.3	100.3	113.7	117.8	76.1
Goiania-Agronomia	0	0	0	0	14.8	26.2	18.2	31.6	66.7	67	68.6	91.4	97	102.7	103.7	111.4	106.1	78.2
Inhumas	0	0	0	0	0.7	10.4	15.6	22.1	45.4	75.7	68.9	89.6	103.1	104	101.3	95.8	96.9	60.6
Itaberai (Saneago)	0	0	0	0	16	13	17.3	42	48.5	84.8	71.7	101.7	98.4	100.8	129.3	129.6	121.3	83.5
Ouro Verde de Goias	0	0	0	0	11.2	16.6	20.4	35	57.2	84.1	61.5	96.2	135.5	96.9	114.8	105.9	116.1	57.3
Palmeiras de Goias	0	0	0	0	12.1	5.8	17.5	30.5	41.3	64.1	43.3	60.1	59.5	87.1	106.6	89.2	95.3	52.3
Trindade	0	0	0	0	9.6	16.9	18.1	28.2	61.9	58	70.7	91.5	86.5	101.6	108.5	120.8	108.4	70
Goiania 83423	0	0	0	0	1.1	6.1	11.5	24.8	50.5	75	74	86.8	99	99.1	92.4	103.5	120.8	69.3
Cachoeira de Goias	0	0	0	0	16.9	12.4	15.6	23.2	39.1	49.2	81.5	74.3	79.8	74.4	112.1	111.8	131	66.6
Corrego do Ouro	0	0	0	0	13.1	16.1	20.1	18.5	46.4	54.1	63.4	80.5	116	93	122.9	143.8	162.4	67.6

**Tabela 4.1.** (continuação) - Decêndios 20 a 37.

ESTAÇÃO	DECÊNDIOS																	
	D20	D21	D22	D23	D24	D25	D26	D27	D28	D29	D30	D31	D32	D33	D34	D35	D36	D37
Israelândia	0	0	0	0	15.5	19	19	27.9	49.1	49.2	73.5	90.4	85.3	77.7	131.9	130.1	127.7	58.2
Caiaponia	0	0	0	0	11.3	18.1	30.3	32.6	55.1	68.3	49.9	92.6	88.4	108.6	113.5	126.2	129.1	79.2
Ipora	0	0	0	0	14.9	12.8	11.3	30.5	50.3	41.4	63.2	81.5	96.7	69.6	116.7	131	129.1	74
Piranhas	0	0	0	0	11.1	16.4	22.4	28.5	33.4	46.4	57.1	68.8	88	95.6	163.3	127.8	148.8	67.5
Sao Ferreira	0	0	0	0	12.2	10.1	17	31	40	50.3	63.3	59.4	102.1	64.1	118.1	141.8	141	64.8
Bom Jardim de Go	0	0	0	0	12.4	27.4	32	27.8	71.1	68.1	62.1	78	88.8	112.7	145.9	126.4	108.2	80.9
Doverlândia	0	0	0	0	33.6	14.9	9.6	41.9	51.7	46.6	48.6	42.6	64.9	106	118	121.6	150	49.2
Ponte Sao Marcos	0	0	0	0	1.3	6.8	16.7	30	39.8	57.7	56.5	97.4	75.3	99.8	99.4	141.4	114.3	58.2
Campo Alegre de Go	0	0	0	0	2.6	7.9	12.2	30.5	46.7	62.2	72.1	101	84	114.7	84.1	146.5	114.4	56
Cristianópolis	0	0	0	0	8.2	14.2	17.8	34.5	35.2	43.7	66.7	64.1	83.9	93.3	96.2	78	93.3	58.3
Estacao Verissimo	0	0	0	0	0	18.4	26.4	32.3	57.7	62.1	60.7	90.3	102.9	97.6	131.4	144.9	124.5	65.3
Fazenda Papua	0	0	0	1.7	0	9.8	22.2	35	45.9	49.1	76	77.4	87.8	101.4	101.8	89.6	150.2	56
Ipameri (Pecuaría)	0	0	0	0	0	3.3	11.9	34.4	42.8	59.8	74.8	77.9	89.8	96.5	94.3	125.6	115.6	48.3
Marzagao	0	0	0	0	14.2	11.7	14.4	27.9	45.6	51.4	79.7	60.7	82.6	82.2	108.7	122.4	128.4	63.9
Montes Claros	0	0	0	0	13.3	13.5	13.2	22.6	48.4	60.8	93.5	83.7	87.9	95.6	109.1	118.4	119.6	71.1
Rio do Peixe	0	0	0	1.9	8.7	14.2	26	30.9	33	49.1	71.4	66.3	84.5	98.3	99.8	118.4	116.8	56.4
Pires do Rio I	0	0	0	0	28	12.9	7.9	42.3	53.5	55.5	71.3	91.2	103	73.2	128.5	153	154.7	64.3
Edeia (Alegrete)	0	0	0	0	11.1	20.7	13.6	25.4	45.2	45.2	63.9	72.3	73.8	90.4	96	112.2	100.5	53.8
Fazenda Boa Vista	0	0	0	0	10.3	23	16.8	26.3	50.4	49.4	63.8	87.1	84.2	99.6	95.5	103.6	128.8	49.3
Joviania	0	0	0	0.4	18.5	12.8	14.5	28.7	51.4	34.2	83	85.1	105.5	101.6	112.7	104.8	131	61.4
Morrinhos	0	0	0	0	14	13.2	20.3	34.3	45.3	45.4	59.8	74.2	86.5	99.9	114.7	122.9	122.9	64
Pontalina(S.R.Pont)	0	0	0	0	12.2	16.8	18.1	20.4	44.3	49.4	67.5	71.2	79.6	82.7	107.4	109.1	139.5	46
Piracanjuba	0	0	0	0	23.7	12.1	28.6	30.3	66.6	84.1	90.4	104.4	126.3	125.7	190.6	182.2	188.5	112.6
Crominia	0	0	0	0.2	13.1	28.3	9.9	20.2	50.6	48.3	42.1	74.8	108.3	83.1	141.3	96.6	108.6	53.5
Barra do Monjolo	0	0	0	0	27.4	14.9	17	22	59	39.3	59.7	71.8	67.6	107.2	85.2	110.3	124.3	60.7
Faz Nova (do Turvo)	0	0	0	0.7	14.1	16.1	17.3	33.4	51.2	57.2	58.4	65.1	71.2	71.9	84.8	85.1	112.9	54.8
Ponte Rio Verdao	0	0	0	1.2	8	13.4	28.7	23.8	44.6	34.1	66.1	89.1	65.2	91	104	124.3	180.7	63.6

**Tabela 4.1.** (continuação) - Decêndios 20 a 37.

ESTAÇÃO	DECÊNDIOS																	
	D20	D21	D22	D23	D24	D25	D26	D27	D28	D29	D30	D31	D32	D33	D34	D35	D36	D37
Ponte Rodagem	0	0	0	5.2	7.5	19.3	19.2	23.3	56.8	37.6	65.2	90	81.2	77.1	101.3	105.3	140.8	55.8
Fazenda Paraíso	0	0	0	0	11.2	16	14.4	29.2	36.1	40.4	47.6	67.5	74.8	58.5	84.9	100.4	109.9	53.7
Parauna	0	0	0	0.8	7.4	12.6	12.5	27.1	55.1	54.4	62.3	75.1	76.4	69.9	75.5	114.7	112.1	45.8
Ponte Rio Claro	0	0	0	7.7	26.5	26.9	31.5	37.5	57.7	53.6	68.2	88.3	92.8	95.9	96.4	125.1	125.4	64.6
Ponte Rio Doce	0	0	0	0.9	34.8	22.5	35.9	31.4	49.2	46.3	55.3	102.7	81.3	98.9	96.7	118.4	119.2	46.9
Benjamin de Barros	0	0	0	5.9	27.8	26	33.6	33.6	51.5	46.3	67	68.5	89.9	66.9	79.6	104.9	116.9	50.1
Montividiu (Chapad)	0	0	0	0	19.4	13.2	26.1	37.6	67.2	57.1	55.3	53.7	68	69.2	105.2	118.7	110.9	59.6
Faz Joaquim Carrijo	0	0	0	5.9	10.7	13.7	42.8	29.9	62.5	80.3	75.4	80.4	107.8	112.9	95.2	119.7	125.7	75.9
Fazenda Nicomedes	0	0	0	7.9	10.4	16.9	40.9	35.1	82.6	56.3	58.9	81.3	102.5	105.7	96.8	96.3	106.4	83.1
Faz Sao Bernardo	0	0	0	6.6	15.7	16.7	44.4	31.9	69.4	48.8	70.7	78.5	107.6	91.8	101.9	122.9	118.4	72.9
Ponte de Cedro	0	0	0	3.5	17.1	29.9	21.1	21.9	61.2	50.1	72	75.2	74.6	75.8	66.1	102.1	81.2	54.7
Mineiros 83467	0	0	0	5.1	40.1	21.1	43.4	21.1	55.2	71.2	72.5	70.7	102.9	127.2	80.4	88.1	120	51.7
Bom Jardim	0	0	0	9.6	28.9	19.8	40.3	38.6	45.9	63.4	63	72.1	71.2	66.8	105.6	104.5	112.6	68.2
Catalao 83526	0	0	0	0	0	8.8	12	17.4	42.3	80.1	67.9	84	94.8	117.8	108.6	143.9	143.4	58.4
Tres Ranchos	0	0	0	0	6.2	16.4	12.7	32.1	57	85.3	58.1	104.7	106.8	120.2	122.4	119.4	118.5	79.8
Fazenda S. Domingos	0	0	0	0	9.6	17.6	10.8	25	47.8	64.3	46.3	88.2	88	105.4	99.7	124.5	130.5	66.3
Corumbazul	0	0	0	0	31.6	13.2	13.1	17.8	50.5	46.7	73.1	66.6	91	91.4	100.5	117.4	129.1	71
Corumbaiba	0	0	0	0	0	0	3.7	11.8	28.5	48.5	45.6	54.2	90.5	108.5	105.8	123.8	112.1	67.5
Itumbiara	0	0	0	0	0	2.1	0	3.5	59.7	41	55.8	58.5	56.8	79.3	86.5	86.1	87	40.7
Ponte Meia Ponte	0	0	0	2.3	14.1	16.3	17	25	47.4	51.7	72.6	69.4	73.7	89.5	91	110.9	150.6	55.6
Fazenda Alianca	0	0	0	0.8	18.9	15.6	21	21.6	54.3	54.5	94.4	92.2	79.2	113.2	84.5	112.4	130.1	52
Quirinópolis	0	0	0	4	18.1	25	30.1	36.1	46.2	58.2	74.4	101.6	106.8	101.1	108.9	127	154.1	69.7
Maurilandia	0	0	0	0	22.5	10.3	21.5	25.7	46.5	49.3	80.5	81.2	66.9	97.3	100.8	133.6	105.8	60.9
Cachoeira Alta	0	0	0	0	3.4	16.3	18	20.9	46.9	46.5	67.1	88.4	65.8	80.2	71.6	86.4	109.9	64.9
Campo Alegre	0	0	0	4.1	27.1	24	43.1	42.2	61.9	63	61.9	74.3	78.7	99	95.2	103.8	111.7	60.6
Itaruma	0	0	0	4.2	16.8	22.1	32.6	32.3	62.3	51.2	69	78.1	77.2	75.4	86.5	115.5	118	58.2
Ponte BR-364	0	0	0	3.2	31.2	25	36.3	32.9	66	44.6	59.9	73.2	78.6	95.1	122.5	99.3	130.7	75.5

**Tabela 4.1. (continuação) - Decêndios 20 a 37.**

ESTAÇÃO	DECÊNDIOS																	
	D20	D21	D22	D23	D24	D25	D26	D27	D28	D29	D30	D31	D32	D33	D34	D35	D36	D37
Pombal	0	0	0	2.6	23.5	22.7	35.6	45	58.3	43.7	70.7	61.5	75	95.4	124.5	102.5	138.1	55.6
Serranópolis	0	0	0	2.2	44.7	39.4	20.6	39.6	86.1	45.6	91.2	55.6	67.4	88.3	96.4	115.5	148.3	48.1
Apore	0	0	0	5.4	19.6	17.6	51.2	37.5	56.7	76.1	58.9	88.6	89.4	107.4	97.8	126	148.4	66.1
Fazenda Formoso	0	0	0	0	27.7	25	34.2	26.1	31.4	47.4	83	70.8	98.7	75.8	104	79.2	116.4	48.7
Canastra	0	0	0	4.5	27.8	19.3	21.9	31.7	34.3	50.5	69	101.9	71	88.6	94.2	139.5	139.5	77.6
Itaja	0	0	0	4.4	21	23.5	41.1	31.8	54	45.9	70.2	77.1	74.4	70.3	102.9	111.8	117.3	68.4
Orizona	0	0	0	0	0	0	0	8.5	47.8	81.4	83.7	65.8	88.8	139.7	107.7	178.1	112.9	74.1
Goiatuba	0	0	0	0	0	0	4	22	33.5	58.3	56.8	47.5	86.2	99.3	130.2	138.1	97.6	48.2
CPAC	0	0	0	3.4	12.1	5.3	12.7	28.2	59.3	64.6	77.1	81.3	82.7	56.1	93.5	104	121	62.1
S. Felix do Arag.	0	0	0	0	0	0	28.7	35.2	74.3	98.4	172.9	37.6	76.6	103.5	98.4	127.2	242.9	48.8
Barra do Garcas	0	0	0	0	8.7	14.4	30.5	32.2	53.2	68.6	77	92.7	86.6	87.9	137.4	115.4	117.2	56.1
Torixoreu	0	0	0	0	23.1	9.7	20.8	24.9	39.1	42.6	52.3	49.4	74.3	86.8	107.4	117.3	94.5	53.3
Patos de Minas	0	0	0	0.2	9.6	15	16	24.9	41.8	74.3	74	85.6	96.3	87.3	108.4	125.4	117.3	80.3
Uberaba	0	0	0	3.5	11.4	14.2	30.4	35.3	50.2	60.1	84.8	69.8	101.8	68.2	89.2	124.7	112.6	78.6
Peixe	0	0	0	0	0	0	0	11.4	57.6	43.3	55	83.4	79	97.5	121.5	101.7	105.8	63.6
Taguatinga	0	0	0	0	0	0	0	20.2	32.1	75.9	69.7	104	98.8	102.6	139.5	160.3	151.2	73.9
Ivinhema	0	0	0	21	37.4	42	27.1	42.9	65.3	42.8	84	79.5	59.2	67	73.7	85.1	70.3	41.7
Barreiras	0	0	0	0	0	0	0	17.2	27.4	38.5	46	59.1	67.1	61	110.2	79	109.2	53.1

## 4.2. Evapotranspiração

Os dados diários compensados de temperatura média do ar e umidade relativa das estações relacionadas na Tabela 3.2, foram transformados em médias decendiais e substituídos nas equações 2.39 a 2.43 para o cálculo da evapotranspiração potencial referente a períodos de dez dias conforme a divisão do ano mostrada no Quadro 3.1, através de um programa computacional confeccionado em linguagem SAS (Apêndice 2).

Os valores da evapotranspiração potencial determinados pelo método de Linacre, nas localidades selecionadas, são apresentados na Tabela 4.2, e representam a capacidade potencial máxima de água evapotranspirável, ou saída de água, levada em consideração, juntamente com a precipitação dependente ao nível de 75% de probabilidade, na avaliação da disponibilidade hídrica decendial no estado de Goiás.

**Tabela 4.2.** Evapotranspiração potencial (mm) determinada pelo método de Linacre para os 37 decêndios do ano no estado de Goiás.

ESTAÇÃO	DECÊNDIOS																		
	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12	D13	D14	D15	D16	D17	D16	D19
Aragarcas	39.09	41.05	37.24	36.75	38.5	39.1	38.1	39.78	37.18	38.95	37.72	40.63	40.56	39.43	38.48	39.04	38.47	39.29	40.28
Catalao	41.77	46.24	42.41	40.37	43.13	42.12	41.67	32.96	30.9	41.13	40.28	43.61	41.19	41.42	39.41	42.59	44.17	42.42	39.57
Formosa	34.27	40.6	40.61	37.77	37.69	40.52	38.88	38.5	38.03	40.11	36.5	35.25	37.37	39.05	39.71	41.84	42.29	39.75	40.5
Goiania	44.96	46.78	42.69	42.12	43.78	42.99	42.37	42.1	40.13	42.99	41.96	46.97	45.26	43.38	43.38	46.95	48.35	47.18	47.77
Goiás	42.7	42.73	39.71	38.62	37.75	39.76	40.37	39.52	37.45	41.48	40.3	44.89	44.22	43.6	43.6	46.2	47.84	46.84	48.27
Brasilia	41.82	45.08	39.84	39.22	39.78	39.53	39.97	39.52	35.7	39.38	37.47	42.37	41.12	40.69	39.57	44.67	46.15	44.87	42.56
Paracatu	37.75	45.28	42.6	39.24	41.86	40.66	43	41.73	39.49	38.96	39.03	36.77	35.17	35.17	33.43	33.06	34.32	34.14	34.11
Patos de Mg.	41.4	45.13	41.34	40.3	41.89	41.56	41.12	38.81	37.13	39.75	38.45	40.88	38.86	40.33	38.81	41.97	43.2	42.73	39.34
Uberaba	41.99	45.66	42.45	40.61	43.77	41.59	42.76	41.51	40.56	41.15	40.33	41.3	39.24	38.93	36.62	38.88	39.22	37.99	36.59
Peixe	36.77	36.88	38.39	36.79	34.96	34.77	34.94	38.08	38.16	35.26	41.38	37.17	37.29	39.76	40.52	40.71	41.18	41.91	42.29
Barreiras	39.98	39.65	37.75	36.79	39.15	38.76	38.26	38.8	39.57	37.49	36	37.13	36.92	37.61	38.24	36.5	37.52	42.04	42.39
Parana	42.18	38.36	37.92	38.76	38.82	36.47	36.6	38.98	40.31	40.8	40.2	39.05	40.29	37.86	36.98	37.59	38.11	38.18	38.92
Cuiaba	42.61	42.62	39.62	40.69	38.19	40.32	39.69	38.29	39.02	40.64	36.9	37.08	36.66	37.12	37.43	37.61	37.85	39.28	39.88
Caceres	38.98	38.12	36.77	37.01	35.82	37.46	37.05	37.51	37.46	37.17	35.74	35.18	33.96	34.86	33.06	33.13	31.99	32.15	33.71
Posse	37.03	39.51	41.87	42.01	44.82	38.28	44.82	49.14	47.57	36.62	49.16	38.6	45.28	44.37	42.4	41.52	43.92	45.76	45.29
Ivinhema	39.45	41	41.23	39.71	40.49	42.36	41.18	42.14	37.87	38.91	38.63	35.55	32.23	32.91	32.19	31.24	31.81	30.6	31.81
Rio Verde	39.18	41.14	42.61	42.61	44.83	40.34	44.43	48.42	44.98	38.02	46.49	38.54	42.91	41.59	40.59	40.21	43.16	45.05	44.4
Taguatinga	38.96	39.25	38.26	36.08	38.4	40.76	39.6	39.02	41.25	39.29	40.89	41.63	42.94	46.17	47.83	48.17	50.4	48.03	51.86
Embrapa-CPAC	38.09	36.77	36.65	40.31	41.74	43.8	42.06	40.21	39.51	39.85	39.7	40.86	41.04	42.01	39.61	39.56	40.88	40.58	41.39
Gleba Celeste	35.88	34.85	35.1	33.05	33.98	34.67	35.66	36.36	35.89	36.41	36.8	38.76	38.72	39.38	37.31	38.45	35.58	37.25	37.26

Tabela 4.2. (continuação)

ESTAÇÃO	DECÊNIOS																	
	D20	D21	D22	D23	D24	D25	D26	D27	D28	D29	D30	D31	D32	D33	D34	D35	D36	D37
Aragarcas	43	45.89	48.83	52.95	57.64	56.75	54.91	54.71	48.43	45.74	45.28	41.36	40.03	38.44	37.98	38.69	36	18.01
Catalao	42.04	45.49	52.59	51.7	57.41	55.41	57.1	53.08	47.52	43.98	44.66	43.85	41.91	40.38	40.03	40.64	37.7	19.29
Formosa	44.33	44.55	48.13	51.56	54.92	60.67	60.97	52.65	52.33	46.17	43.44	40.84	37.59	37.11	40.47	38.88	36.16	18.03
Goiania	50.76	53.7	57.1	58.61	66.31	63.61	66.08	61.45	50.84	49.35	48.81	44.32	44	40.05	44.06	42.36	39.94	21.2
Goias	51.09	55.44	59.62	60.27	67.97	68.42	68.94	62.69	52.75	48.93	46.34	41.23	42.57	38.65	39.15	40.01	37.62	19.89
Brasilia	44.93	49.64	57.16	56.74	62.91	60.18	58.91	55.67	49	37.77	41.48	39.48	38.18	37.25	39.73	37.79	35.99	19.32
Paracatu	37.36	38.24	42.99	44.25	47.27	46.65	48.9	48.46	46.61	41.24	43.56	42.04	39.6	38.31	38.39	39.33	38.45	18.56
Patos de Mg.	41.97	43.9	51.18	50.21	57.09	54.82	54.4	52.9	46.54	41.18	43.18	42.29	39.49	37.33	41.72	38.7	36.34	18.35
Uberaba	39.06	43.63	48.96	49.37	57.42	54.07	58.42	54.41	47.09	45.86	47.87	46.15	44.54	43.29	43.79	42.87	39.38	19.49
Peixe	44.69	46.99	49.51	54.07	55.24	59.27	55.42	52.08	48.7	42.33	40.86	41.59	39.97	40.86	37.01	37.9	34.77	17.96
Barreiras	43.64	46.44	50.18	53.91	58.01	62.94	65.24	63.19	55.62	57.28	57.32	46.17	43.43	42.19	42.14	39.8	38.62	20.01
Parana	40.15	42.14	43.58	45.22	49.71	52.45	52.82	53.69	52.12	48.75	45.72	43.86	40.52	37.3	38.42	40.4	38.46	18.79
Cuiaba	38.91	43.87	51.7	49.61	58.84	52.15	55.4	55.08	55.02	52.98	51	44.26	46.5	42.94	40.17	44.01	39.96	19.87
Caceres	31.39	33.51	36.35	39.44	42.13	41.16	45.36	45.19	48.37	45.87	45.64	41.12	41.62	40.29	37.57	37.89	35.49	17.79
Posse	52.08	49.04	54.98	65.24	61.95	64.48	60.35	52.87	48.81	46.36	46.85	45.57	40.06	40.39	40.17	40.16	39.19	20.42
Ivinhema	31.14	33.12	37.58	34.84	40.17	35.52	40.33	36.99	36.44	38.83	42.22	40.93	42.89	40.66	39.75	43.47	38.25	19.87
Rio Verde	46.56	44.82	55.22	61.92	60.36	57.27	58.55	52	48.07	46.06	46.04	43.57	39.99	40.18	40.98	41.01	39.03	20.51
Taguatinga	53.28	53.22	56.03	61.48	64.16	70.16	67.11	63.89	55.13	52.21	53.33	45.01	41.39	43.3	43.56	41.5	37.88	19.57
Embrapa-CPAC	43.1	44.73	45.57	50.02	50.87	49.55	49.93	50.16	49.05	46.62	45.9	43.05	43.01	44.55	42.2	40.87	41.08	19.03
Gleba Celeste	36.04	38.2	39.96	38.91	39.8	41.72	43.21	44.24	40.41	38.76	38.91	35.53	36.36	34.34	33.43	36.16	33.12	18.06

### 4.3 Disponibilidade Hídrica

Com o uso do SGI calculou-se a disponibilidade hídrica de Goiás, através da combinação (subtração) das grades regulares entre precipitação dependente ao nível de 75% de probabilidade e evapotranspiração potencial. Para que o Sistema pudesse realizar a operação desejada criou-se grades regulares de mesmas dimensões, tanto para a precipitação como para a evapotranspiração. Isso quer dizer que as abrangências geográficas das estações meteorológicas que delimitavam os planos de informações, foram as mesmas para as duas grades.

Depois de calculada, a disponibilidade hídrica potencial foi espacializada, ainda com o uso do SGI. Os valores da disponibilidade hídrica foram georeferenciados por meio de latitude e longitude e, através de um interpolador disponível no Sistema, foram regionalizados em forma de mapas decendiais para todo o estado de Goiás.

Com a regionalização das informações obtidas possibilitou-se conhecer em cada ponto do Estado, mesmo onde não havia registro de dados, o excesso ou o déficit hídricos decendiais. Antes isso não era possível, pois os resultados gerados nesse tipo de estudo eram apresentados por mapas, cujas informações eram traçadas em forma de isolinhas. Essas linhas eram traçadas plotando-se as informações de valores iguais apenas nas localidades geográficas onde situavam-se as estações meteorológicas. Portanto, a disponibilidade hídrica potencial, nesse estudo, pode ser avaliada no tempo e no espaço e para qualquer ponto do Estado, para isso,



recomenda-se, na compreensão desse ítem, usar os encartes 1 e 2 localizados na última página do Trabalho, para se ter uma melhor visualização do potencial hídrico climático de cada região ou de cada município do Estado.

Os mapas decendiais que representam a distribuição espaço/temporal das disponibilidades hídricas potenciais são mostrados nas Figuras 4.1 a 4.37.

Observa-se nas figuras 4.1 a 4.5 que o estado de Goiás apresenta um excesso hídrico em quase todo seu território, com exceção de pequenas áreas situadas na região leste do estado, no decêndio 3, Figura 4.3, precisamente no município de Flores de Goiás e Alvorada do Norte, que apesar de não apresentarem deficiência hídrica, o seu balanço climático é nulo, ou seja, a precipitação mínima esperada, ao nível de 75% de probabilidade, é igual à capacidade potencial máxima de água evapotranspirada. Esse fato é representado pela classe 0 - 20 mm, que pode ser considerada uma classe de risco, pois o balanço hídrico climático pode ser 0 mm (nulo) para diversos pontos dentro da área representada por essa classe.

A característica mais marcante da distribuição espacial do excedente hídrico climático nos 5 primeiros decêndios do ano, é dada pela tendência geral de decréscimo de norte para sul e do noroeste para leste, sendo portanto nesta última região onde se registra os menores índices de excesso hídrico, representados pela classe de 0 - 20 mm.

As regiões norte e sul também apresentam excesso hídrico nos 5 primeiros decêndios do ano. As duas regiões apresentam semelhanças na distribuição dos seus excedentes hídricos, só que a região sul apresenta um

gradiente mais inclinado de água disponível, 160 mm de máximo e 20 mm de mínimo, contra 160mm de máximo e 40mm de mínimo da região norte.

Analisando ainda as 5 primeiras figuras, observa-se que a região do centro goiano apresenta valores de excesso hídrico climático bastante elevados. Os maiores índices acontecem no decêndio 2, Figura 4.2, e abrangem os municípios de Pilar de Goiás e Hidrolina.

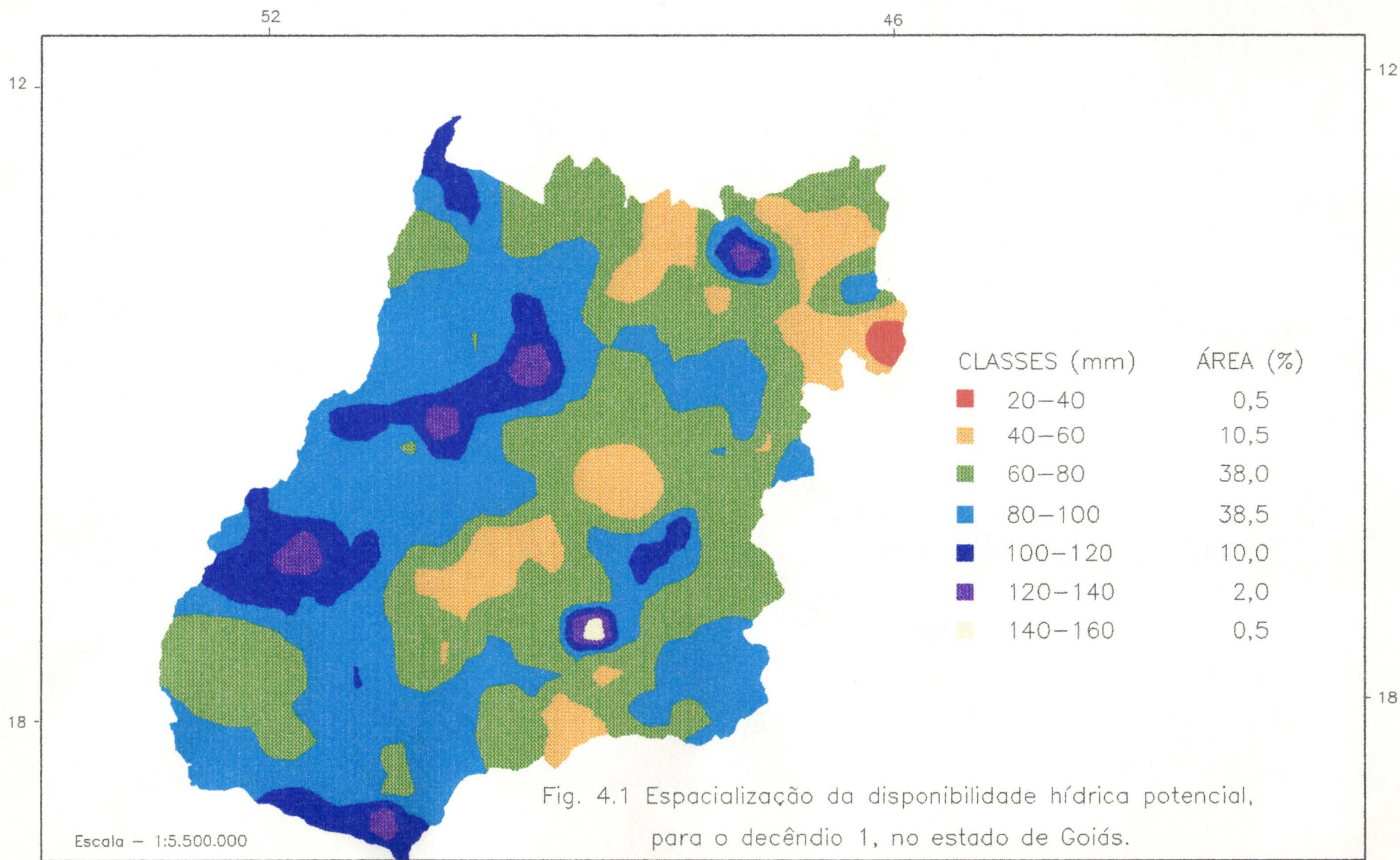
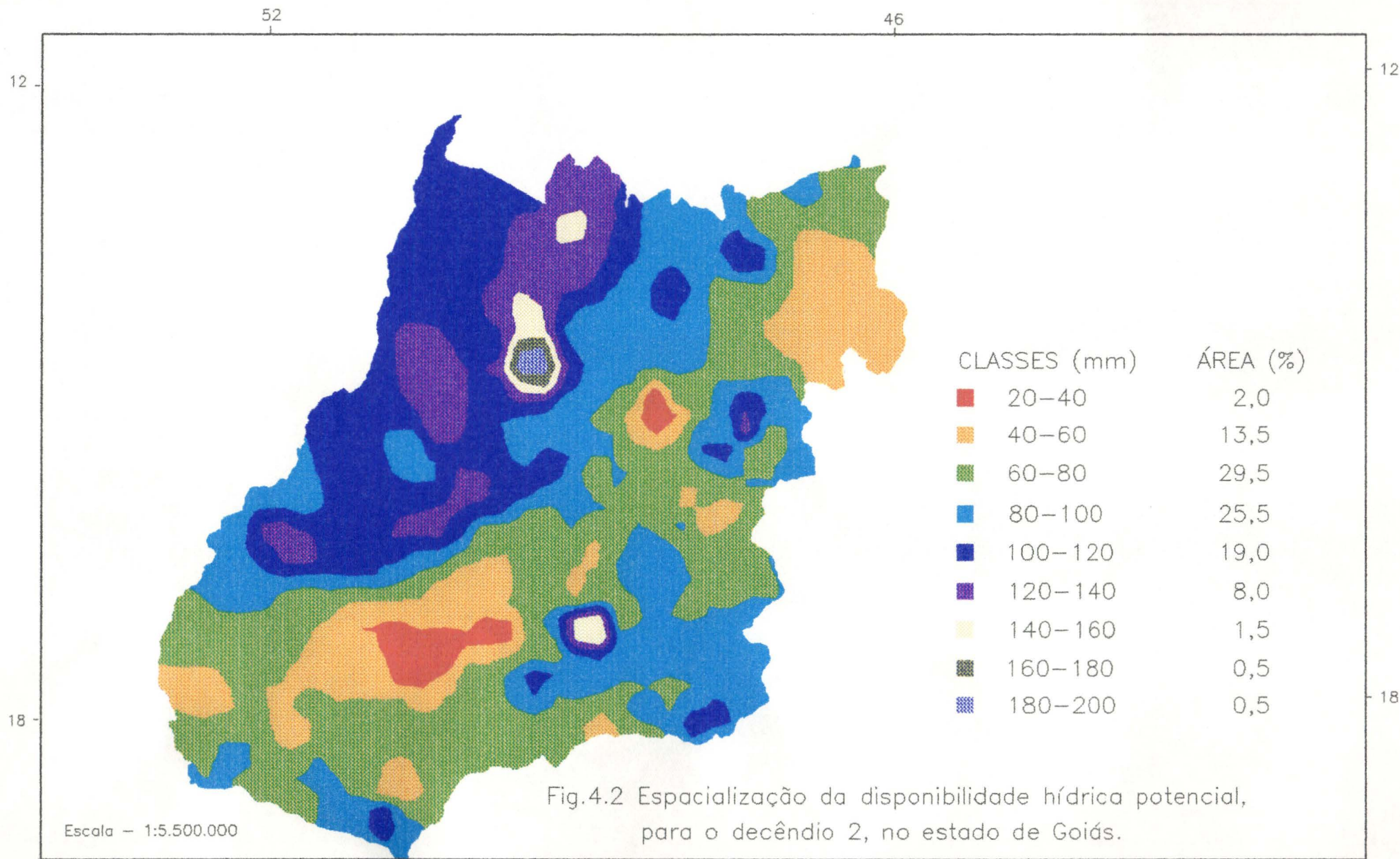


Fig. 4.1 Espacialização da disponibilidade hídrica potencial, para o decêndio 1, no estado de Goiás.





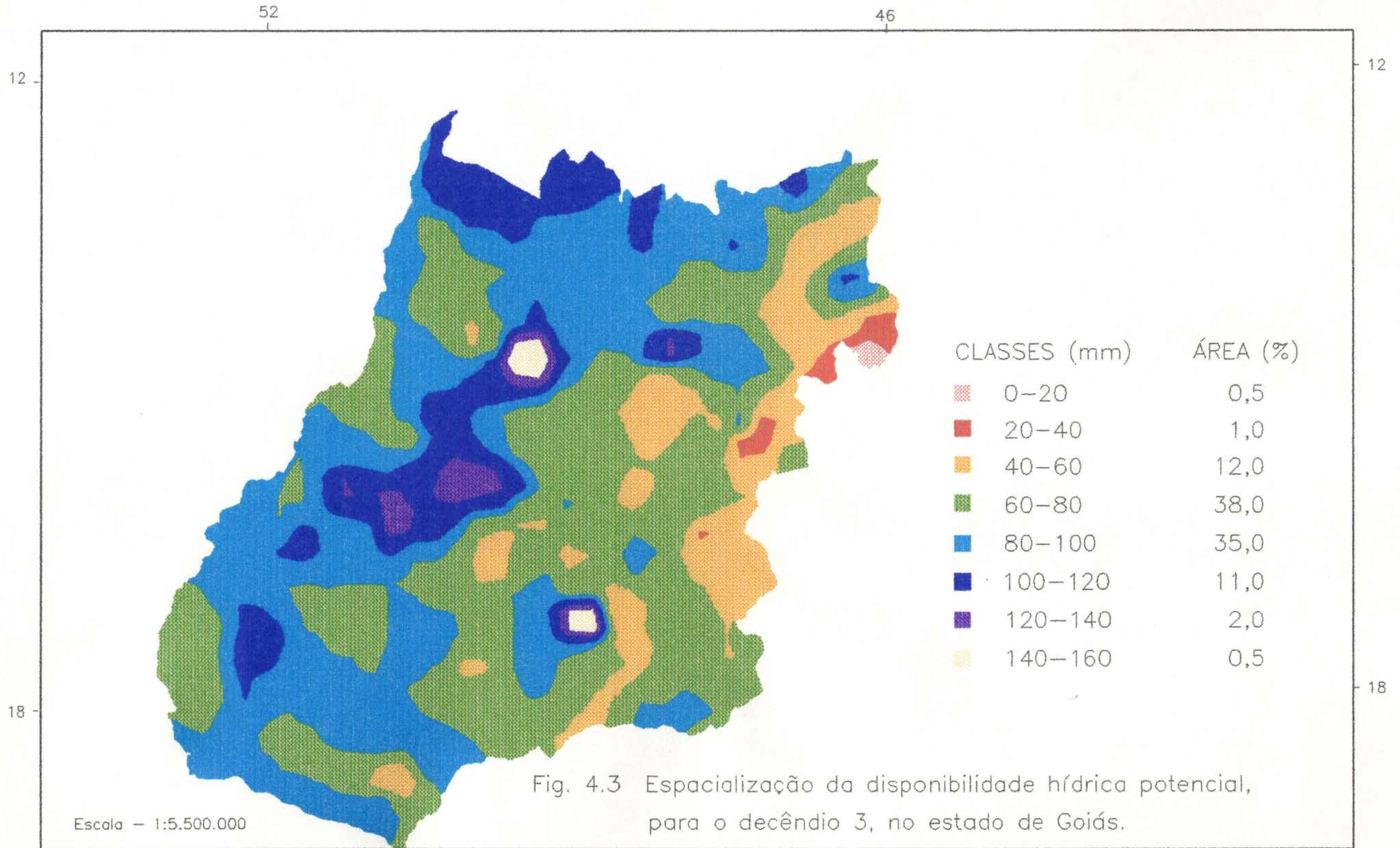


Fig. 4.3 Espacialização da disponibilidade hídrica potencial, para o decêndio 3, no estado de Goiás.

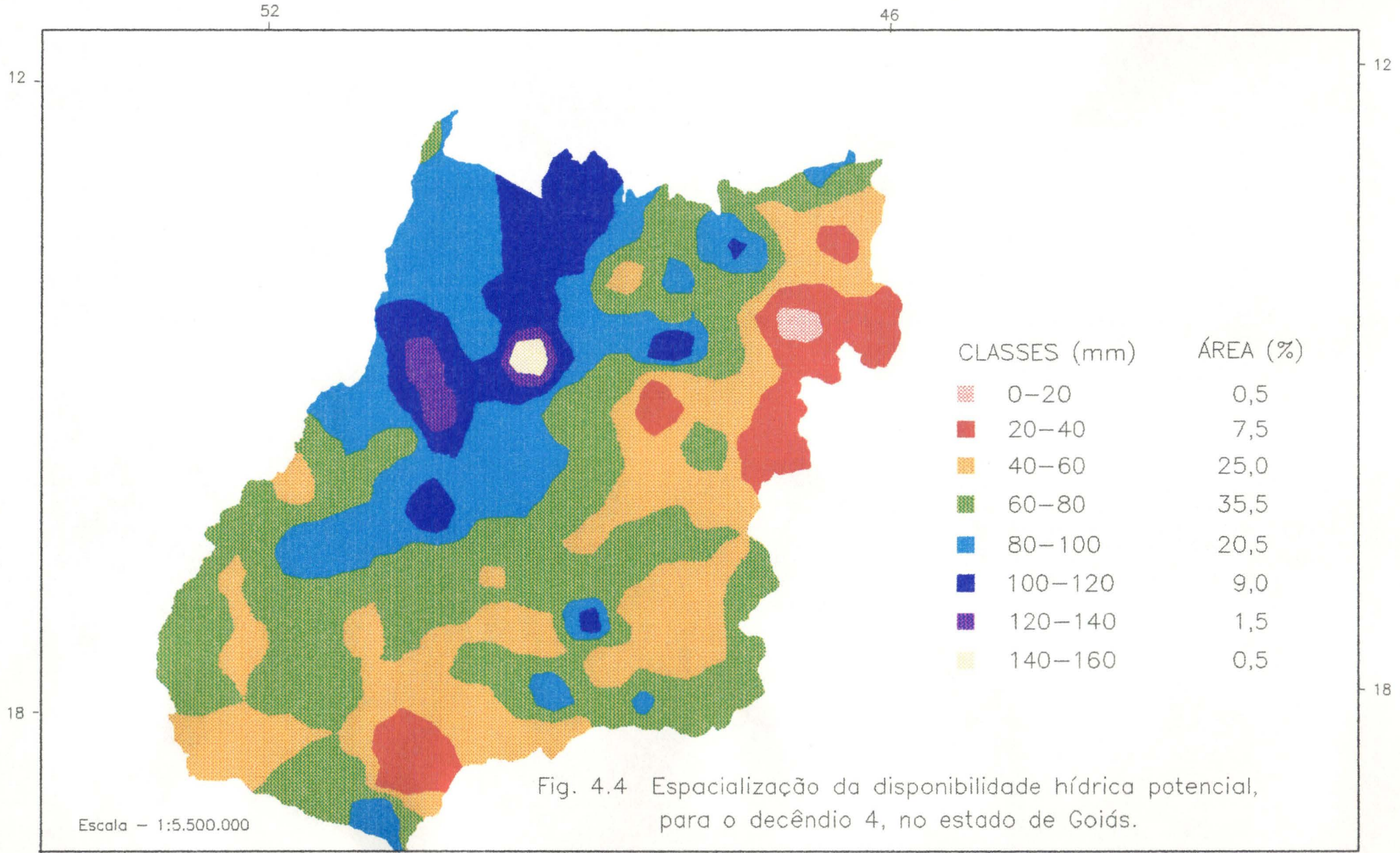
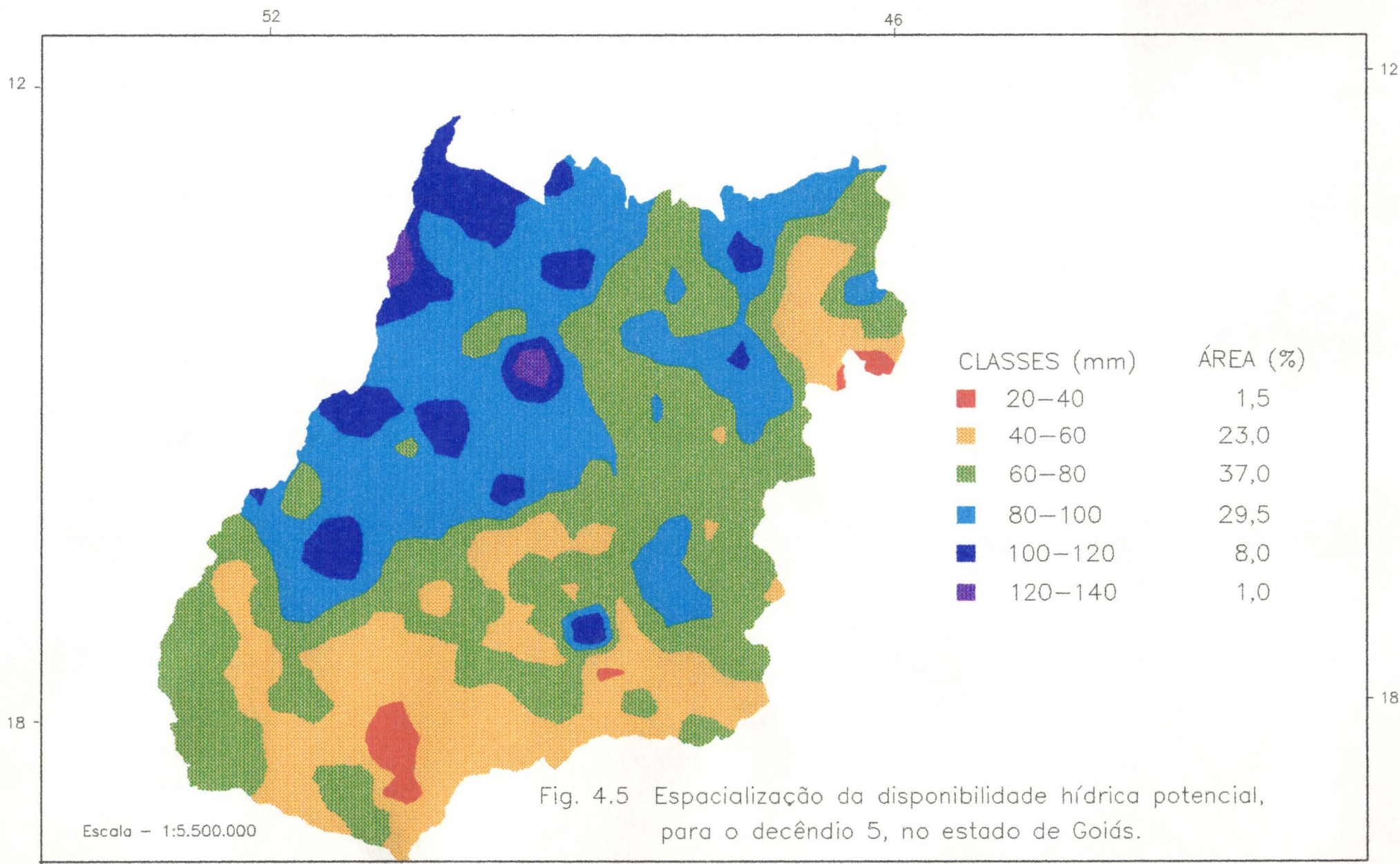


Fig. 4.4 Espacialização da disponibilidade hídrica potencial, para o decênio 4, no estado de Goiás.

Escala - 1:5.500.000



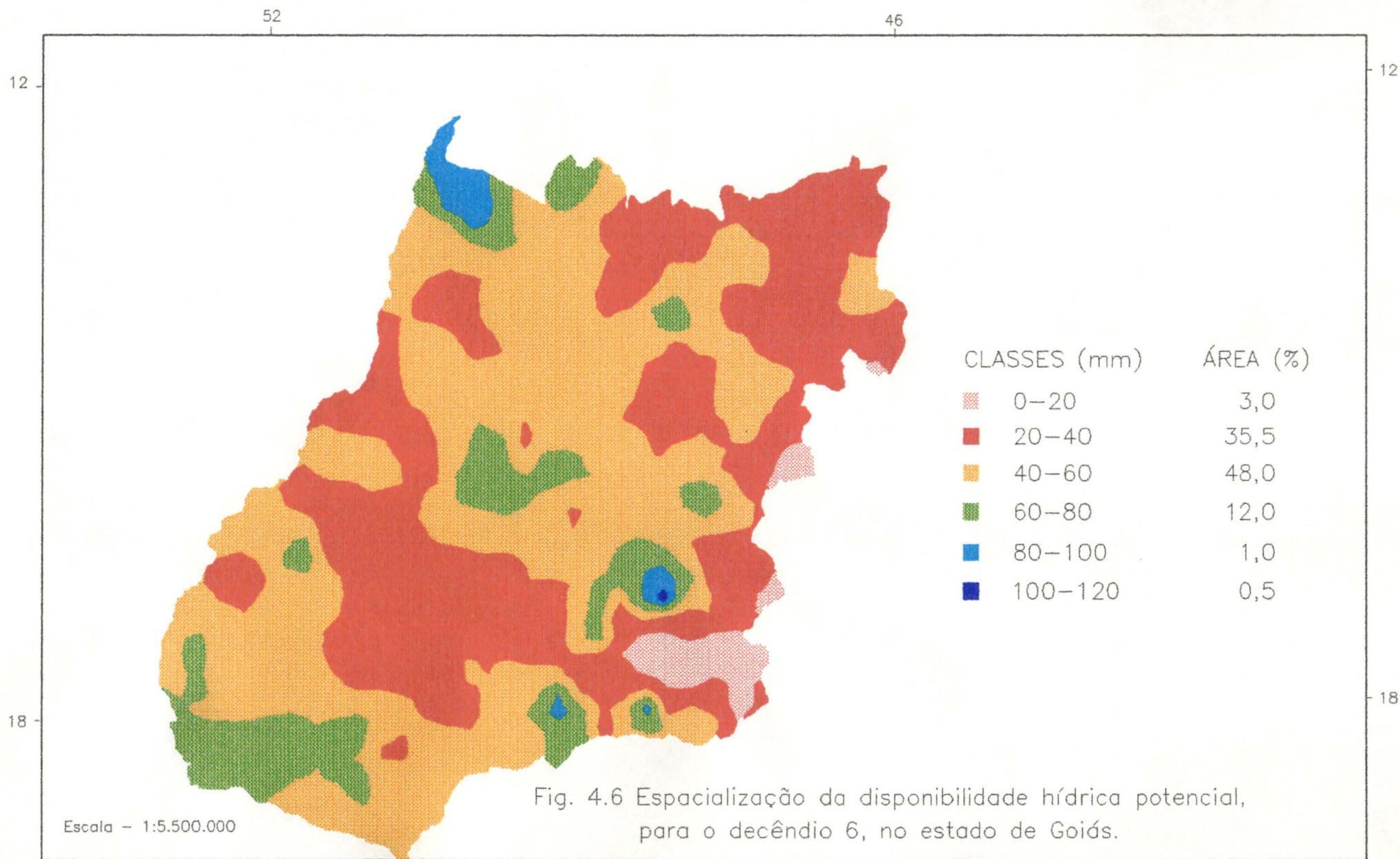


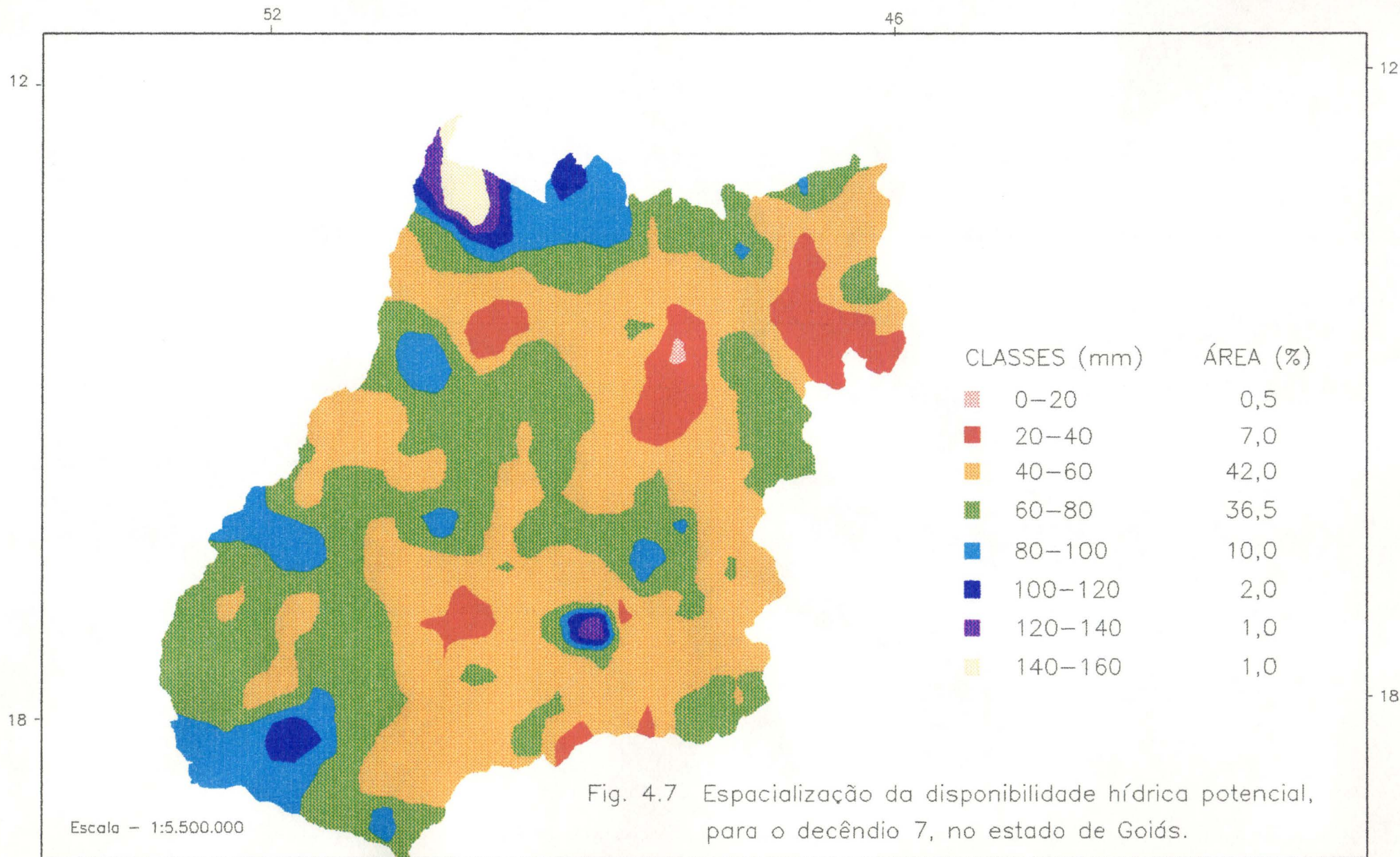
As Figuras 4.6; 4.7 e 4.8 representam a espacialização da disponibilidade hídrica referente aos decêndios 6, 7 e 8 respectivamente. Elas mostram que o estado continua apresentando excesso hídrico em todas as suas regiões, com exceção de uma área muito pequena na região leste que apresenta um déficit hídrico climático representado pela classe -20 mm a 0mm, (Figura 4.8). A distribuição espacial pode ser analisada de maneira semelhante à explicada para os 5 primeiros decêndios.

Como pode-se observar, o estado de Goiás, na quase totalidade do seu território (99,5%), apresenta excesso hídrico climático para os oito primeiros decêndios do ano, ou seja, de 1 a 10 de janeiro até 12 a 21 de março. Este resultado garante o estudo de risco para a safrinha (segunda safra) de feijão e milho no estado de Goiás. Analisando-se as Figuras 4.4 a 4.9, período entre 31 de janeiro a 31 de março, observa-se que 13,5% da área do Estado apresenta no mínimo 360 mm de excesso hídrico climático, quantidade de água suficiente para atender às exigências do ciclo vegetativo do feijão ( $\pm 300$  mm) e assegurar dessa forma o cultivo de aproximadamente 4.592.200 hectares entre os decêndios 4 e 9.

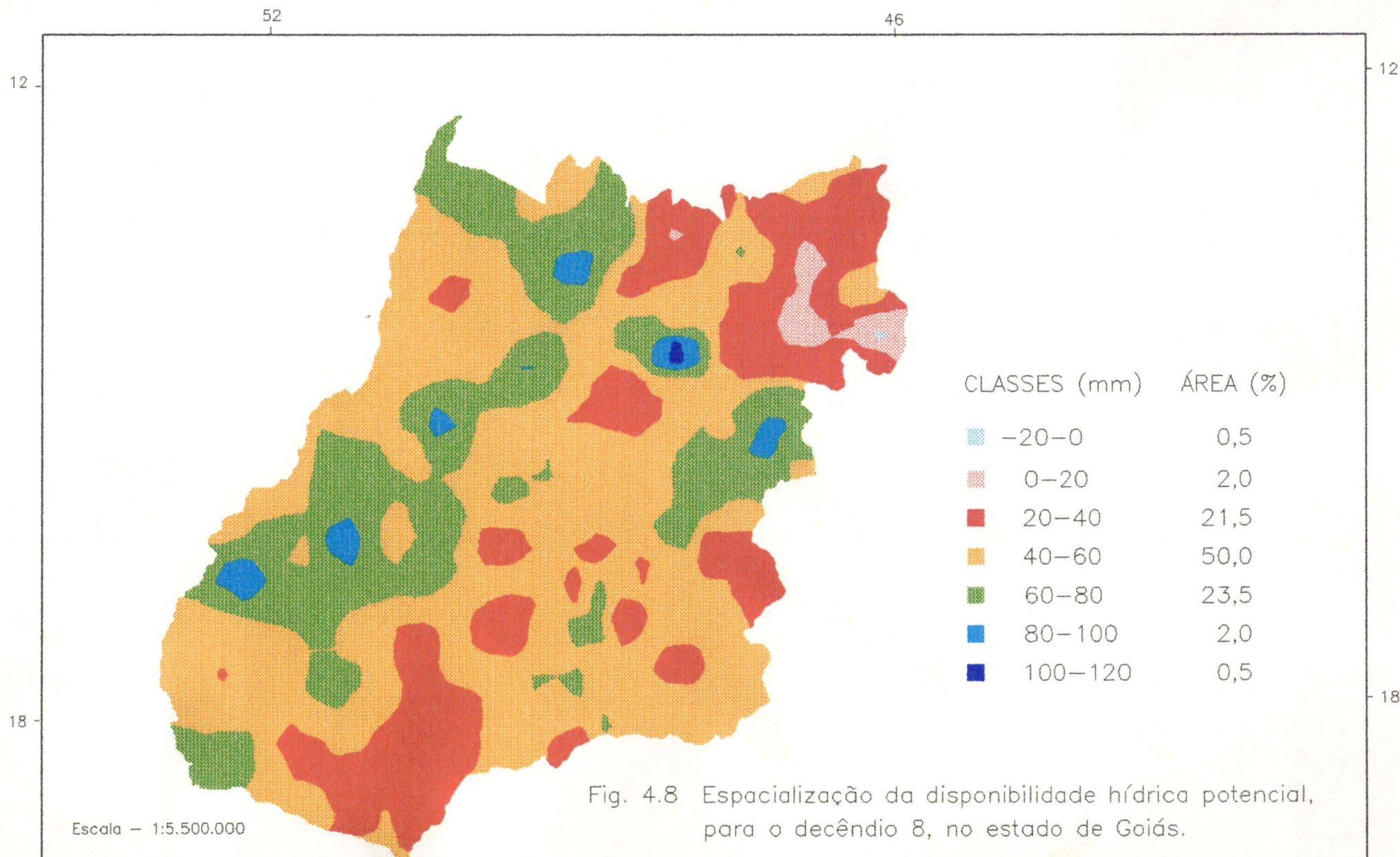
Quanto a cultura do milho que necessita de no mínimo 400 mm d'água durante o seu ciclo total de desenvolvimento, apenas 1,5% da área do Estado, ou seja, 510.300 hectares, de 31 de janeiro a 31 de março, encontram-se aptos para o cultivo da safrinha do milho.











As disponibilidades hídricas nos decêndios 9; 10; 11; 12 e 13 estão representadas pelas Figuras 4.9; 4.10; 4.11; 4.12 e 4.13 respectivamente. Nesses decêndios o estado começa a apresentar áreas significativas de déficit hídrico em consequência da redução drástica do índice pluviométrico.

No decêndio 9, período compreendido entre 22 a 31 de março, Figura 4.9, as únicas áreas que apresentam excesso hídrico de até 100 mm estão localizadas nas regiões noroeste, centro e sul, enquanto os menores índices de excesso hídrico (0 mm a 20 mm) são encontrados nas regiões sul e leste, sendo nesta última em maiores proporções. Na Figura 4.10, as regiões leste, norte e centro do Estado apresentam déficit climático da ordem de 20 mm. Observa-se também nessa Figura que todas as regiões do Estado apresentam excesso hídrico representado pela 40 mm a 60 mm. No decêndio 11, o Estado já apresenta pequenas áreas com déficit de 40 mm, precisamente nas regiões sul e leste. No decêndio 12, que representa o período entre 21 a 30 de abril, Figura 4.12, a região noroeste é a única que apresenta déficit em toda sua extensão e as demais regiões, apesar dos déficits observados, apresentam áreas representadas pela classe 0 mm a 20 mm de excesso hídrico climático. No decêndio 13, Figura 4.13, a única mancha representada pela classe 0 mm a 20mm de excesso hídrico climático se concentra na região sul do estado, precisamente nos municípios de Serranópolis e Jataí, as demais regiões apresentam déficit hídrico climático que alcança 40 mm.

Com a análise das últimas cinco figuras nota-se uma mudança drástica no comportamento climático sobre o estado de Goiás, pois nos oito

primeiros decênios do ano o estado apresentou-se com excesso hídrico em quase todo o seu território.

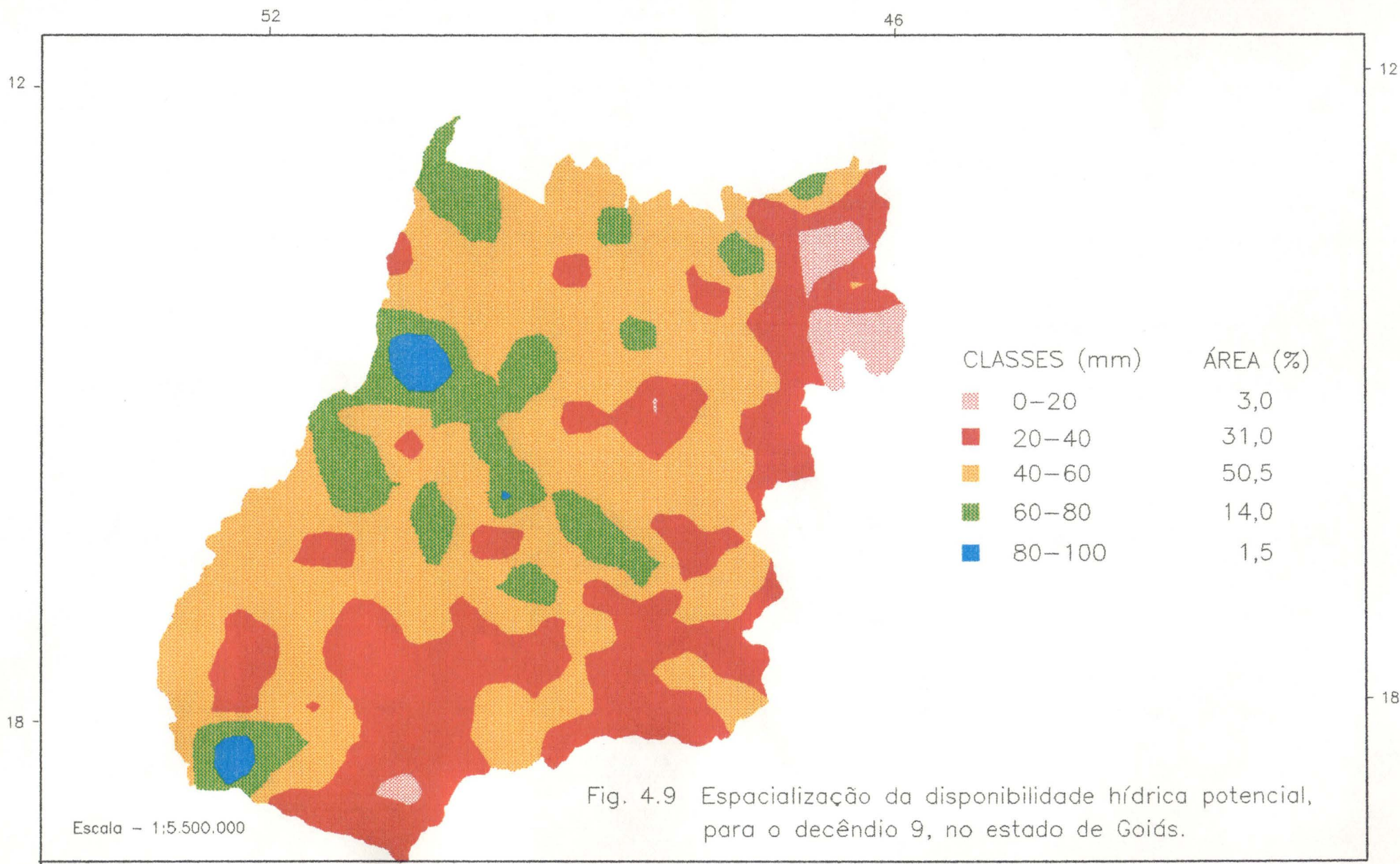


Fig. 4.9 Espacialização da disponibilidade hídrica potencial, para o decêndio 9, no estado de Goiás.



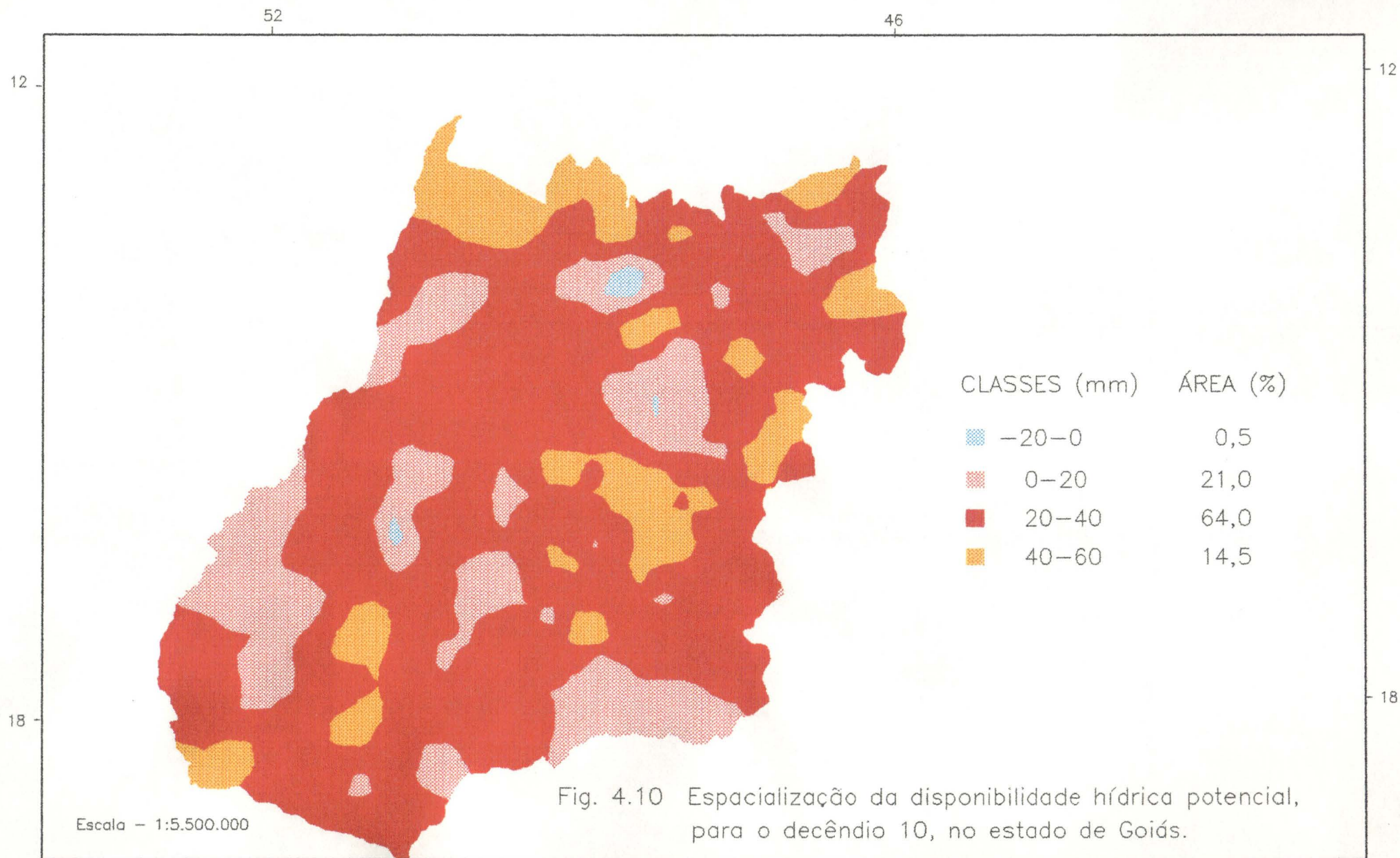


Fig. 4.10 Espacialização da disponibilidade hídrica potencial, para o decênio 10, no estado de Goiás.

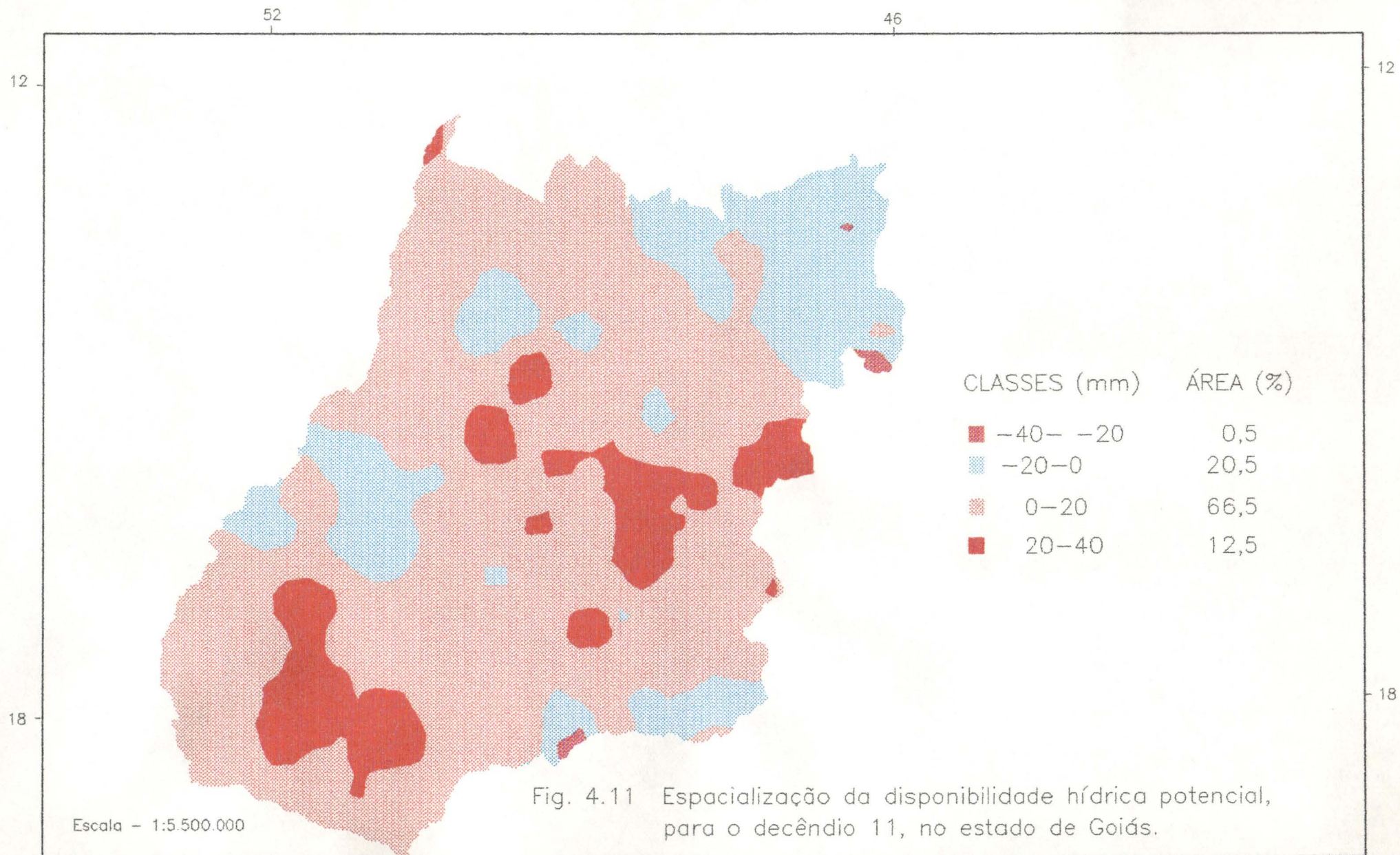


Fig. 4.11 Espacialização da disponibilidade hídrica potencial, para o decêndio 11, no estado de Goiás.







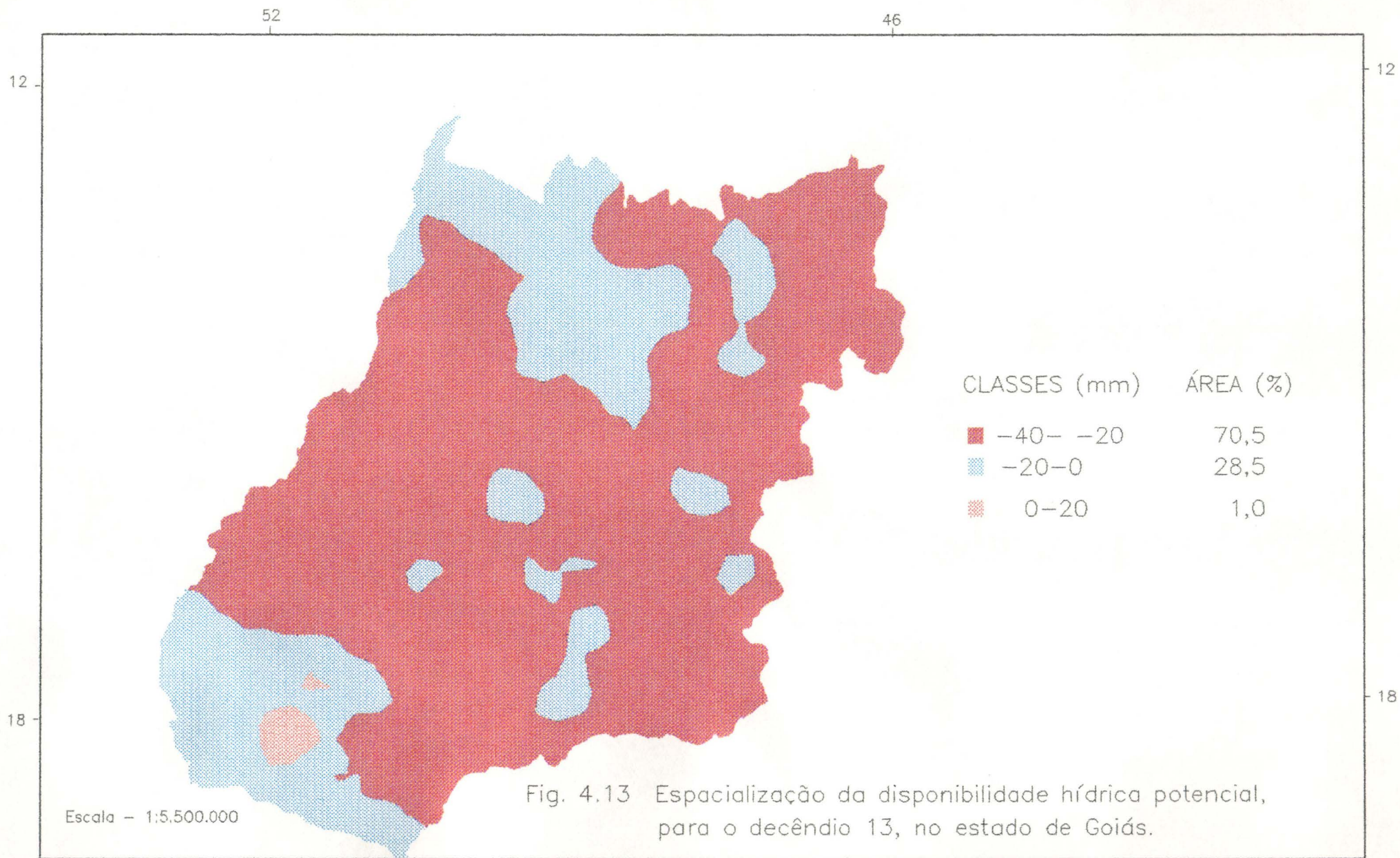


Fig. 4.13 Espacialização da disponibilidade hídrica potencial, para o decêndio 13, no estado de Goiás.

A redução das chuvas fica cada vez mais evidenciada a partir do decêndio 14 (11 - 20 de maio) até o decêndio 27 (8 - 17 de setembro), onde, analisando-se as Figuras 4.14 a 4.27, observa-se que o estado de Goiás passa a apresentar deficiências hídricas climáticas que variam de 0 mm até 80 mm.

A maior deficiência hídrica, representada pela classe -80 mm a -60 mm, foi registrada nos decêndios 23; 24; 25; e 26, que compreende o período entre 9 de agosto a 17 de setembro, representados pelas Figuras 4.23; 4.24; 4.25 e 4.26 respectivamente. O conhecimento do período de maior deficiência hídrica e dos pontos onde ele ocorre, é um subsídio importante nos estudos que diz respeito às Ciências Ambientais, pois, é nesse período que a vegetação natural está mais susceptível às queimadas, merecendo, portanto, de um monitoramento ambiental adequado. Já em termos agrícolas ele também assume papel importante, pois, funciona como fator determinante da necessidade de irrigação. Outras áreas também se beneficiam com o conhecimento desse período, pois, é no seu transcorrer que se faz necessário conhecer as vazões dos rios e dos reservatórios para se avaliar a capacidade de abastecimento d'água e produção de energia da região.

A Figura 4.22, que representa o decêndio 22, mostra uma distribuição espacial mais uniforme da disponibilidade hídrica potencial, onde todo estado de Goiás, de 30 de julho a 8 de agosto, apresenta uma deficiência hídrica da ordem de 40 mm a 60 mm. De modo geral, observa-se do decêndio 14 ao decêndio 27, valores elevados de deficiência hídrica,

caracterizando com isso um longo período onde a evapotranspiração supera a ocorrência de chuvas no estado



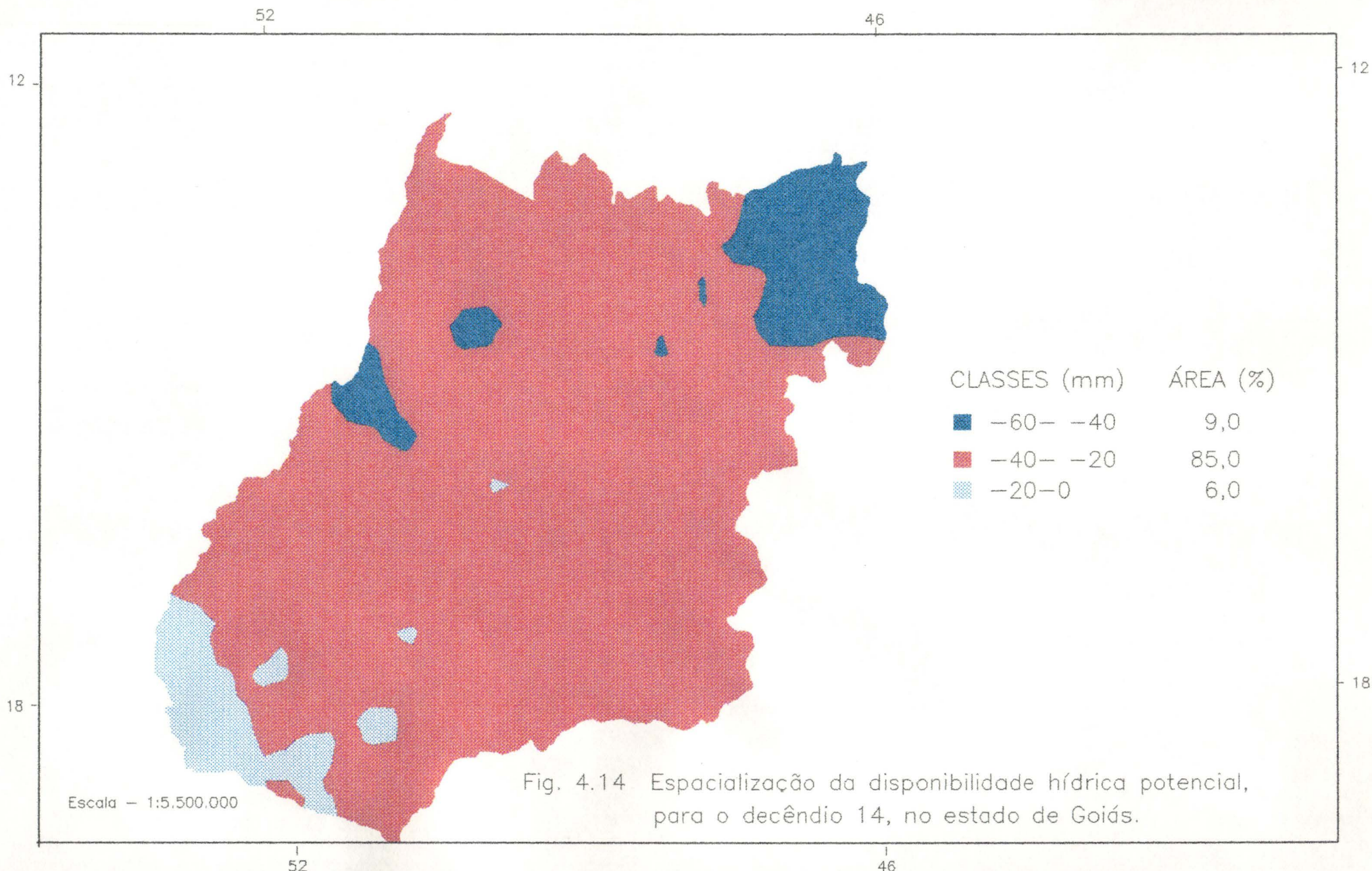


Fig. 4.14 Espacialização da disponibilidade hídrica potencial, para o decêndio 14, no estado de Goiás.

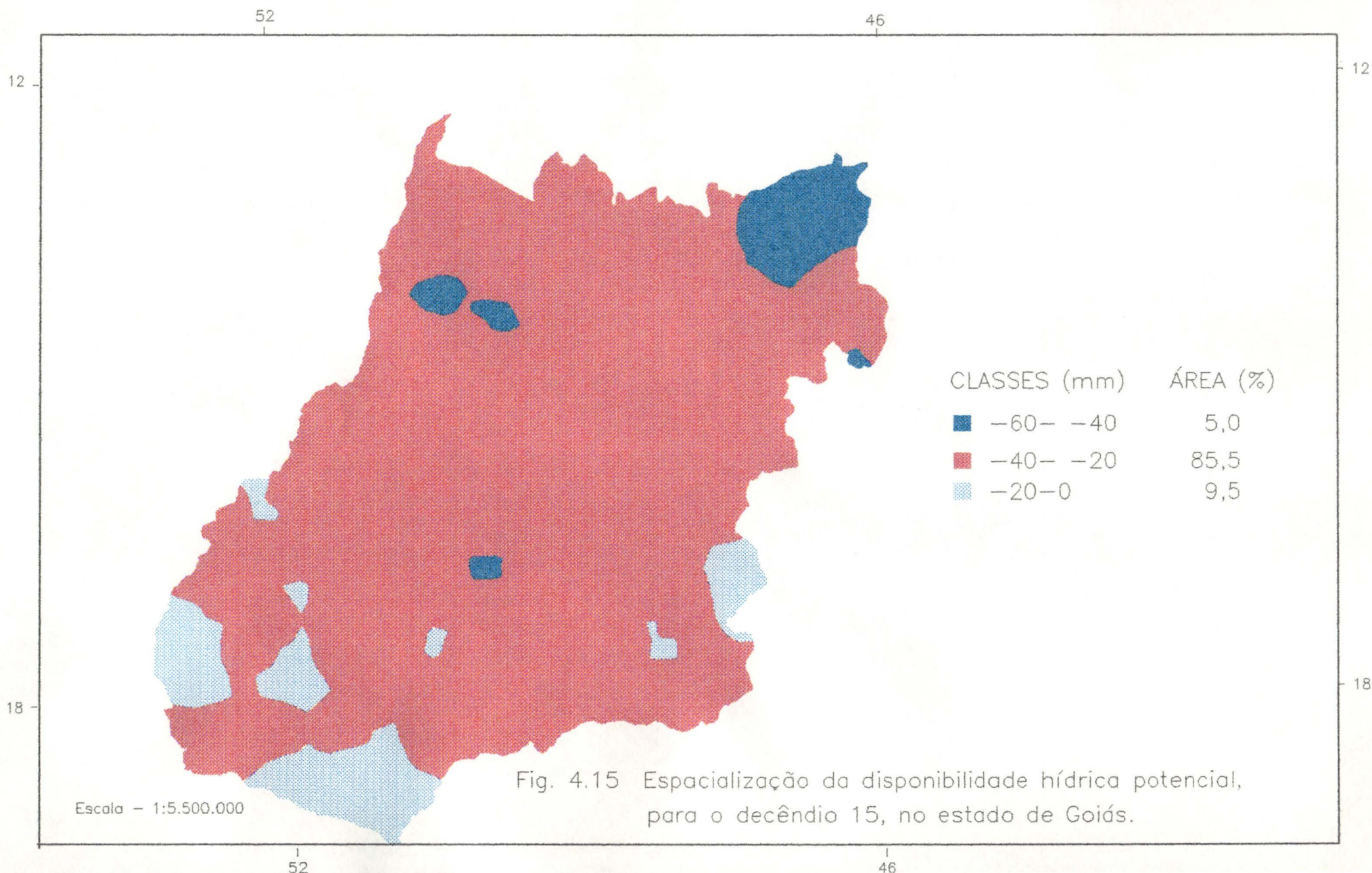


Fig. 4.15 Espacialização da disponibilidade hídrica potencial, para o decêndio 15, no estado de Goiás.



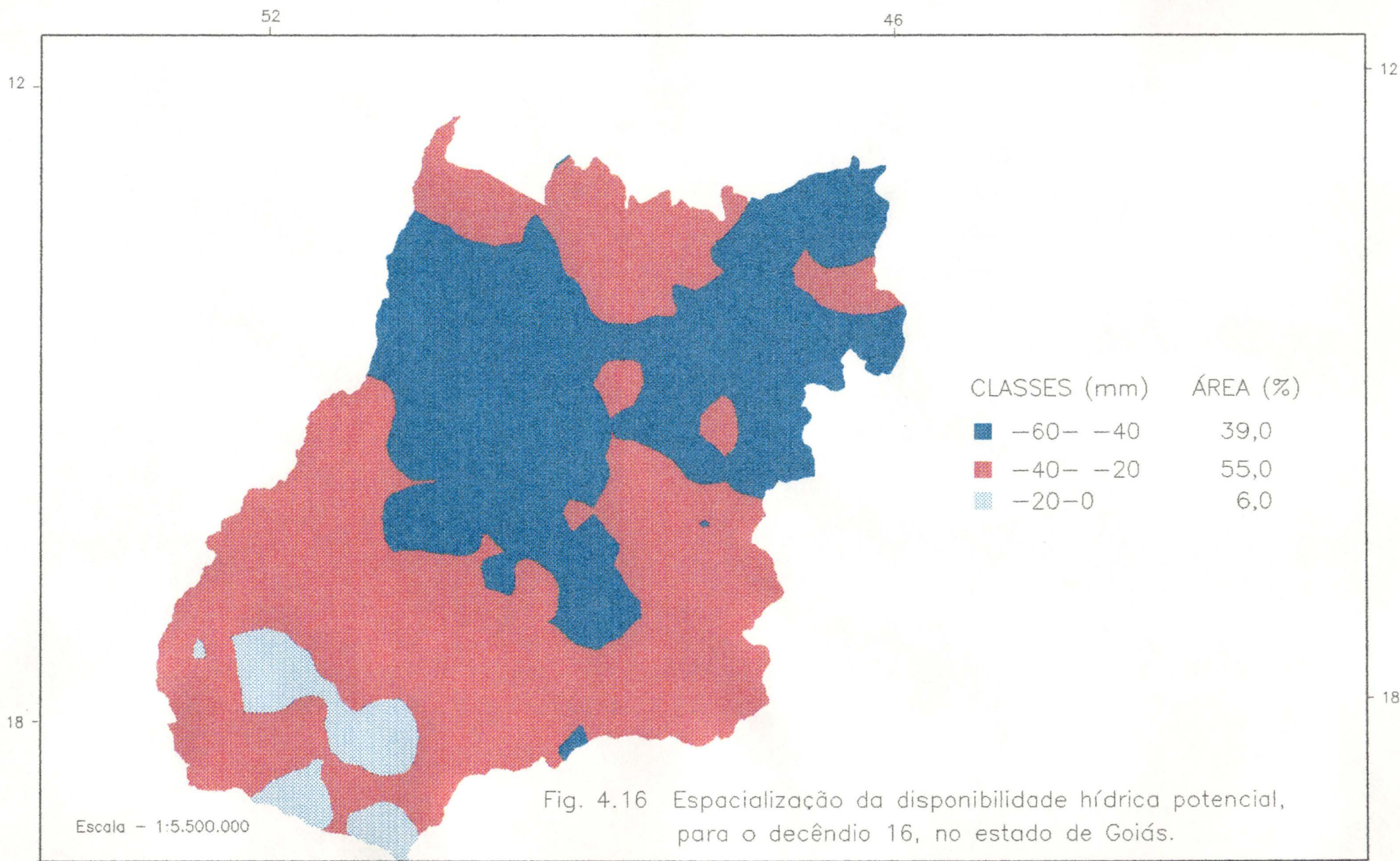


Fig. 4.16 Espacialização da disponibilidade hídrica potencial, para o decênio 16, no estado de Goiás.

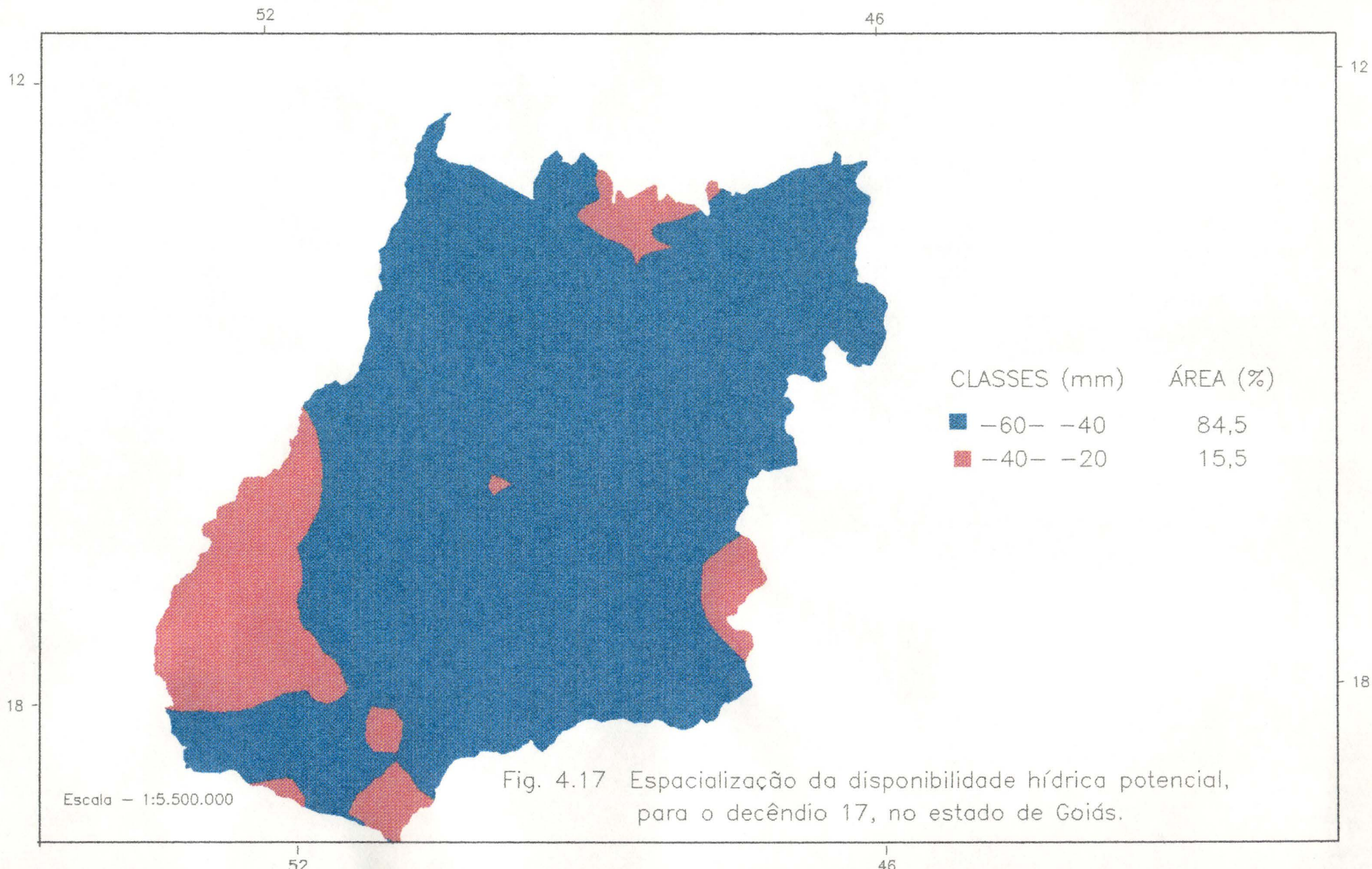


Fig. 4.17 Espacialização da disponibilidade hídrica potencial, para o decêndio 17, no estado de Goiás.



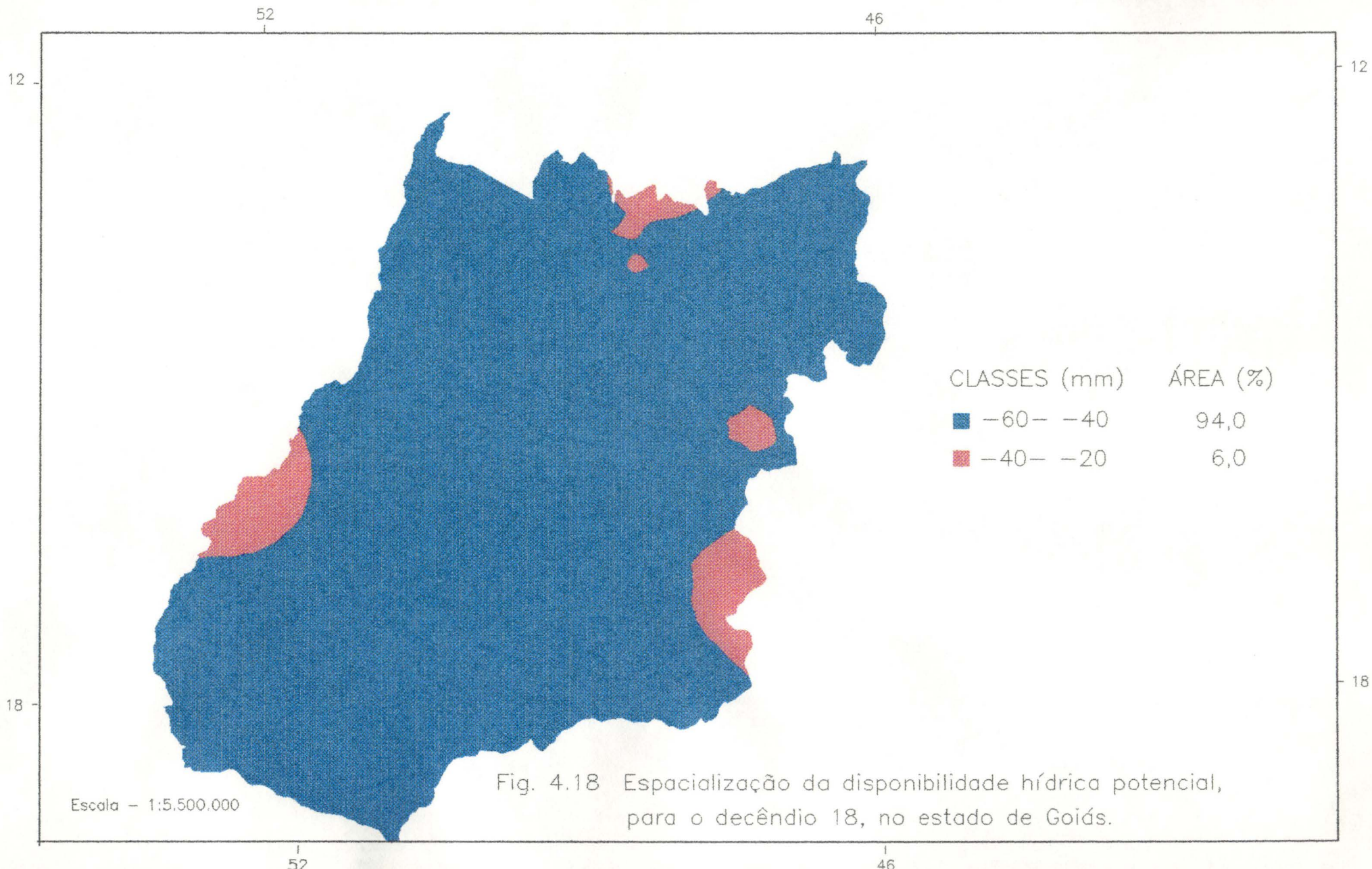


Fig. 4.18 Espacialização da disponibilidade hídrica potencial, para o decêndio 18, no estado de Goiás.

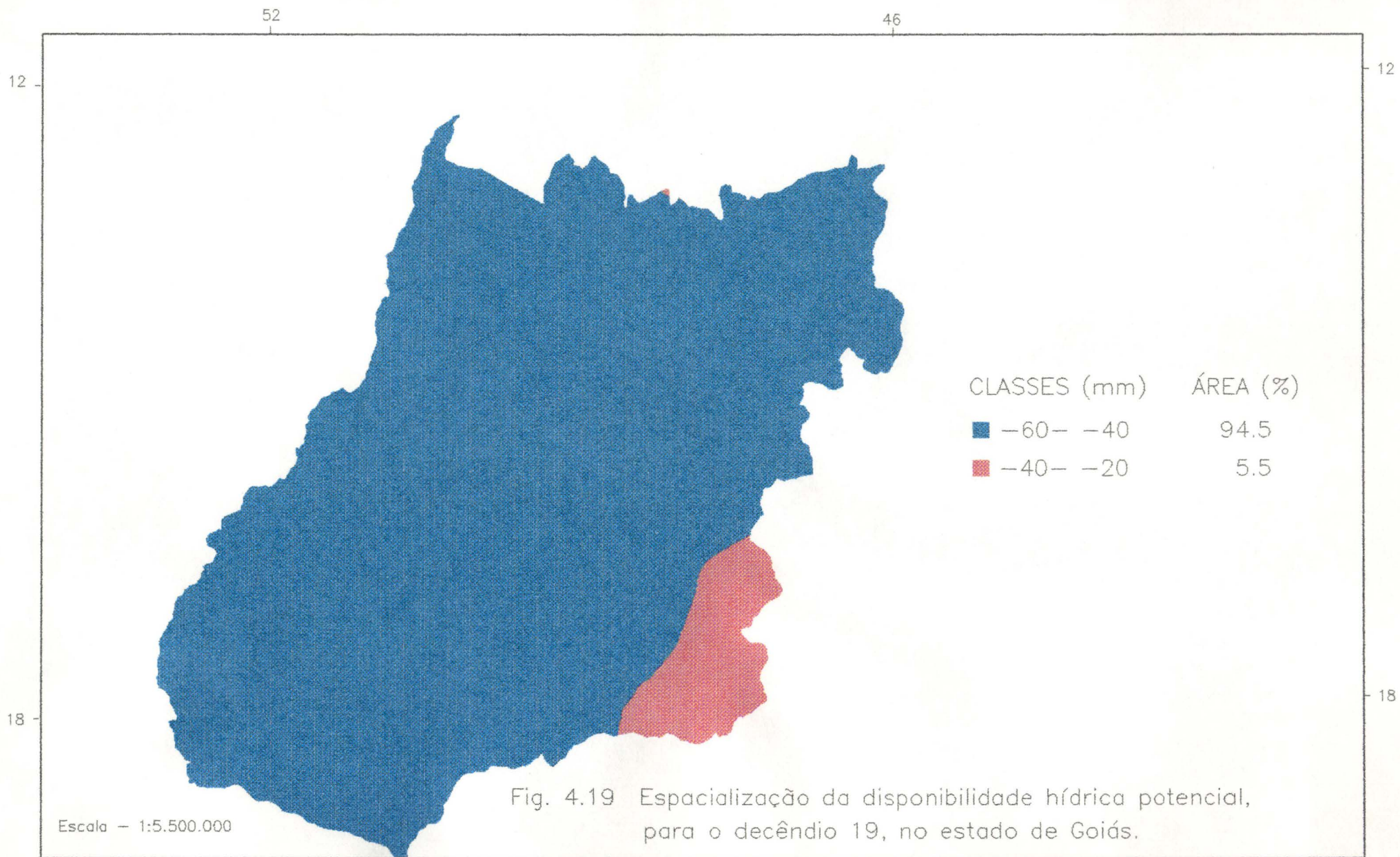
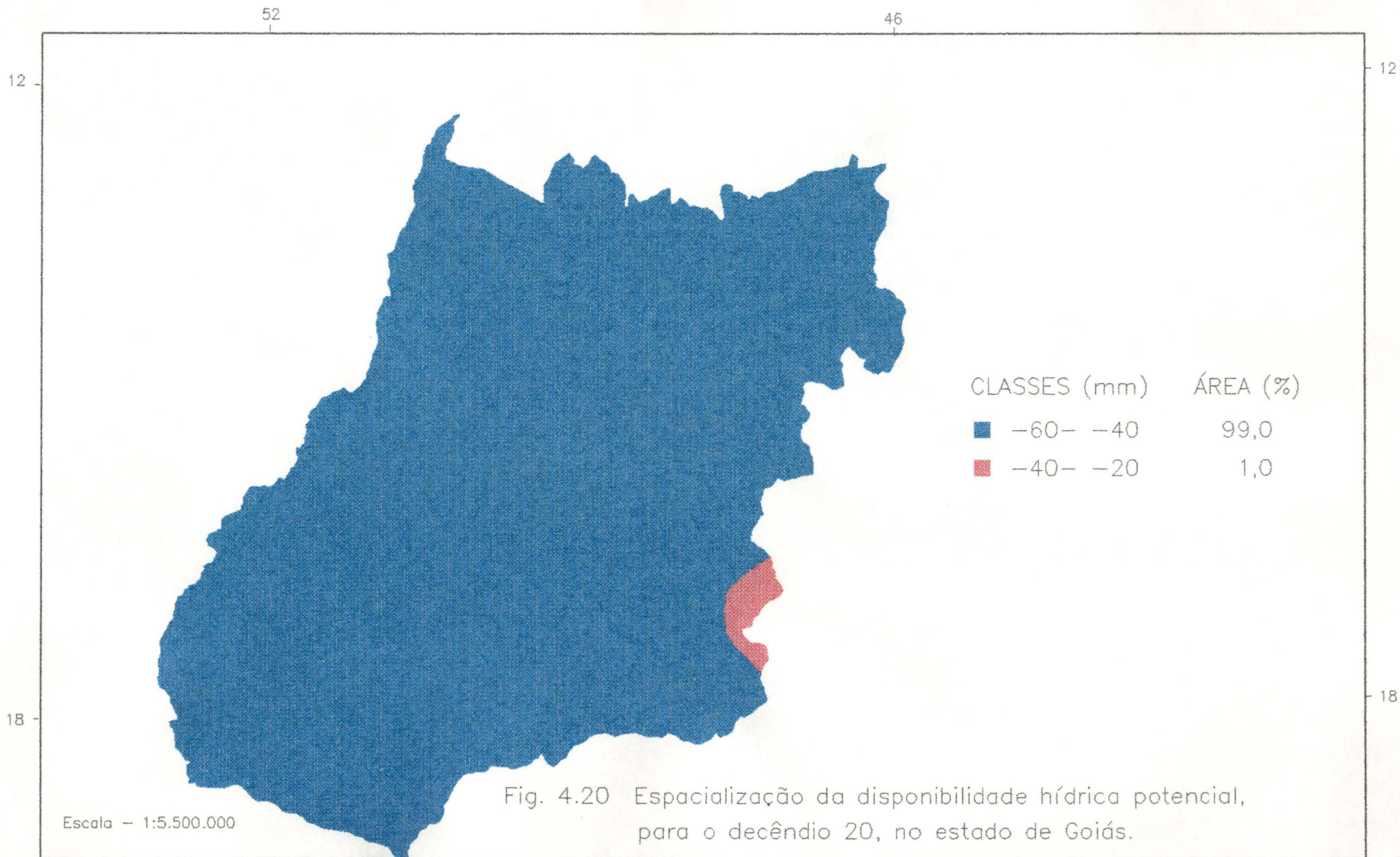


Fig. 4.19 Espacialização da disponibilidade hídrica potencial, para o decêndio 19, no estado de Goiás.





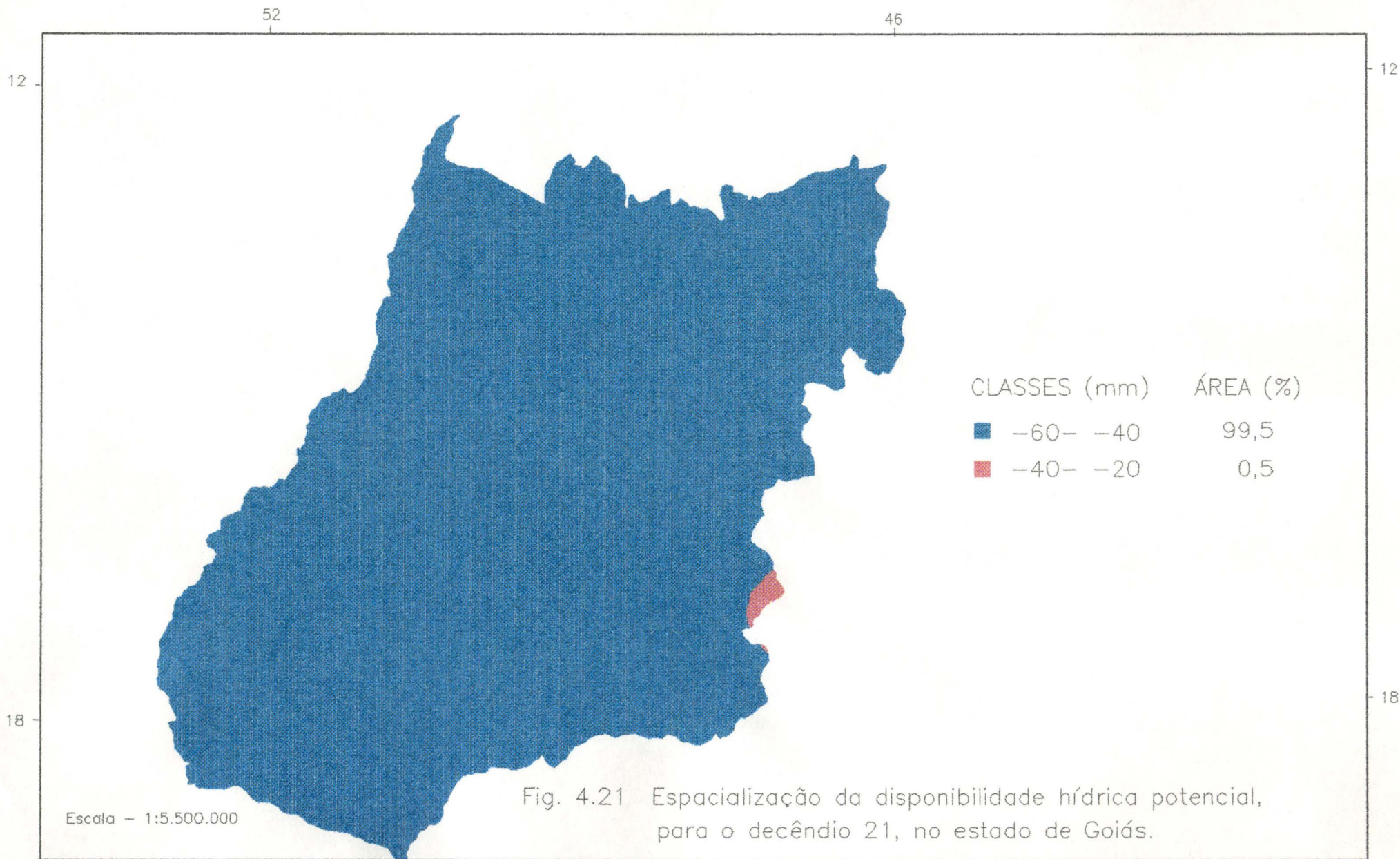


Fig. 4.21 Espacialização da disponibilidade hídrica potencial, para o decênio 21, no estado de Goiás.





Fig. 4.22 Espacialização da disponibilidade hídrica potencial, para o decênio 22, no estado de Goiás.

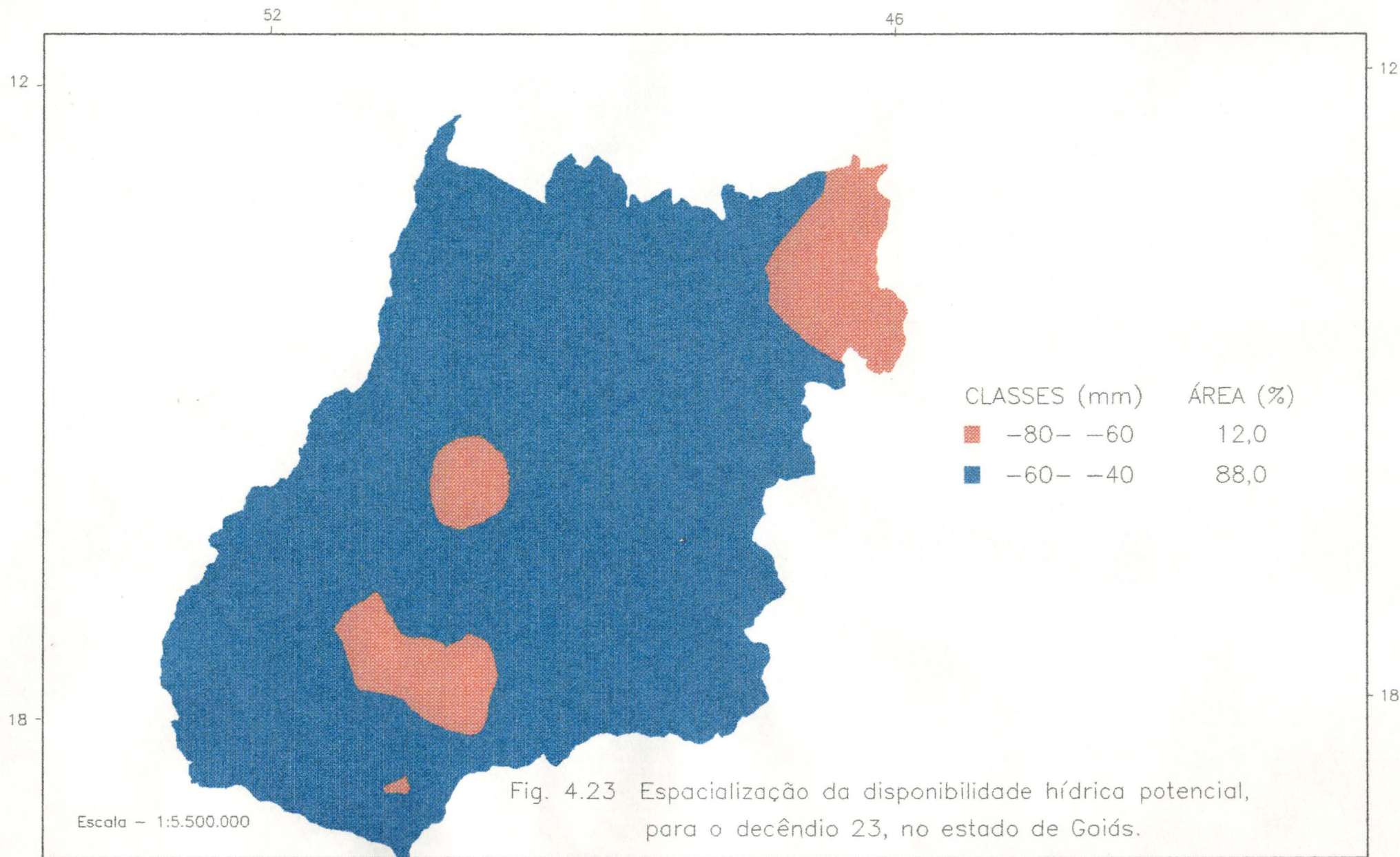


Fig. 4.23 Espacialização da disponibilidade hídrica potencial, para o decêndio 23, no estado de Goiás.

Escala - 1:5.500.000



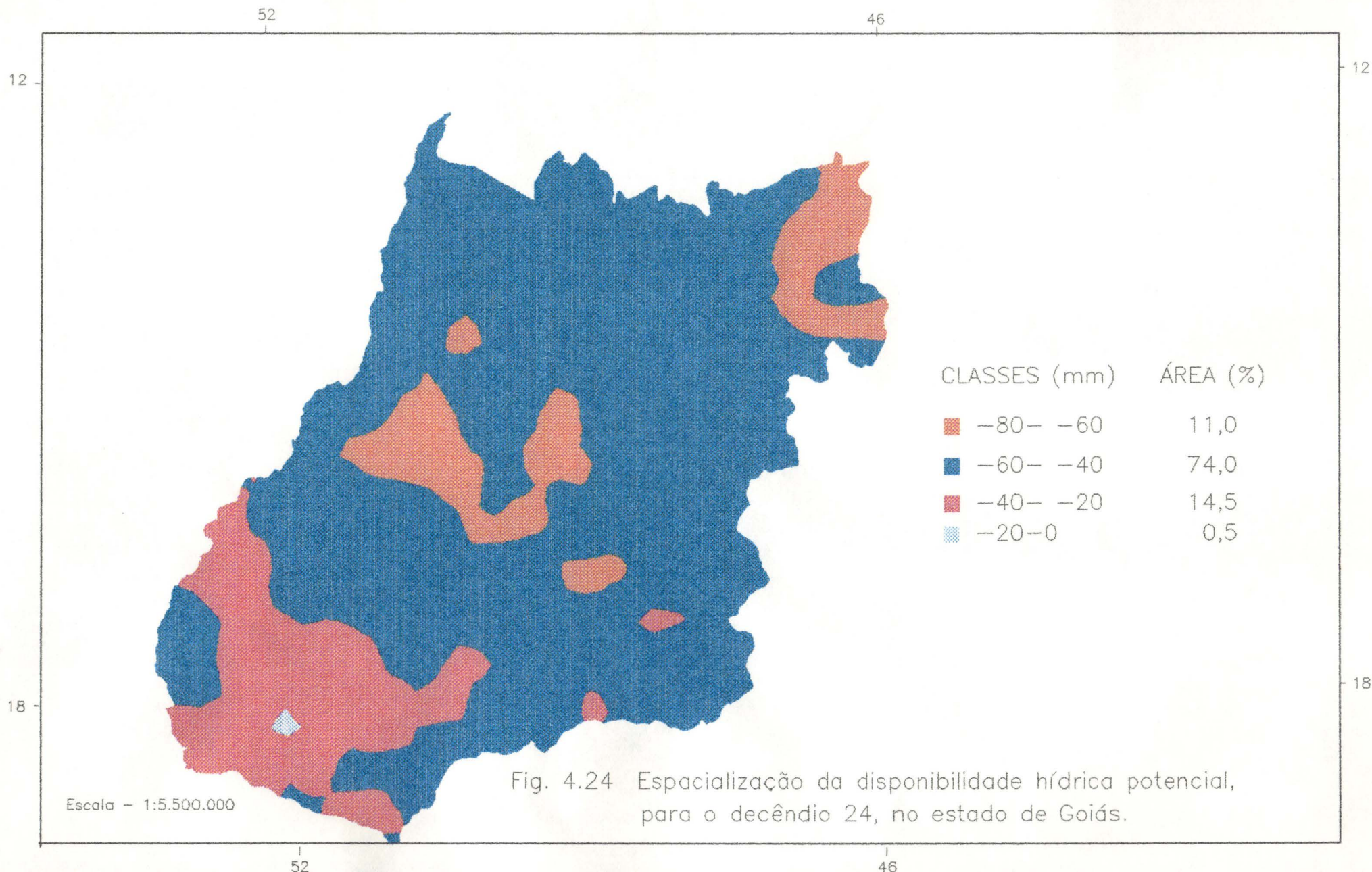


Fig. 4.24 Espacialização da disponibilidade hídrica potencial, para o decênio 24, no estado de Goiás.

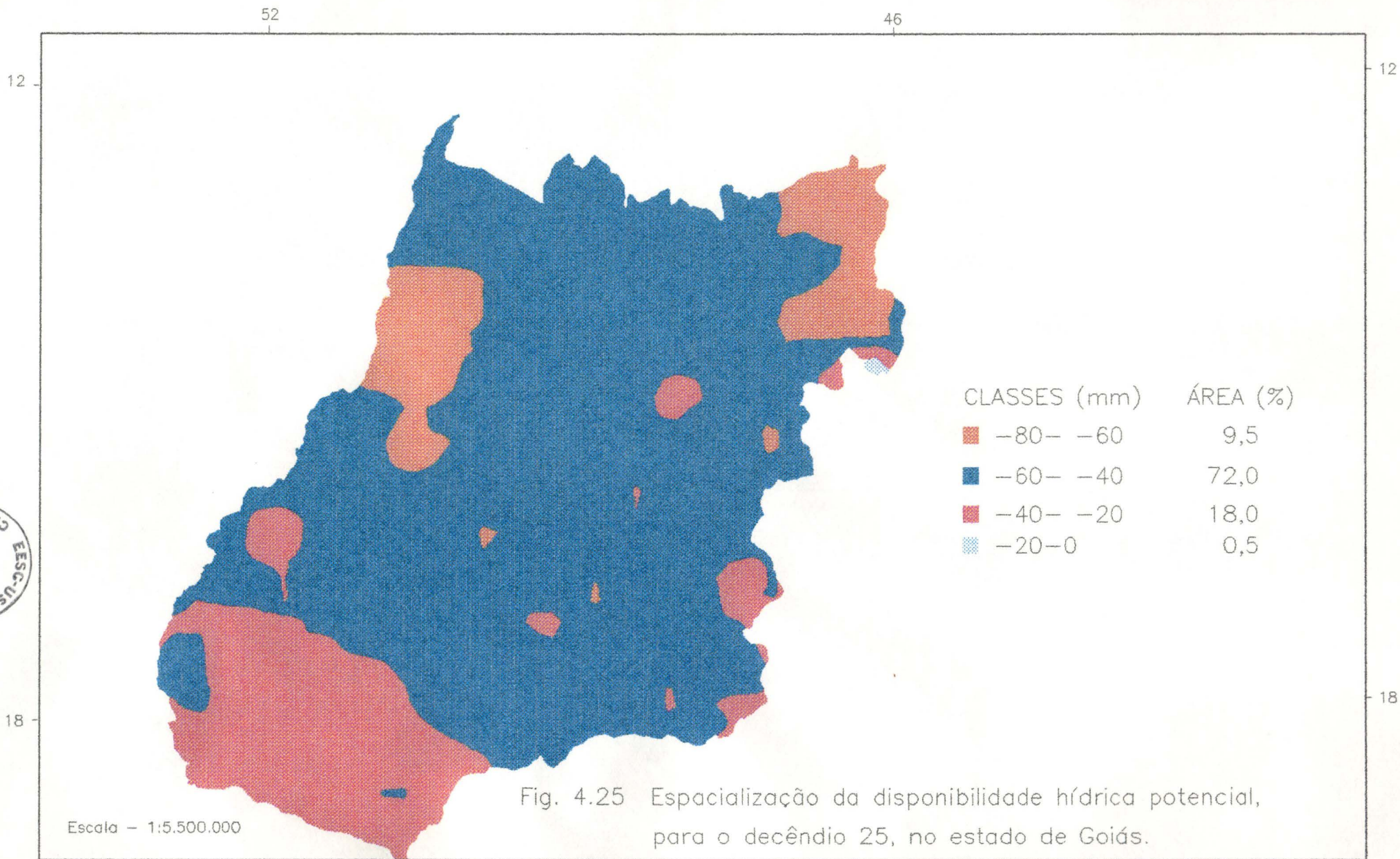


Fig. 4.25 Espacialização da disponibilidade hídrica potencial, para o decênio 25, no estado de Goiás.

Biblioteca  
EESC-USP  
CAMPUS DE  
CARLOS

Escala - 1:5.500.000



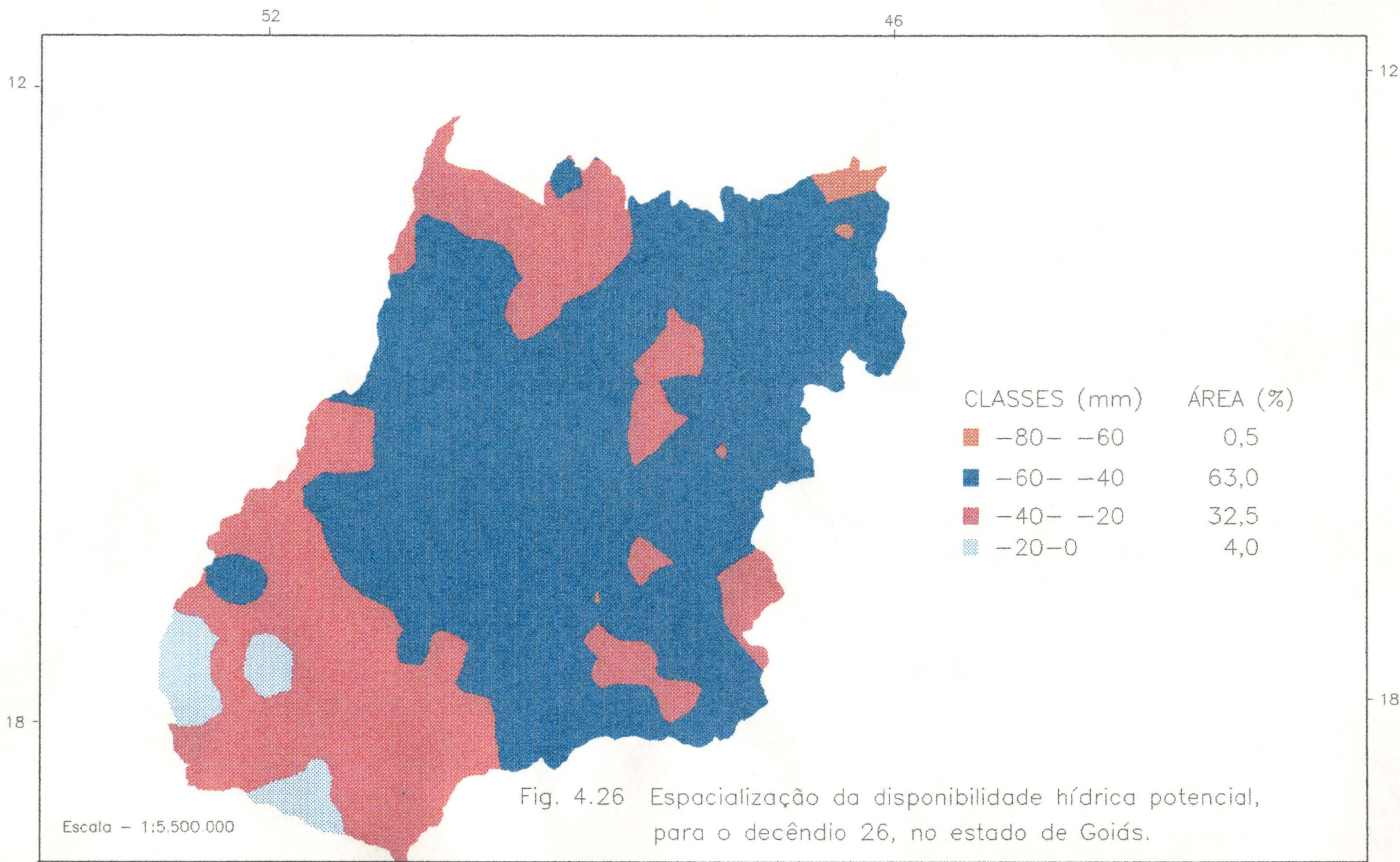


Fig. 4.26 Espacialização da disponibilidade hídrica potencial, para o decênio 26, no estado de Goiás.

Escala - 1:5.500.000



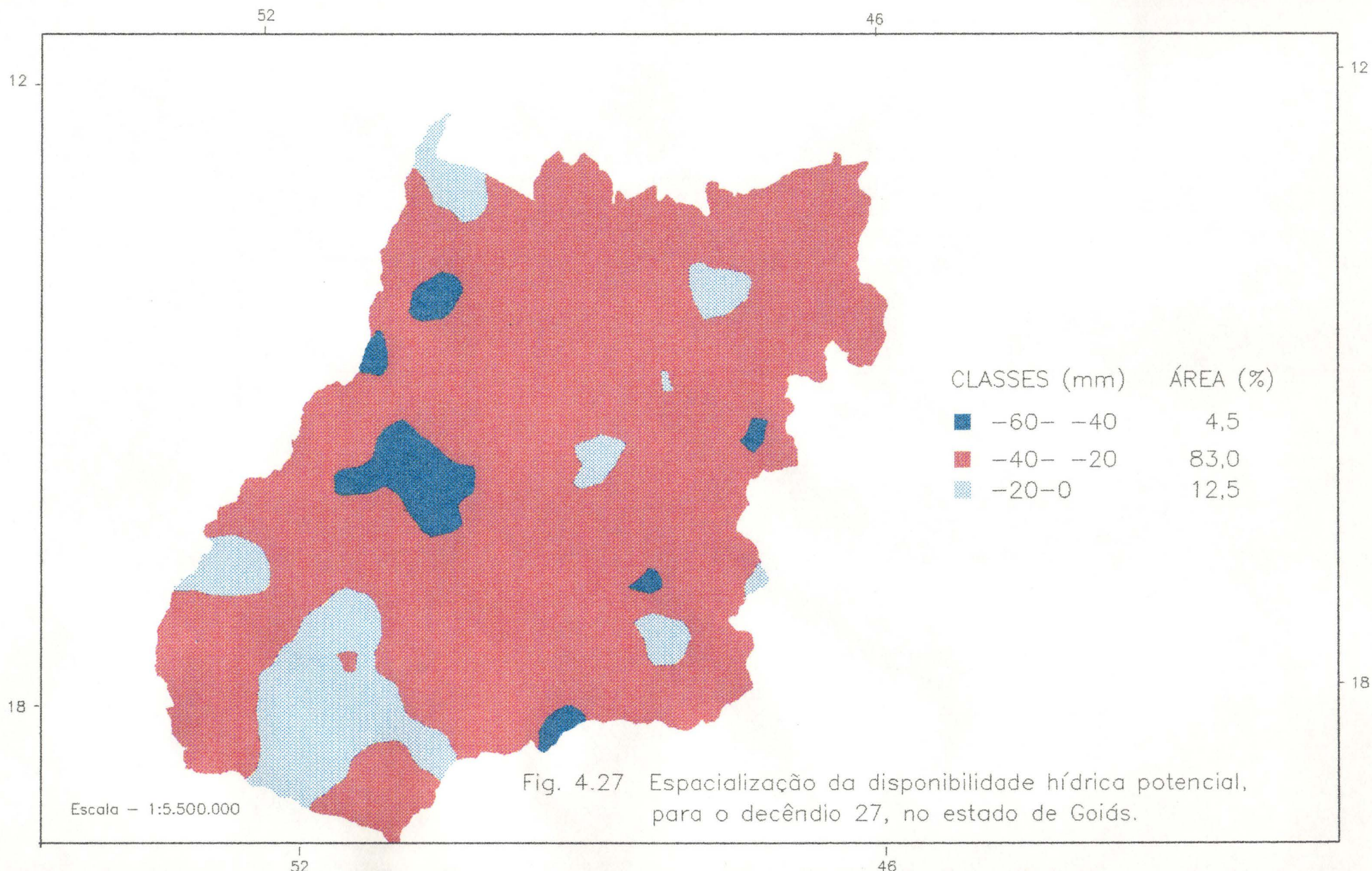


Fig. 4.27 Espacialização da disponibilidade hídrica potencial, para o decêndio 27, no estado de Goiás.

O comportamento espacial da disponibilidade hídrica no decêndios 28; 29; 30 e 31 é mostrado nas Figuras 4.28; 4.29; 4.30 e 4.31 respectivamente. Na análise dessas figuras observa-se que o estado ainda apresenta uma deficiência hídrica considerável da ordem de 0 mm a 40 mm, principalmente nos decêndios 28 e 29. No entanto, pode-se observar também nessas figuras algumas áreas no estado que já apresentam um excesso hídrico climático que varia de 0 mm a 40 mm.

A deficiência de água tende a diminuir no estado com a chegada do decêndio 30 delimitado pelo período de 18 a 27 de outubro e representado pela Figura 4.30, onde são poucas as áreas das regiões norte e sul que ainda apresentam um déficit da ordem de 20 mm.

Analisando a Figura 4.31, que corresponde à espacialização da disponibilidade hídrica no decêndio 31, pode-se observar que a deficiência hídrica continua da ordem de 0 mm a 20 mm, porém restrita aos municípios de Campinaçu e São Domingos. O restante do estado apresenta excesso climático de água que varia de 20 mm a 60 mm, para todas as regiões. Esse excesso hídrico observado nos quatro últimos decêndios caracteriza o início da estação chuvosa no estado, onde a evapotranspiração, apesar de ser elevada, é superada pelo índice pluviométrico.

A estação chuvosa, aqui caracterizada pelo excesso hídrico observado nas Figuras 4.28 a 4.31, iniciada timidamente em outubro, torna-se marcante a partir dos 32º e 33º decêndios, período que equivale de 7 a 26 de novembro, Figuras 4.32 e 4.33. Com o acréscimo de chuvas nesses decêndios, percebe-se que o excesso hídrico já alcança 100mm em algumas partes do estado, porém o que predomina são os excessos representados

pelas classes de 40mm a 60 mm e 60 mm a 80 mm que se distribuem em grande parte do estado.



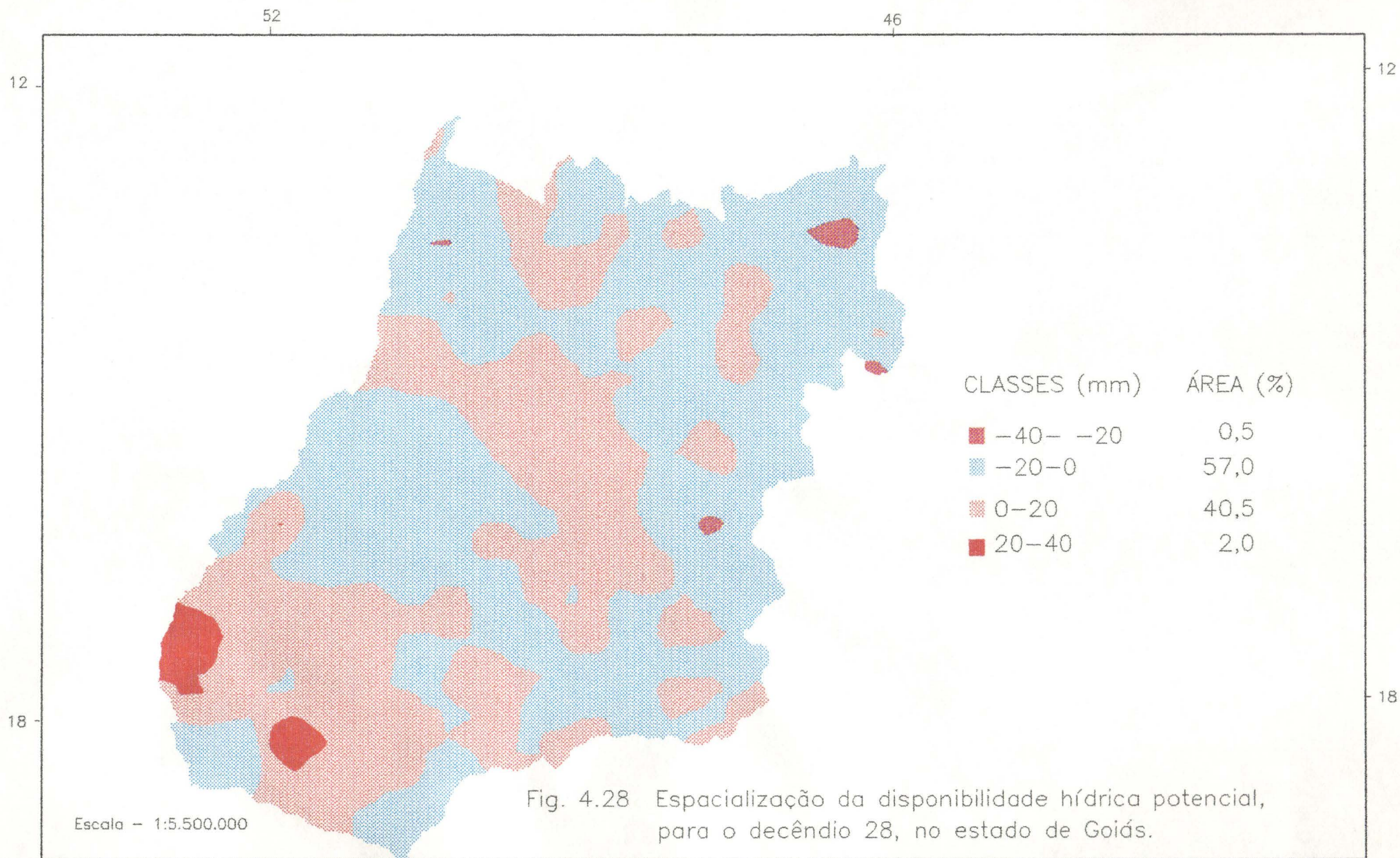


Fig. 4.28 Espacialização da disponibilidade hídrica potencial, para o decênio 28, no estado de Goiás.



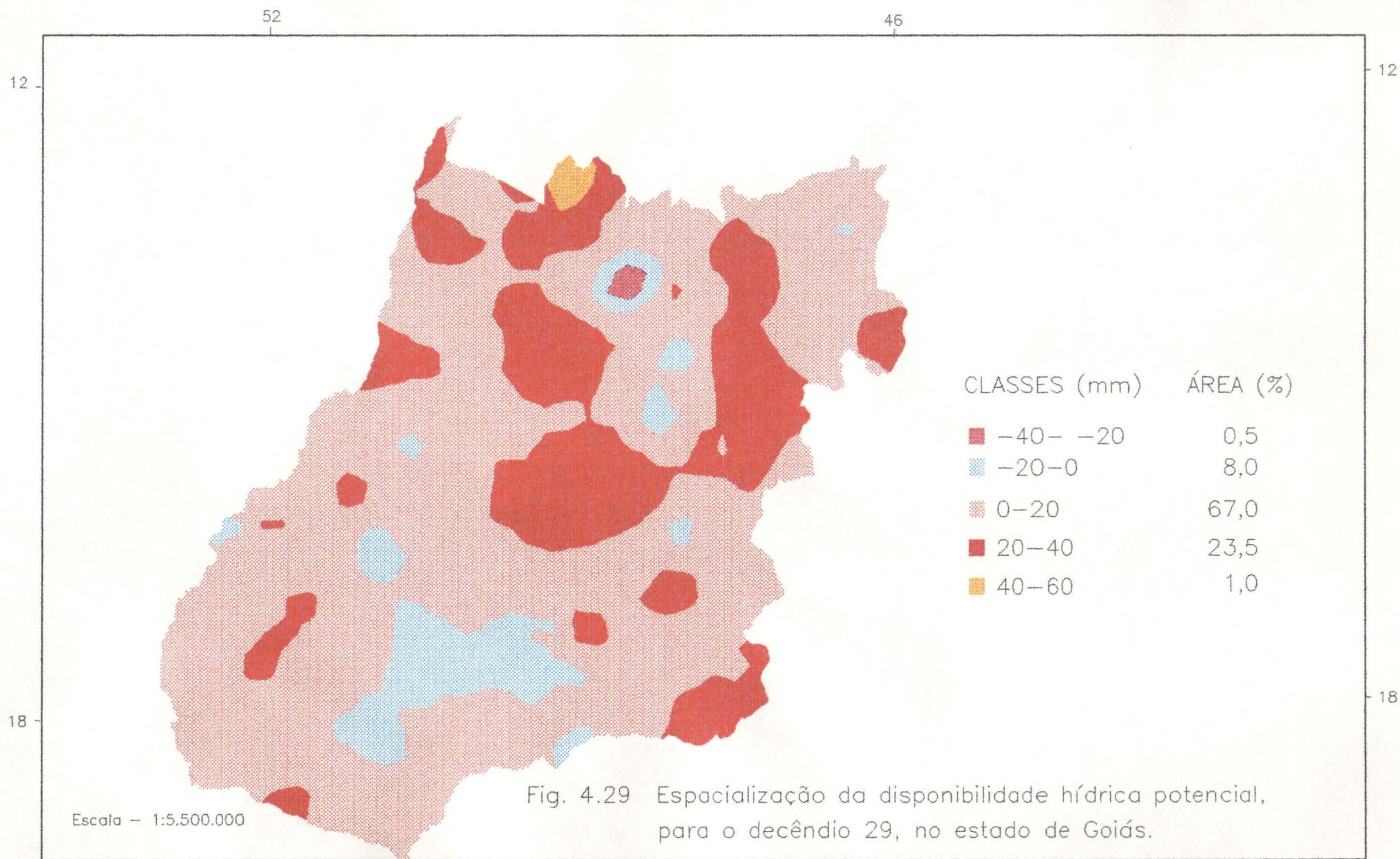
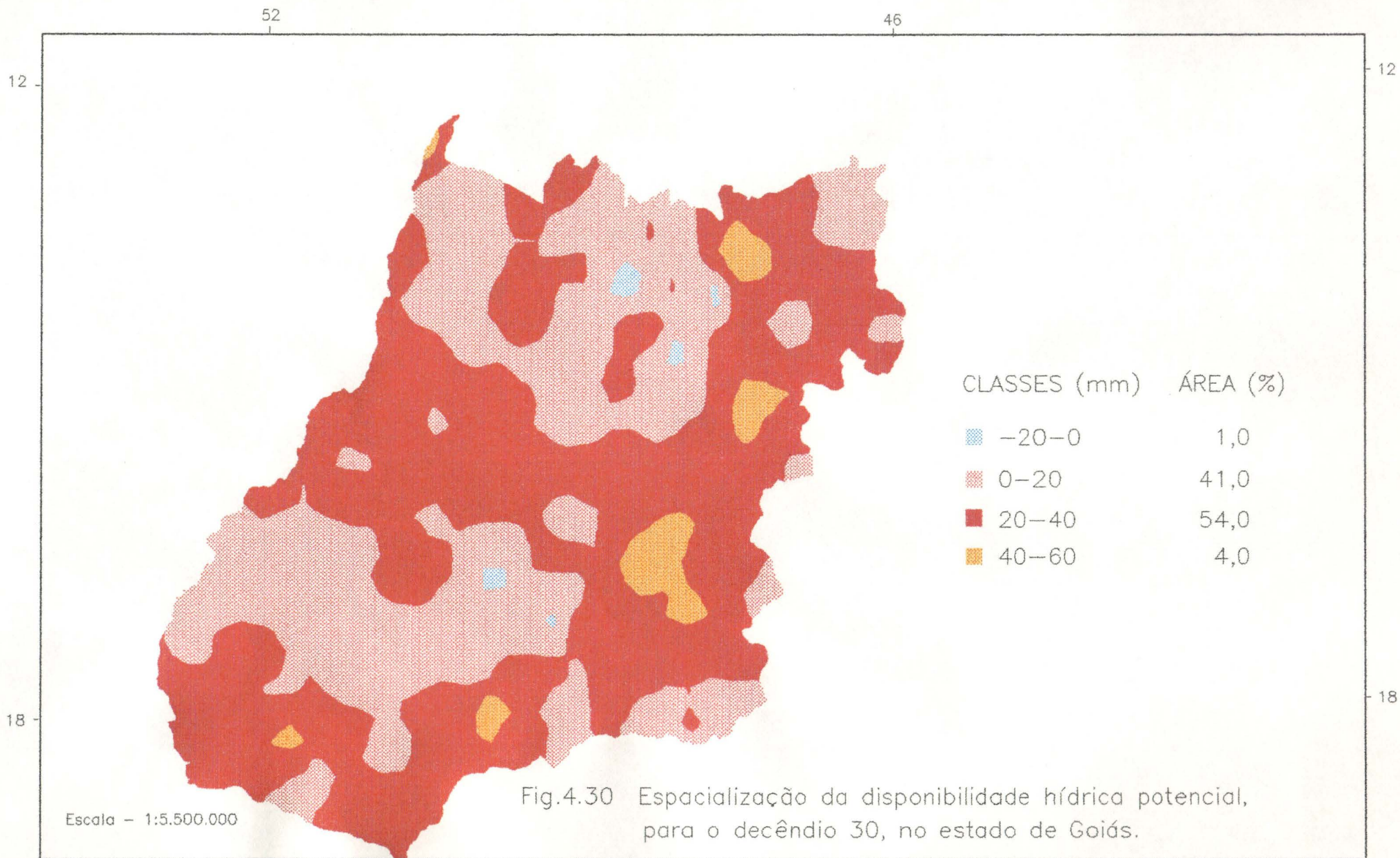
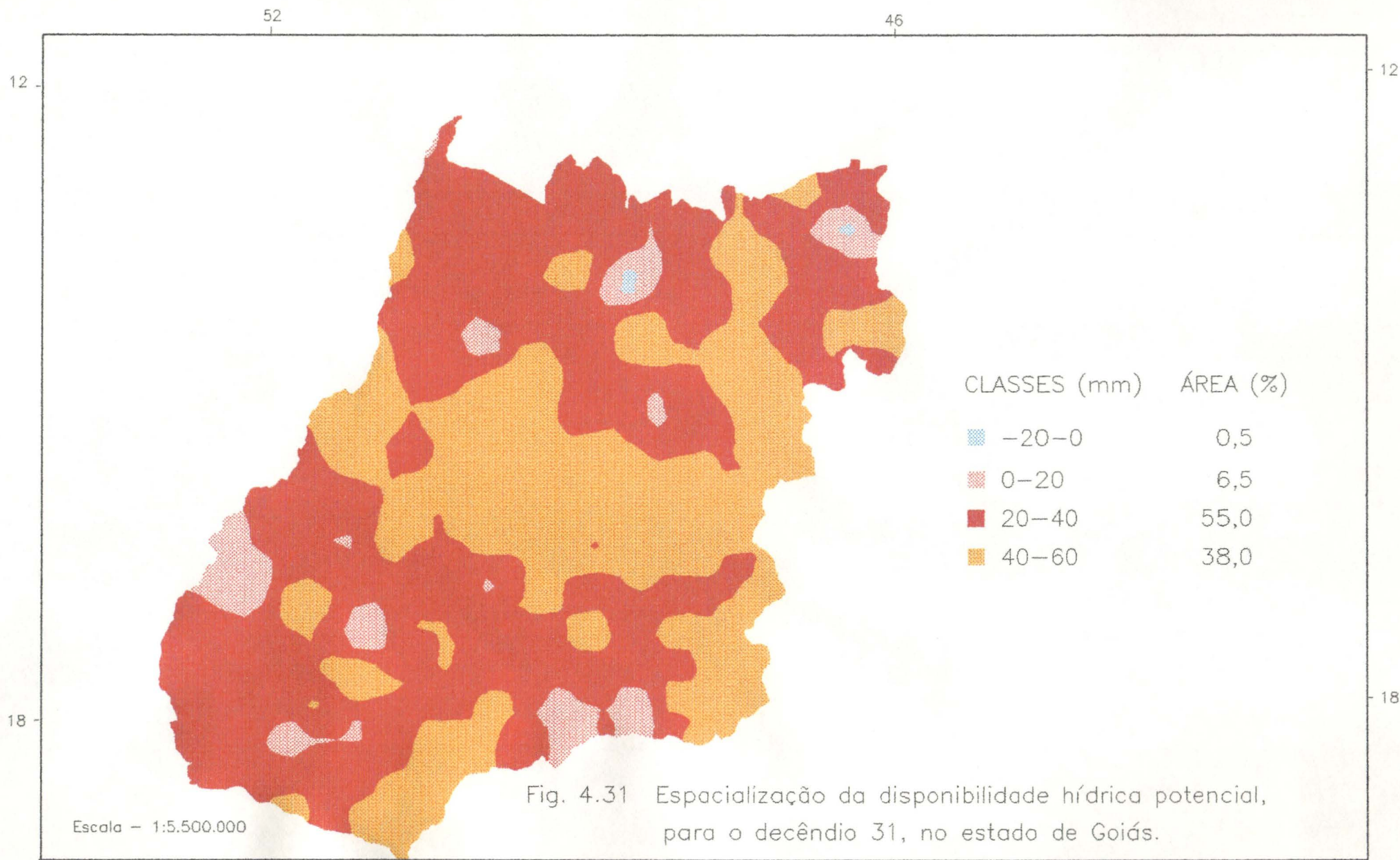


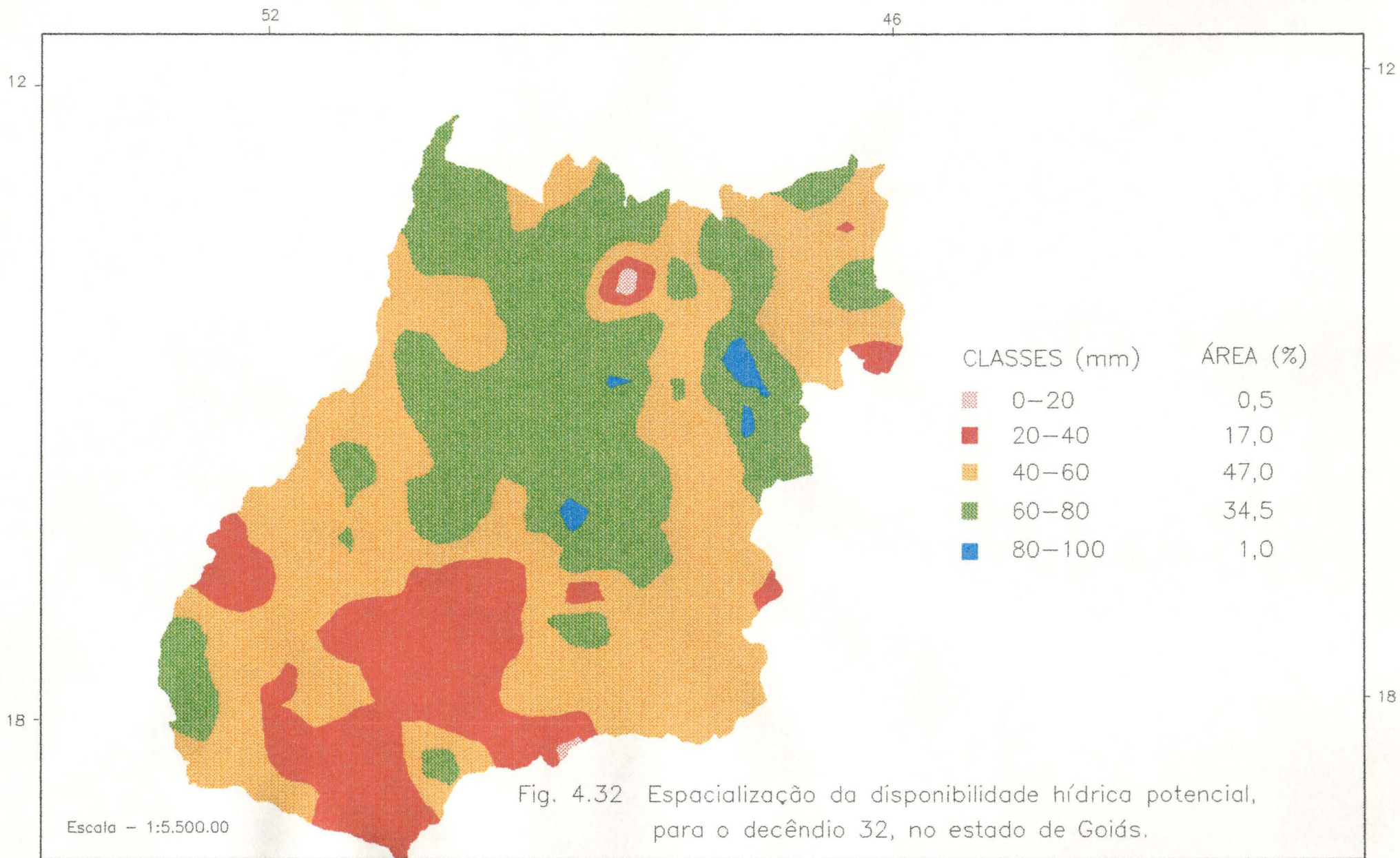
Fig. 4.29 Espacialização da disponibilidade hídrica potencial, para o decêndio 29, no estado de Goiás.

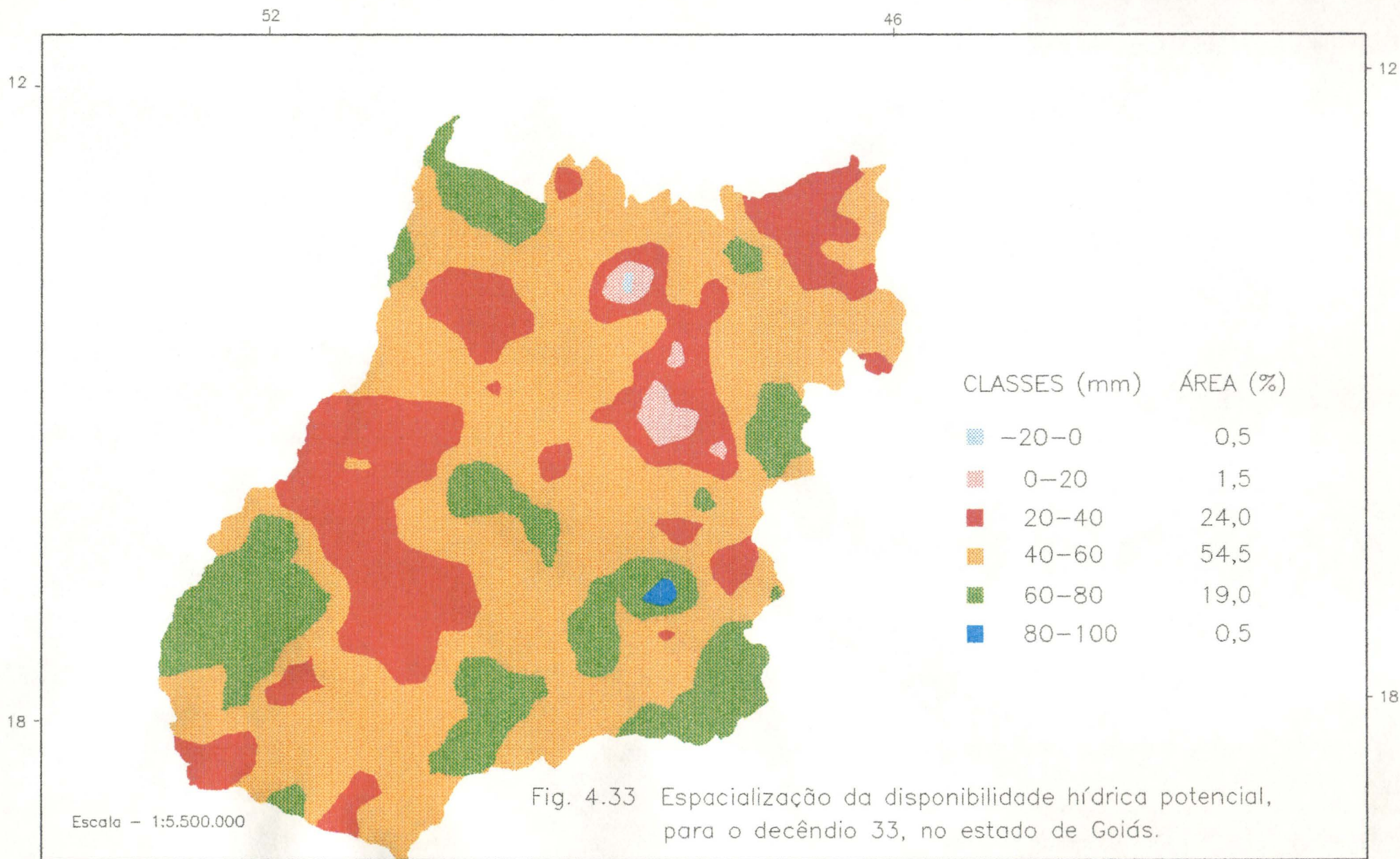












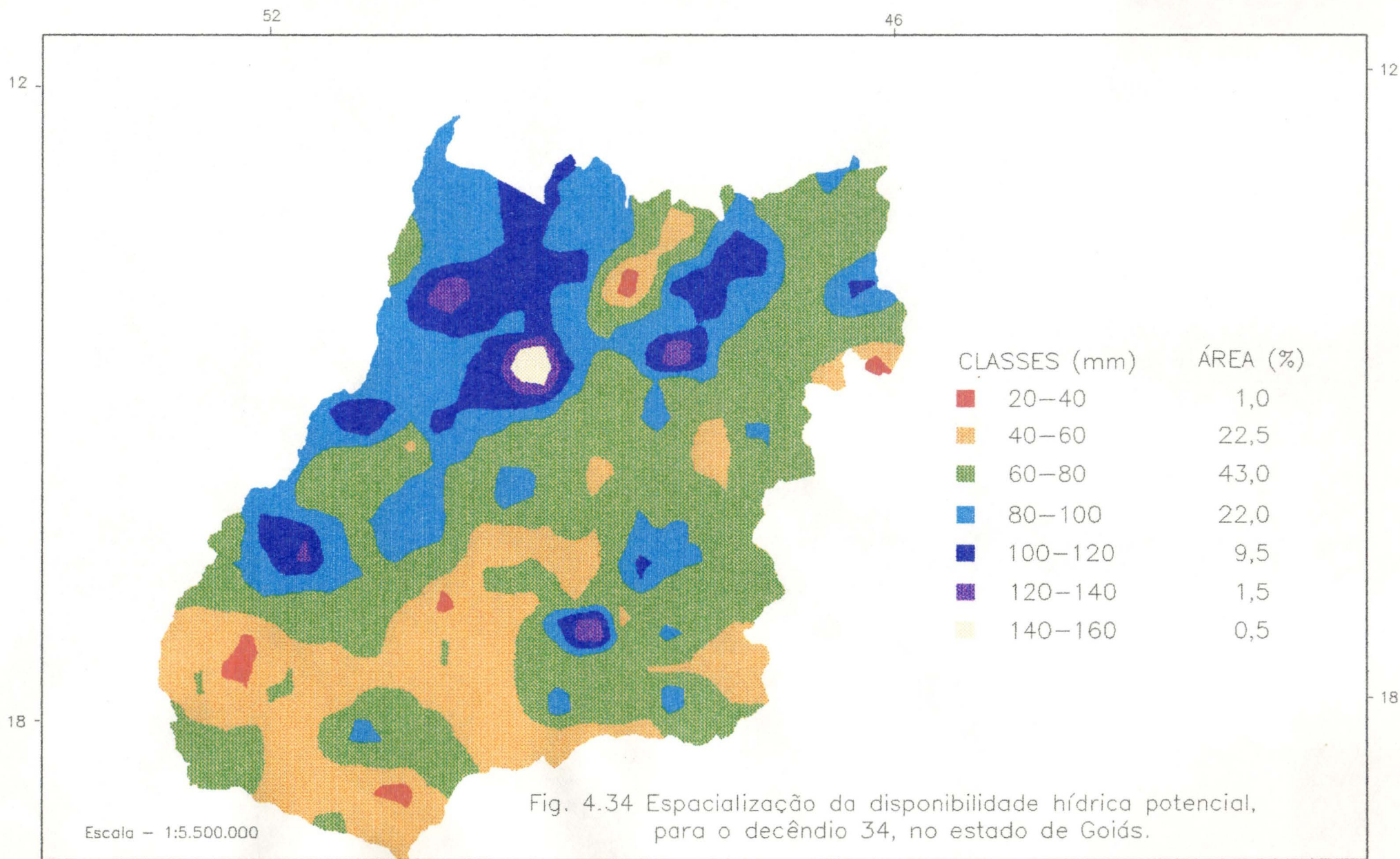


Da análise da disponibilidade hídrica nos decêndios 34 a 37, representada pelas Figuras 4.34 a 4.37, percebe-se que o acréscimo do índice pluviométrico se manteve, e o excedente hídrico climático chega a ultrapassar os 150 mm na região central de Goiás, no decêndio 34, e alcança os 200 mm no decêndio 36, Figuras 4.34 e 4.36 respectivamente.

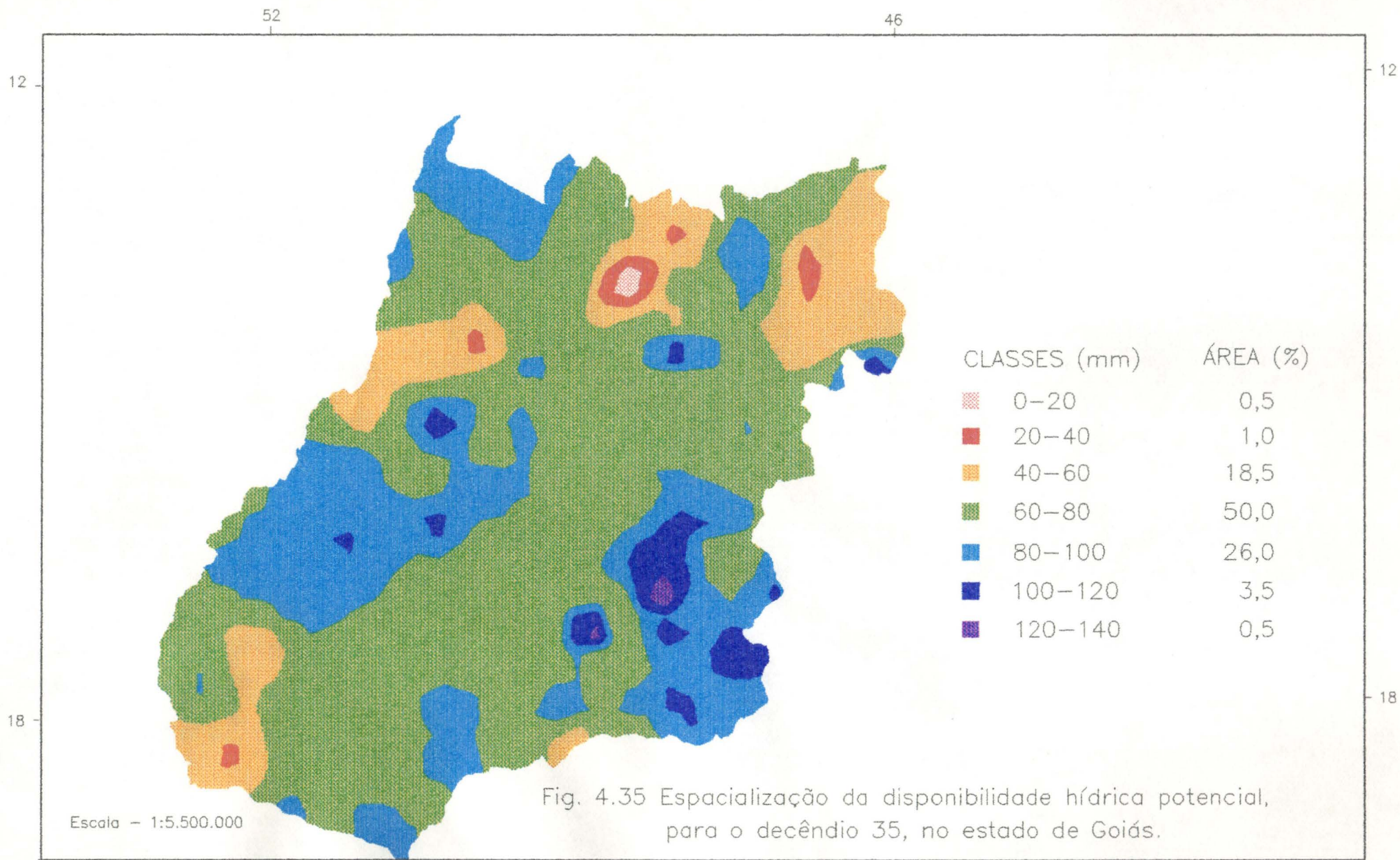
De maneira geral, do decêndio 1 ao decêndio 10, período compreendido entre 1 de janeiro a 10 de abril e, depois do decêndio 30 ao decêndio 37, ou seja, de 18 de outubro a 31 de dezembro, caracterizado como período chuvoso, observa-se que o estado de Goiás apresenta excesso hídrico climático superior a 40 mm, isso demonstra que apesar da alta taxa evapotranspirativa nesse período, o Estado apresenta elevados índices pluviométricos, cuja forma de distribuição, segundo NIMER (1989), se deve ao sistema de circulação perturbada de oeste, o seu principal causador de chuvas, que assume uma tendência de decréscimo de importância de norte para sul e de noroeste para leste. Esse fato influenciou de maneira decisiva a distribuição espacial do excesso hídrico no Estado, onde a mesma tendência foi observada, ou seja, ele diminui de importância de norte para sul e de noroeste para leste, sendo nesta última região, geralmente, onde se concentra os menores índices de excesso hídrico climático. Observou-se também para o período chuvoso uma distribuição espacial do excesso hídrico climático bastante heterogêna, isso acontece em virtude desse período sofrer o domínio da oferta pluviométrica que sempre apresenta alta variabilidade numa determinada região.

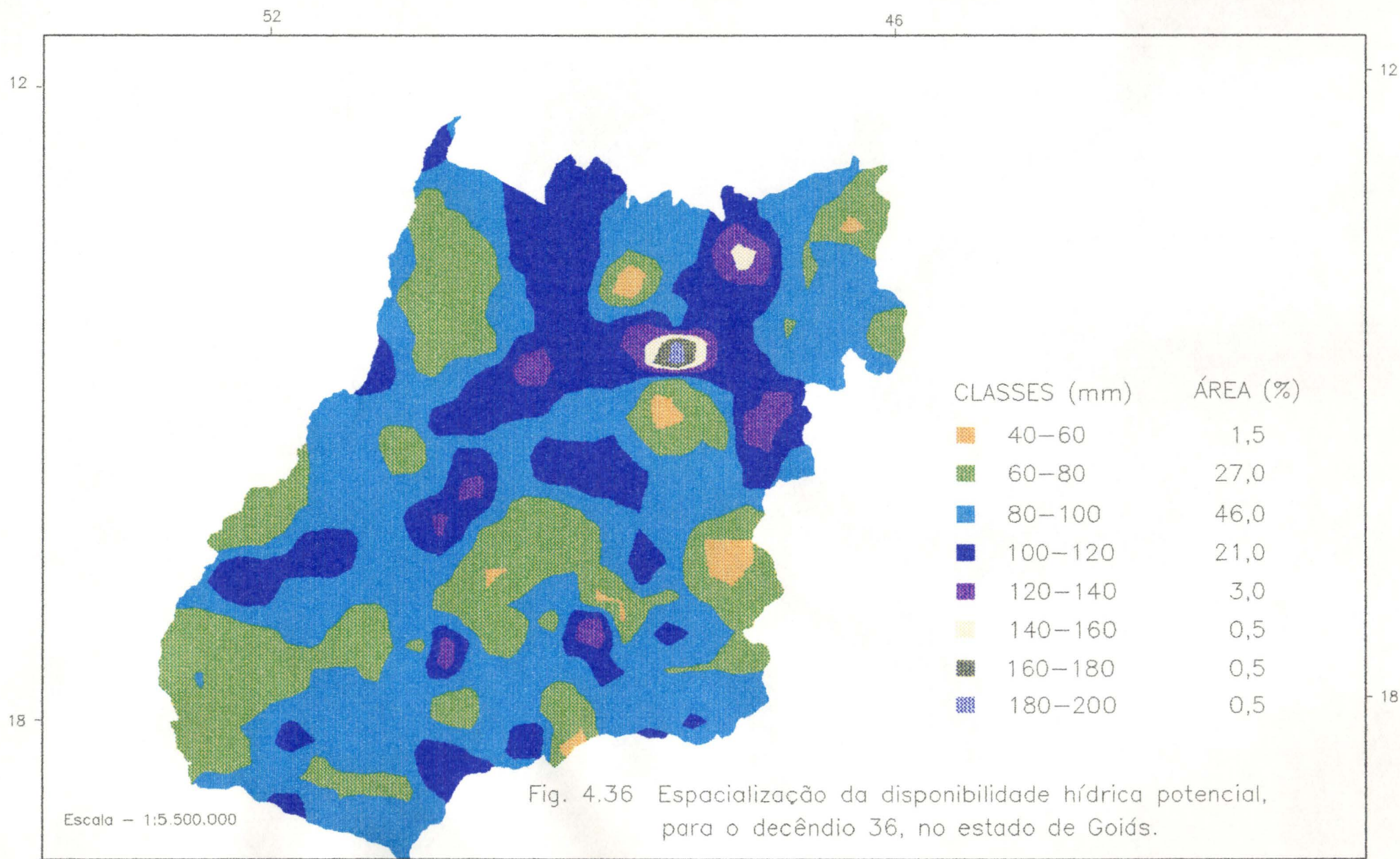
Do decêndio 14 ao decêndio 27, período compreendido entre 11 de maio a 27 de setembro, as chuvas são muito escassas, pois, são

raríssimas as passagens das correntes perturbadas de oeste, que como já foi frisado anteriormente, é o principal sistema causador de chuvas no Estado, ficando o mesmo sujeito a um longo período seco, caracterizado pelo alto teor de água evapotranspirada. A evapotranspiração nessa época do ano supera as ocorrências de chuvas e dá origem aos déficits hídricos climáticos, que podem ser observados nas Figuras 4.14 a 4.27, cuja distribuição espacial é mais homogêna. Essa homogeneidade deve-se ao fato do período ser marcado pela evapotranspiração potencial que nesse estudo é função da temperatura e varia bem menos do que a precipitação.

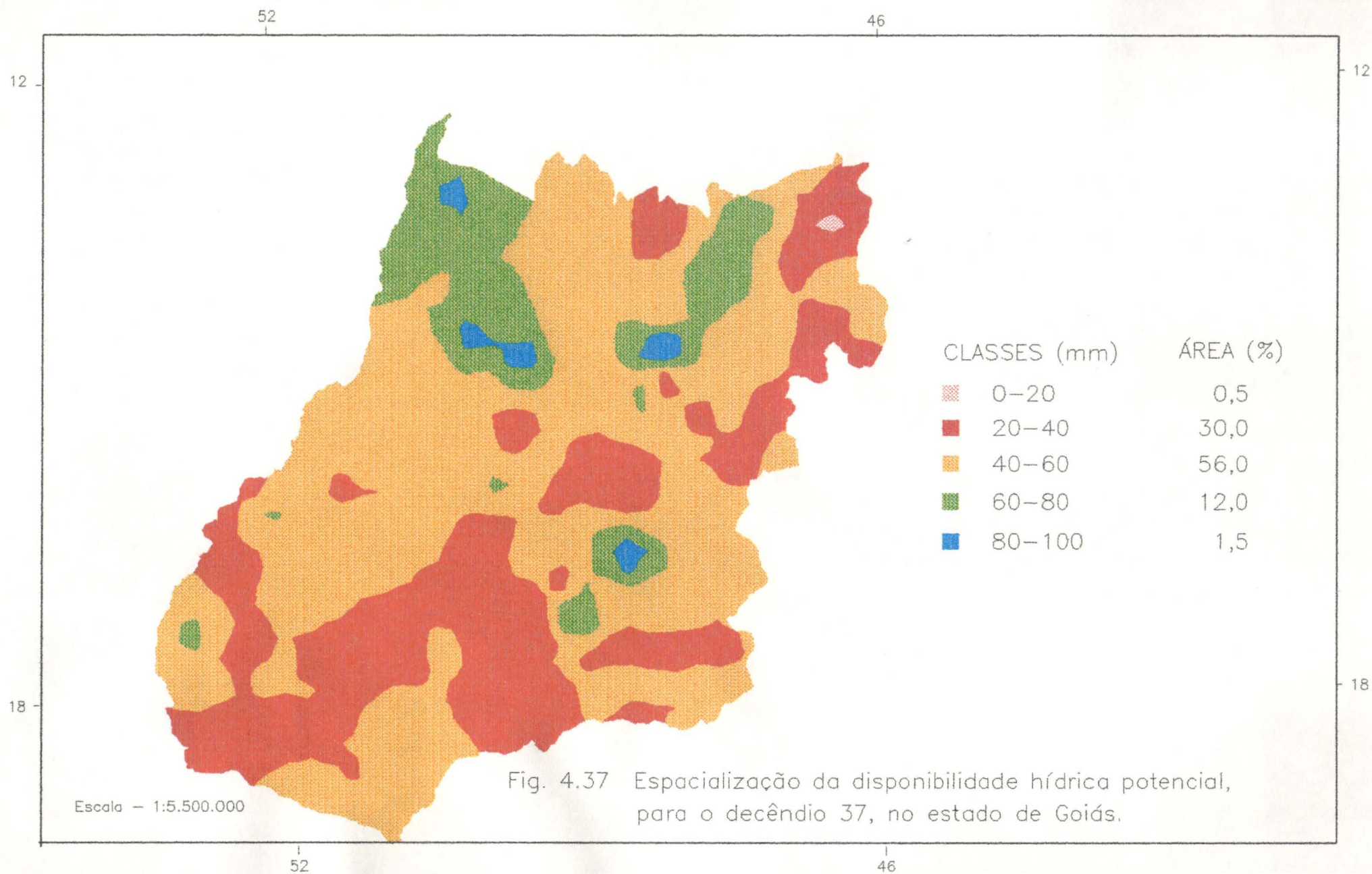












A figura 4.38 representa os percentuais da área do estado de Goiás com excesso e déficit hídricos a cada decêndio. Analisando essa figura, observa-se que a partir do decêndio 1 até o decêndio 10, toda a área do estado (100%) apresenta excesso climático, com exceção dos decêndios 8 e 10, onde, em cada um deles, 0,5% da área do estado apresenta um déficit de até 20 mm. No decêndio 1 predominam as classes 60 mm a 80 mm e 80 mm a 100 mm, onde ambas representam 38% e 38,5% da área do estado respectivamente.

A partir do decêndio 8 até o decêndio 10, observa-se uma redução do excesso climático, sendo que mais de 50% da área do estado está representada pela classe 40 mm a 60 mm de excesso climático nos decêndios 8 e 9, enquanto que no 10º decêndio, 64% da área está representada pela classe 20 mm - 40 mm de excesso hídrico.

Os decêndios 11, 12 e 13 representa o período de transição entre o fim da estação chuvosa e o início da estação seca. No decêndio 11, 66,5% da área do estado apresenta excesso climático irrelevante, representado pela classe de 0 mm 20 mm. A partir desse decêndio, observa-se também, o surgimento de áreas significativas (21% do território de Goiás) com déficit hídrico climático. O percentual de 66,5% que representa a classe 0 mm - 20 mm no decêndio 11, diminui bastante e passa a ser de apenas 6% no decêndio seguinte.

CONDÉ (1995) afirmou que o cerrado *sensu strictu* evapotranspira 1,9 mm/dia na estação seca. Analisando-se a Figura 4.38 pode-se observar que do decêndio 11 ao decêndio 14, ou seja, de 11 de abril a 20 maio, o Estado já acumula uma deficiência hídrica de 60 mm, não

atendendo portanto, às necessidades hídricas da vegetação natural que fica susceptível às queimadas que vão se agravando com o prolongamento do período seco. A fase mais crítica ocorre nos meses de agosto e setembro quando a deficiência hídrica é mais elevada e, concomitantemente observa-se no Estado altas temperaturas do ar, baixa umidade relativa do ar e ventos mais fortes.

A Figura 4.38 mostra ainda que fica consolidado um déficit hídrico climático que varia de 0 mm a 80 mm, a partir do 13º decêndio estendendo-se até o 27º decêndio. Nos decêndios 17; 18 e 19 mais de 84 % da área do estado apresenta deficiência hídrica de 60 mm e menos de 16% da área está representada por uma deficiência hídrica que varia de 20 mm a 40 mm. Já nos decêndios 20 e 21, 99% a 99,5%, do território de Goiás apresenta um déficit hídrico climático entre 40 mm e 60 mm. No decêndio 22 essa deficiência se uniformiza e 100% da área, ou seja, todo o estado apresenta um déficit hídrico de até 60 mm, porém nos decêndios 23; 24 e 25 essa deficiência aumenta atingindo os 80 mm, e representam nesses respectivos decêndios 12%, 11% e 9,5% da área total do estado.

Pode-se observar também na Figura 4.38 que o estado de Goiás é caracterizado por duas estações climáticas bem caracterizadas: uma chuvosa que se inicia entre os meses de setembro e outubro e que vai até o mês de abril e, outra estação seca, marcada por profunda deficiência hídrica causada pela redução drástica da oferta pluviométrica. Essa estação seca se inicia entre os meses de abril-maio e se estende até parte dos meses setembro-outubro, caracterizando dessa maneira 5 a 6 meses de deficiência hídrica climática sobre o Estado.

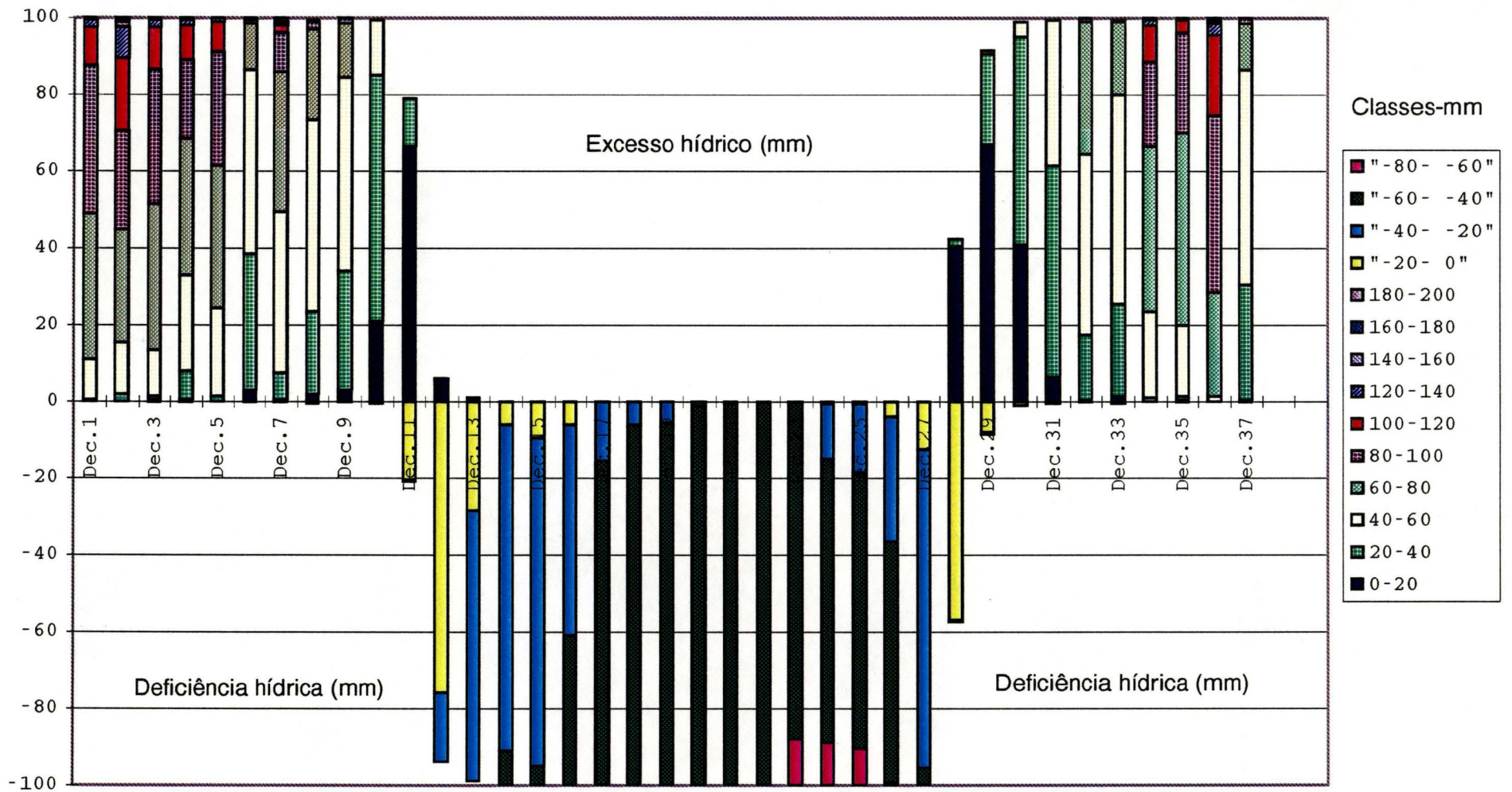


Figura 4.38 - Percentuais da área do estado de Goiás com excesso e déficit hídricos a cada decêndio.



## 5. CONCLUSÕES E SUGESTÕES

Este trabalho possibilitou a obtenção de resultados sobre a precipitação dependente para 144 localidades do estado de Goiás e mais 9 localidades situadas nos estados limítrofes e, de evapotranspiração potencial para 20 localidades, estando 10 situadas no Estado e as demais restantes nos estados limítrofes.

Durante a estação chuvosa o Estado apresenta excesso hídrico climático que diminui de importância de norte para sul e de noroeste para leste, sendo nesta última região onde se registra os menores índices desse excesso. Nesta mesma estação observou-se que o excesso hídrico climático assume uma distribuição espacial bastante heterogênea, ou seja, de forma descontínua formando diversas classes de intervalos de 20 mm. Já no período seco, o Estado apresentou-se com grande deficiência hídrica climática, cujo comportamento espacial é mais homogêneo, onde as classes com intervalos de 20 mm, são melhores agrupadas e alcançam até 80 mm.

Avaliou-se a disponibilidade hídrica potencial, a partir dos dados de precipitação dependente e evapotranspiração potencial, sendo possível conhecê-la em qualquer ponto do Estado para cada período de dez dias.

Os resultados deste trabalho também garantem o estudo de risco para a safinha das culturas de milho e feijão, onde de 31 de janeiro a 31 de março, 4.592.200 ha no estado de Goiás estão aptos para o cultivo de feijão e 510.300 ha para a cultura do milho, no que diz respeito ao excesso hídrico climático.

O estudo revelou que os meses de agosto e setembro são os que apresentam maior deficiência hídrica climática, criando portanto, subsídios importantes para o monitoramento ambiental, pois nesse período, a vegetação natural, que evapotranspira em média 1,9 mm/dia, fica muito susceptível às queimadas.

O Sistema de Informações Geográficas desenvolvido pelo INPE - SGI/INPE, apresentou-se como uma ferramenta importante na estimativa e espacialização da disponibilidade hídrica potencial no estado de Goiás.

Os resultados obtidos nessa pesquisa constituem um banco de dados, que pode representar um instrumento de planejamento agrícola, para ser usado nos planos de ocupação racional do Estado.

As informações climáticas contidas nesse estudo fornecem subsídios necessários para o zoneamento agrícola do estado de Goiás, contribuindo, dessa forma, na caracterização da potencialidade do meio ambiente para uma gestão mais racional de culturas econômicas.

Este trabalho representa uma parcela inicial das necessidades que precisam ser feitas em termos de estudo dos recursos hídricos pluviais do estado de Goiás. Estudos subsequentes serão recomendados, tais como: levantamentos mais detalhados dos solos da região, com o objetivo de possibilitar a realização de balanços hídricos mais específicos, criando dessa forma, subsídios que permitam identificar as culturas que merecem incentivos em cada região, de acordo com sua potencialidade.

Estudos dessa natureza somados aos que já existem fornecerão às autoridades competentes, do estado de Goiás, informações mais precisas



para a definição de uma política agrícola que leve a um aumento da produtividade com a introdução de espécies vegetais mais adaptadas às condições locais. Isto contribuiria para um aproveitamento agrícola racional, preservando os diversos ambientes do Estado, além de favorecer a prática de uma agricultura sustentada e a sobrevivência de populações futuras.

## 6. BIBLIOGRAFIA

ASSAD, E.D.; RODRIGUEZ CASTRO, L.H. Análise frequencial da pluviometria para a estação de Sete Lagoas, MG. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.26, n.3, p.397-402. 1991.

ASSAD, E.D.; SANO, E.E. eds. **Sistemas de informações geográficas: aplicações na agricultura.** EMBRAPA/CPAC - Planaltina. 274P. 1993.

ASSAD, E.D.; SANO, E.E; MASUTOMO, R; RODRIGUES de CASTRO, L.H.; SILVA, F.A.M. Frequência e probabilidade de ocorrência de veranicos na região dos Cerrados brasileiros. Pesquisa Agropecuária Brasileira. v.28, n.9, p.993-1003. 1993.

AZEVEDO, D. da C. **Chuvvas no Brasil: Regime, variabilidade e probabilidades de alturas mensais e anuais.** Brasília, Ministério da Agricultura, Dep. Nac. de Meteorologia, 41p. 1974.

BARGER, G.L.; THOM, H.C.S. Evaluation of drought hazard. **Agronomy Journal**, v. 41, n. 11, p. 519-526, 1949.

BERLATO, M.A.; MOLION, L.C.B. **Evaporação e evapotranspiração.** Boletim Técnico IPAGRO. Porto Alegre, n7, p.3-96. 1981.

BURKART, M.R.; OBERLE, S.L; HEWITT, M.J.; PICKUS, J. Framework for regional agroecosystems characterization using the national resources inventory. **Journal of Environmental Quality**. v.23, n.5, p.866-874. 1994.

CÂMARA, G. Anatomia de sistema de informações geográficas: visão atual e perspectivas de evolução. In ASSAD, E.D.; SANO, E.E. eds. **Sistemas de informações geográficas: aplicações na agricultura**. EMBRAPA/CPAC - Planaltina. 274P. 1993.

CAMPELO Jr., J.H.; CASEIRO, F.T. Métodos de estimativa da evapotranspiração potencial; Relatório de pesquisa. Cuiabá, UFMT/SAGRI/PRONI, 160p.1989.

CONDÉ, R.C.C. **Fluxo de vapor d'água em um cerrado *sensu strictu* do Distrito Federal**. Brasília-DF, impr. univ. 33p. 1995. (Tese Mestrado).

COSTA, M.H. **Modelo de otimização dos recursos hídricos para irrigação, conforme a época de plantio**. Viçosa, MG, Imp. Univ., 11p (Tese Mestrado). 1991.

DI PACE, E.L.; SOUZA, J.L. de, CARMO, M.E.A. do. Ocorrência provável de precipitação mensal para a microrregião de Rio Largo do Estado de Alagoas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEO-ROLOGIA, 6., Maceió - Al, **Anais**. p. 204-207. 1989.

DOORENBOS, J.; PRUITT, W.O. Guidelines for predicting crop water requirements. Rome, FAO, (FAO Irrigation and Drainage Paper, 24), 144p. 1984.

ELLIS, J. Análise estatística das alturas de chuvas anuais e mensais em Manaus, Amazonas. In: MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, DEP. NAC. DE METEOROLOGIA. **Boletim Técnico**, n. 7. Rio de Janeiro, p. 1-12. 1972.

FELGUEIRAS, C.A. **Desenvolvimento de um sistema de modelagem digital de terreno para microcomputadores**. São José dos Campos: INPE, 243p. 1987. (Tese Mestrado).

FRIZZONE, J.A. **Análise de cinco modelos para o cálculo da distribuição e frequência de precipitação na região de Viçosa - MG**. Viçosa, MG, Impr. niv., 100p. 1979. (Tese Mestrado).

HALD, A. **Statistical theory with engineering applications**. New York: Wiley. 783p. 1952.

HARDEE, J.E. **Analysis of colombian precipitation to estimate irrigation requirements**. Utah: Utah State University, 66p. 1971.

- HARGREAVES, G.H. Discussion of consumptive use of water and irrigation water requirements, by M.E. Jensen. **Journal of the Irrigation and Drainage Division**, v.103, n. IR2,, p.287-290. 1977
- HASHMI, M.A.; GARCIA, L.A.; FONTANE, D.G. Spatial estimation of regional crop evapotranspiration. *Transactions of the ASAE*, v 38, n.5, 1345-1351p. 1995.
- HEERMANN, D.F. Evapotranspiration research priorities for the next decade: irrigation. **Trans. of the ASAE**, v. 31, n. 2, p.497-502. 1988.
- JENSEN, M.E.; HAISE, H.R. Estimating evapotranspiration from solar radiation. **Journal of the Irrigation and Drainage Division**, v. 89, n. IR4, part 1, p.15-41. 1963.
- LANNA, A.E. Elementos de estatística e probabilidades. In: TUCCI, C.E.M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. Porto Alegre: Editora da Universidade - ABRH: EDUSP. Coleção ABRH de recursos hídricos; v.4, p79-176. 1993.
- LIMA, M.G.de; PÁDUA, L.E. de M.; MATOS, S.I.A. Evapotranspiração de referência em Teresina - Pi. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 7., Viçosa - MG, 1991. **Resumos**. SBA, p.231-233. 1991.

LINACRE, E.T. A simple formula for estimating evaporation in various climates using temperature alone. *Agricultural Meteorology*, Amsterdam, v. 18, p.409-424. 1977.

LINSLEY, R.K.Jr.; KOHLER, M.A.; PAULHUS, J.L.H. **Hydrology for Engineers**. New York: Mcgraw Hill, 340p. 1958.

LLANO, A. Estudio de probabilidades de lluvia para estaciones chilenas. Oficina Meteorológica de Chile, Santiago, p92-113, 1969.

LUCHIARI Jr, A. Balanço de radiação em milho (*Zea mays L.*) cultivado em área de cerrado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 2., Pelotas, 1981. **Anais**, Pelotas, Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, p.168-169. 1985.

MAROUELLI, W.A. **Análise de distribuição das probabilidades de precipitação, visando ao manejo da irrigação suplementar**. Viçosa, MG, Impr. Univ., 123p. 1983. (Tese Mestrado).

MELO, S.P. **Modelo versátil para estimar as probabilidades de dias chuvosos em intervalos mensais e de alturas diárias de chuva**. Viçosa, MG, Impr. Univ., 93p. 1989, (Tese Mestrado).



MILLER, M.E.; WEAVER, C.R. Monthly and annual precipitation probabilities for climatic divisions in Ohio. In: OHIO AGRICULTURAL RESEARCH AND DEVELOPMENT CENTER. Research Bulletin, n. 1005. Ohio, 11p. 1968.

NASCIMENTO, M.A. S. do. Geomorfologia do Estado de Goiás. Boletim Goiano de Geografia. 12(1); 1-22, jan/dez. 1992.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. 2 ed. Rio de Janeiro: IBGE, 422P. 1989.

PAULHUS, J.L.H.; KOHLER, M.A. Interpolation of missing precipitation records. **Monthly Weather Review**, v. 80, n. 8, p. 129-133, 1952.

PENMAN, H.L. Natural evaporation from open water, bare soil and grass. **Proc. Royal Society London, Ser. A**, v.193, p.120-145. 1948,

PENMAN, H.L. Evaporation: an introductory survey. **Netherlands Journal of Agricultural Science**, v. 4, n. 1, p.9-29. 1956.

PONCE, V.M. **Engineering Hydrology: principles and practices**. New Jersey: Prentice Hall Inc., 640p. 1989.

REICHARDT, K. **Processos de transferência no sistema solo-planta-atmosfera**. Campinas, Fundação Cargil, 286p. 1975.

RODRIGUES NETO, F.R. **Orientação de culturas aptas às condições do Estado do Piauí, segundo as distribuições espacial e temporal da chuva.** Viçosa, MG, Impr. Univ., 48p. 1991. (Tese Mestrado).

ROSENBERG, N.J. **Microclimate; the biological environment.** New York, John Willey & Sons, 305p. 1974.

SAMANI, Z.A.; HARGREAVES, G.H. **A crop water evaluation manual for Brazil.** Utah: Dep. of Agric. and Irrig. Eng., Utah State University, 87p. 1985.

SAS INSTITUTE. **SAS/STAT user's guide, version 6, fourth edition.** Cary, NC, 846 p. 1989.

SILVA, A.P.B.A. **Desenvolvimento de subsídios para aproveitamento hidroagrícola do estado de Sergipe com base nas condições hidrometeorológicas.** São Carlos, SP, impr. univ. 141p. 1992. (Tese Mestrado).

SORIANO, B.M.A. **Estudo comparativo de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração de referência para a sub-região do Pantanal da Nhecolândia-MS.** USP/Piracicaba, SP, 95p. 1991. (Tese Mestrado)

STROMMEN, N.D.; HORSFIELD, J.E. **Monthly precipitation probabilities by climatic divisions: 23 eastern states from the great lakes to the gulf coast.** USDA, Economic Research Service and USDC, Environmental Science Services Administration. n.1160, 141p. 1969.

TANNER, C.B. Evaporation of water from plants and soil. In: KOZLOWSKI, T.T., ed. **Water deficits and plant growth.** New York, Academic Press, p.74-106. 1968.

THOM, H.C.S. A frequency distribution for precipitation, **Abstract, Bulletin American Meteorol. Socie.** v. 32, n.10. 397p. 1951.

THOM, H.C.S. A note on the gamma distribution. **Monthly Weather Review**, v. 86, n. 4, p1 117-122, 1958.

THOM, H.C.S. Some methods of climatological analysis. **World Meteorol. Organization**, n. 81, p. 4-8, 1966.

THOM, H.C.S. **Direct and inverse tables of gama distribution.** Environmental Science Service Administration, Silver Spring. (tecg, report EDS-2), 11p. 1968.

THORNTHWAITE, C.W. An approach toward a rational classification of climate. **Geographical Review**, v.38, n. 1, p.55-94. 1948.

- TUBELIS, A.; NASCIMENTO, F. J. L.do. *Meteorologia Descritiva: fundamentos e aplicações brasileiras*. São Paulo: Nobel. 1987.
- VILLA NOVA, N.A.; REICHARDT, K. *Evaporação e evapotranspiração*. In: RAMOS, F.; OCCHIPINTI, A.G.; MAGALHÃES, P.C.; CLEARY, R.W. **Engenharia hidrológica**. Rio de Janeiro, Editora da UFRJ, (Coleção ABRH de Recursos Hídricos), p.145-197. 1989.
- VILLA NOVA, N.A.; BARBIERI, V.; SCARDUA, R. **Evaporação e evapotranspiração**; principais métodos de estimativa climatológica segundo as recomendações da FAO(1979). Piracicaba, ESALQ/DPTo. de Física e Meteorologia , 15p. 1980.
- VILLELA, S.M.; MATTOS, A. *Hidrologia aplicada*. São Paulo: McGraw Hill do Brasil, 245p. 1975.
- VIVALDI, L.J. *Utilização da distribuição gama em dados pluviométricos*. Brasília, EMBRAPA-DMQ. 1982.
- WEAVER, C.R.; MILLER, M. A precipitation probability computer program. In: OHIO AGRICULTURAL RESEARCH AND DEVELOPMENT CENTER. Research Circular, n. 155. Ohio, 10p. 1967.

## APÊNDICE 1

## PROGRAMA EM LINGUAGEM SAS PARA O CÁLCULO DA PRECIPITAÇÃO DEPENDENTE, ATRAVÉS DA FUNÇÃO GAMA.

```
DATA UM;
INPUT ANO;
  DO DEC = 1 TO 37;
    INPUT (MM1-MM10) (10*6.1);
    N=N(OF MM1-MM10);
    M=(SUM(OF MM1-MM10));
    IF N<5 THEN MM=.;
    ELSE IF DEC<37 THEN MM=M+(((.6*M)/N)*(10-N));
    ELSE MM=SUM (OF MM1-MM6);
    OUTPUT;
  END;
CARDS;
```

```
DATA ERRO;
SET UM;
IF MAX(OF MM1-MM10) > 100;
PROC PRINT DATA=ERRO NOOBS;
```

```
DATA QUAT;
SET UM;
IF MM= . THEN I=0;
ELSE I=1;
IF MM=0 THEN Z=1;
ELSE Z=0;
PROC SORT DATA=QUAT;
BY DEC;
PROC MEANS SUM NOPRINT DATA=QUAT;
VAR I Z;
BY DEC;
OUTPUT OUT=CINC SUM=N Z;
```

```
DATA CINC;
SET CINC;
P=Z/N;
Q=1-P;
NM=N-Z;
DATA DOIS;
SET UM;
IF MM=0 THEN MM=.;
IF MM>0 THEN LM=LOG(MM);
PROC SORT DATA=DOIS;
BY DEC;
```



```
PROC MEANS MEAN SUM NOPRINT DATA=DOIS;
VAR MM LM;
BY DEC;
OUTPUT OUT=TRES MEAN=MM MLM SUM=SMM SLM;
```

```
DATA SEIS;
MERGE TRES CINC;
BY DEC;
R=LOG(MM)-(SLM/NM);
A=12*R;
FORMA=(6+(SQRT(36+(4*A))))/(2*A);
ESCALA=MM/FORMA;
DO PROBABIL=.05 TO 0.95 BY 0.05;
PROB=(PROBABIL-P)/Q;
IF PROB>0 THEN W=GAMINV(PROB,FORMA);
ELSE W=.;
PRECIPIT=W*ESCALA;
OUTPUT;
END;
KEEP DEC P FORMA ESCALA PROBABIL PRECIPIT;
PROC TRANSPOSE DATA=SEIS OUT=SETE;
BY DEC P FORMA ESCALA;
ID PROBABIL;
```

```
DATA SETE;
SET SETE;
DROP _NAME_;
PROC PRINT DATA=SETE NOOBS;
FORMAT FORMA ESCALA 5.2
_0D05 _0D1 _0D15 _0D2 _0D25 _0D3 _0D35 _0D4 _0D45 _0D5
_0D55 _0D6 _0D65 _0D7 _0D75 _0D8 _0D85 _0D9 _0D95 5.1;
TITLE'DADOS DA ESTACAO';
RUN;
```

## APÊNDICE 2

## PROGRAMA EM LINGUAGEM SAS PARA O CÁLCULO DA ETP ATRAVÉS DO MÉTODO DE LINACRE

```
DATA UM;
INPUT DECENDIO U T;
H=513;
TM=T+(0.006*H);
A=15+(55/60);
ES=4.58*(10**((7.5*T)/(237.5+T)));
EA=((U/100)*ES);
TO=((LOG10(EA/4.58))*237.5)/(7.5-(LOG10(EA/4.58)));
ETP=10*(((500*TM)/(100-A))+(15*(T-TO)))/(80-T);
CARDS;
;
PROC PRINT DATA=UM NOOBS;
TITLE 'ETP DA ESTACAO DE GOIAS POR DECENDIO';
VAR DECENDIO ETP;
RUN;
```

## **APÉNDICE 3**

**Divisão territorial do Estado de Goiás com indicação das mesorregiões geográficas e seus respectivos municípios, segundo a numeração do Encarte 1.**

<b>Noroeste Goiano</b>	165-Porangatu	95-Iporá
	182-Santa Tereza de Goiás	96-Israelândia
18-Aragarças	183-Sta.Terezinha de Goiás	97-Itaberaí
20-Araguapaz	187-São João d'Aliança	98-Itaguari
21-Arenópolis	199-Terezinha de Goiás	99-Itaguaru
22-Aruanã	202-Trombas	101-Itapaci
25-Baliza	205-Uruaçu	103-Itapuranga
28-Bom Jardim de Goiás		105-Itauçu
32-Britânia	<b>Centro Goiano</b>	107-Ivolândia
59-Crixás		109-Jaraguá
65-Diorama	03-Adelândia	111-Jaupaci
70-Faina	10-Americano do Brasil	114-Leopoldo de Bulhões
82-Goiás	11-Amorinópolis	125-Moiporá
102-Itapirapuã	12-Anápolis	130-Morro Agudo de Goiás
113-Jussara	14-Anicuns	131-Mossâmedes
120-Matrinchã	15-Aparecida de Goiânia	135-Nazário
127-Montes Claros de Goiás	17-Araçu	136-Nerópolis
132-Mozarlândia	19-Aragoiânia	138-Nova América
133-Mundo Novo	23-Aurilândia	141-Nova Glória
140-Nova Crixás	24-Avelinópolis	143-Nova Veneza
145-Novo Planalto	26-Barro Alto	144-Novo Brasil
160-Piranhas	27-Bela Vista de Goiás	147-Ouro Verde de Goiás
177-Santa Fé de Goiás	30-Bonfinópolis	157-Petrolina de Goiás
191-São Miguel do Araguaia	31-Brazabrantés	158-Pilar de Goiás
	37-Cachoeira de Goiás	169-Rialma
<b>Norte Goiano</b>	47-Carmo do Rio Verde	170-Rianápolis
	49-Caturai	173-Rubiataba
08-Alto Paraíso de Goiás	51-Ceres	189-São L.de Montes Belos
42-Campinaçu	54-Córrego do Ouro	174-Sanclerlândia
43-Campinorte	63-Damolândia	179-Santa Izabel
45-Campos Belos	71-Fazenda Nova	181-Santa Rosa de Goiás
46-Campos Verdes	72-Firminópolis	186-São Francisco de Goiás
50-Cavalcante	77-Goianápolis	190-São Luís do Norte
53-Colinas do Sul	79-Goianésia	194-Senador Canedo
69-Estrela do Norte	80-Goiânia	175-Sta. Bárbara de Goiás
75-Formoso	81-Goianira	211-Taquaral de Goiás
118-Mara Rosa	85-Guapó	201-Trindade
123-Minaçu	87-Guarinos	203-Turvânia
126-Monte Alegre de Goiás	88-Heitorai	206-Uruanã
134-Mutunópolis	89-Hidrolândia	
137-Niquelândia	90-Hidrolina	
142-Nova Roma	93-Inhumas	

---

**Leste Goiano**

01-Abadiânia  
04-Água Fria de Goiás  
06-Alexânia  
09-Alvorada do Norte  
34-Cabeceiras  
55-Corumbá de Goiás  
57-Cristalina  
62-Damianópolis  
212-Distrito Federal  
76-Divinópolis de Goiás  
73-Flores de Goiás  
74-Formosa  
86-Guarani de Goiás  
91-Iaciara  
115-Luziânia  
117-Mambaí  
122-Mimoso de Goiás  
149-Padre Bernardo  
161-Pirenópolis  
163-Planaltina de Goiás  
167-Posse  
184-S. Ant. do Descoberto  
185-São Domingos  
197-Simolândia  
198-Sítio d'Abadia

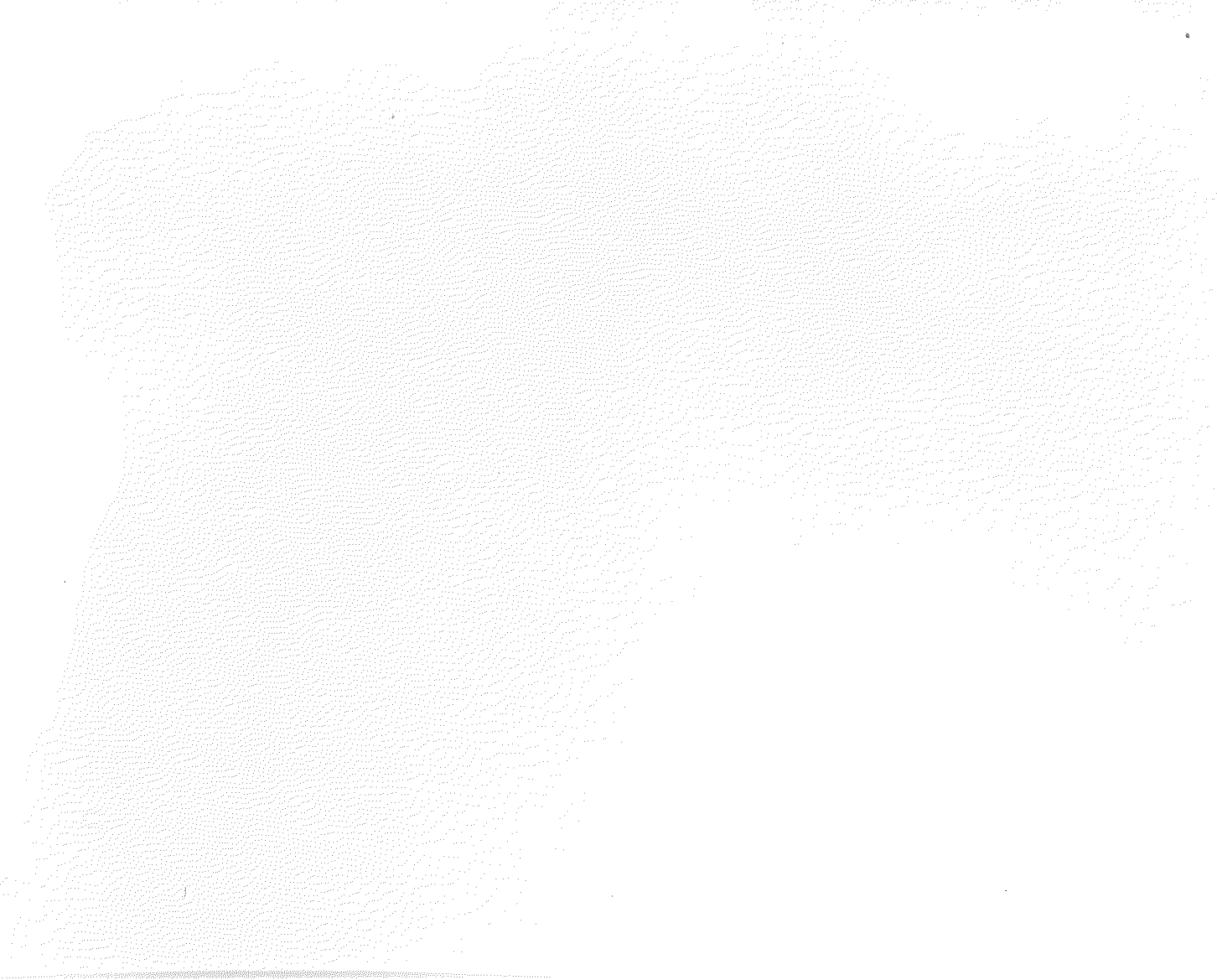
**Sul Goiano**

02-Acreúna  
05-Água Limpa  
07-Aloândia  
13-Anhanguera  
16-Aporé  
29-Bom Jesus de Goiás  
33-Buriti Alegre  
35-Cachoeira Alta  
36-Cachoeira Dourada  
38-Caçú  
39-Caiapônia  
40-Caldas Novas  
41-Campestre de Goiás  
44-Campo Alegre de Goiás

48-Catalão  
52-Cezarina  
56-Corumbáiba  
58-Cristianópolis  
60-Cromínia  
61-Cumari  
64-Davinópolis  
66-Doverlândia  
67-Edealina  
68-Edéia  
78-Goiandira  
83-Goiatuba  
84-Gouvelândia  
92-Indiara  
94-Ipameri  
100-Itajá  
104-Itarumã  
106-Itumbiara  
108-Jandaía  
110-Jataí  
112-Joviânia  
116-Mairipotaba  
119-Marzagão  
121-Maurilândia  
124-Mineiros  
128-Montividiu  
129-Morrinhos  
139-Nova Aurora  
146-Orizona  
148-Ouvidor  
150-Palestina de Goiás  
151-Palmeiras de Goiás  
152-Palmelo  
153-Palminópolis  
154-Panamá  
155-Parainaguara  
156-Paraúna  
159-Piracanjuba  
162-Pires do Rio  
164-Pontalina  
166-Portelândia  
168-Quirinópolis  
171-Rio Quente  
172-Rio Verde

192-S. M. do Passa Quatro  
176-Santa Cruz de Goiás  
178-Santa Helena de Goiás  
180-Santa Rita do Araguaia  
188-São João do Paraúna  
193-São Simão  
195-Serranópolis  
196-Silvânia  
200-Três Ranchos  
204-Turvelândia  
207-Urutaí  
208-Varjão  
209-Vianópolis  
210-Vicentinópolis

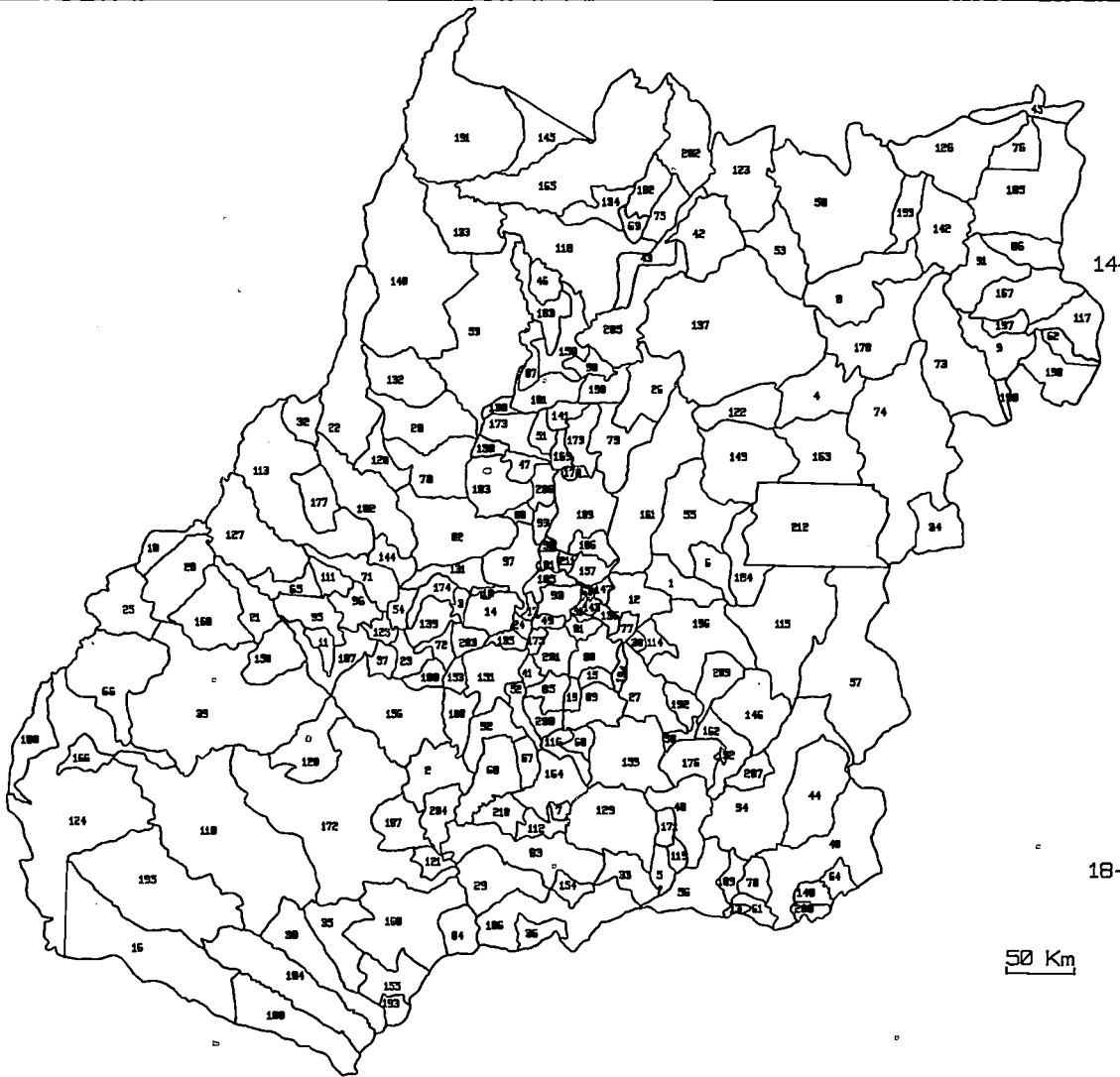
---



## ENCARTE 1

Divisão municipal do estado de Goiás, segundo a numeração do Apêndice 3.





14

18

50 Km



**ENCARTE 2**  
Regiões do estado de Goiás.

07/08/2024

hold-shelf-report-00

Relatório da Prateleira de Reservas

