

RENATA DEL GIUDICE RODRIGUEZ

METODOLOGIA PARA A ESTIMATIVA DAS DEMANDAS E
DISPONIBILIDADES HÍDRICAS: ESTUDO DE CASO DA
BACIA DO PARACATU

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de “Magister Scientiae”.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL

2004

RENATA DEL GIUDICE RODRIGUEZ

METODOLOGIA PARA A ESTIMATIVA DAS DEMANDAS E
DISPONIBILIDADES HÍDRICAS: ESTUDO DE CASO DA
BACIA DO PARACATU

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de “Magister Scientiae”.

APROVADA: 26 de fevereiro de 2004.

Prof. Demetrius David da Silva
(Conselheiro)

Prof. Márcio Mota Ramos
(Conselheiro)

Prof. Aristides Ribeiro

Dr. Lineu Neiva Rodrigues

Prof. Fernando Falco Pruski
(Orientador)

*Não haverá combate eficaz contra a
fome se não houver junto o acesso
à água nos seus vários usos.
(Campanha da Fraternidade de
2004 – Tema: água fonte de vida)*

Dedico este trabalho

A Deus.

Aos meus pais Fernando e Cyntia.

Aos meus irmãos Marius e Fernanda.

Aos meus avós Paulo, Pablo e Maria do Carmo (*in memoriam*).

Às minhas avós Alélia e Dindinha.

A Fernando.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me iluminar em mais esta etapa da vida.

A Fernando e Cyntia, meus pais e grandes amigos, pelo grande apoio, pela dedicação e pelo amor.

Aos meus irmãos Marius e Fernanda, pela ajuda e pelo otimismo.

Ao Professor Fernando Falco Pruski, pela orientação, pelo incentivo, pela amizade, pela compreensão e pela confiança.

Aos Professores Demetrius David da Silva e Márcio Mota Ramos, co-responsáveis por esta importante conquista, pelo profissionalismo e pela amizade.

Aos meus amigos Luciano Novaes, Silvio Bueno, Flávio Gonçalves, Alessandro Freitas e Roberto Cecílio, pela valiosa ajuda e convivência durante a realização desta tese.

Aos meus avós Paulo, Pablo e Maria do Carmo, pela constante presença em minha vida, mesmo que ausentes.

Às minhas avós Alélia e Dindinha, pelo otimismo, pela amizade e pelo apoio.

À Heloisa Rubim, pelo apoio.

Ao Humberto Euclides, pela ajuda.

Ao Pedro, pela amizade e pelo companheirismo.

À Universidade Federal de Viçosa (UFV), por intermédio do Departamento de Engenharia Agrícola, pela oportunidade de realização do Curso.

Ao Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq), pelo apoio financeiro.

Ao Raimundo, da Agência Nacional de Águas, e à CAESB, pela colaboração para a realização deste trabalho.

A todos aqueles que, direta ou indiretamente, participaram da realização deste trabalho.

BIOGRAFIA

RENATA DEL GIUDICE RODRIGUEZ, filha de Fernando Antônio Rodriguez e Cytia del Giudice Rodriguez, nasceu em Brasília, DF, em 7 de abril de 1976.

Em agosto de 1996, iniciou o Curso de Engenharia Agrônômica na Universidade de Brasília, em Brasília, DF, concluindo-o em março de 2002.

Em abril de 2002, ingressou no Programa de Pós-Graduação, em nível de Mestrado, em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, MG, na área de Recursos Hídricos e Meio Ambiente, submetendo-se à defesa de tese em fevereiro de 2004.

CONTEÚDO

	Página
LISTA DE SÍMBOLOS	ix
RESUMO	xiii
ABSTRACT	xv
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1. As bacias dos rios São Francisco e Paracatu.....	3
2.2. Gestão de recursos hídricos.....	6
2.3. Importância da análise do comportamento hidrológico e da estimativa do uso consuntivo para a gestão de recursos hídricos.....	9
3. MATERIAL E MÉTODOS	11
3.1. Análise do comportamento hidrológico na bacia do Paracatu	11
3.1.1. Preenchimento de falhas e extensão de séries.....	11
3.1.2. Precipitação média anual.....	14
3.1.3. Vazões médias, máximas e mínimas.....	15
3.1.4. Coeficiente de deságüe.....	15
3.1.5. Confecção de mapas das variáveis hidrológicas analisadas.....	16
3.2. Vazões de retirada, de retorno e consumida por quatro segmentos de usuários	16
3.2.1. Irrigação	20

	Página
3.2.2. Abastecimento animal.....	26
3.2.3. Abastecimento humano urbano.....	27
3.2.4. Abastecimento humano rural.....	32
3.2.4.1. População abastecida pelo sistema público maior que a população urbana.....	32
3.2.4.2. População abastecida pelo sistema público menor que a população urbana.....	33
3.3. Estimativa das vazões naturais.....	35
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	36
4.1. Análise do comportamento hidrológico na bacia do Paracatu.....	36
4.2. Vazões consumidas pela irrigação e pelos abastecimentos animal e humano (urbano e rural) na bacia do Paracatu.....	45
4.2.1. Variação das vazões consumidas no período de 1970 a 2000.....	48
4.3. Impacto das vazões consumidas pelos quatro segmentos de usuários estudados no comportamento hidrológico da bacia do Paracatu.....	56
4.3.1. Impacto na vazão média de longa duração.....	56
4.3.2. Impacto da vazão de retirada pela irrigação nas vazões mínimas.....	57
5. CONCLUSÕES.....	63
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	65
APÊNDICES.....	69
APÊNDICE A.....	70
APÊNDICE B.....	73
APÊNDICE C.....	76
APÊNDICE D.....	77
APÊNDICE E.....	90
APÊNDICE F.....	92
APÊNDICE G.....	94

LISTA DE SÍMBOLOS

- Q_y = vazão do posto em análise, $m^3 s^{-1}$.
- Q_x = vazão do posto de apoio, $m^3 s^{-1}$.
- a, b = parâmetros ajustados na regressão pelo método dos mínimos quadrados, adimensional.
- r_{yxj} = coeficiente de correlação entre os postos considerados, adimensional.
- n = número total de postos vizinhos considerados.
- C = coeficiente de deságüe, adimensional.
- $V_{T(\text{escoado})}$ = volume total que escoa na seção de deságüe durante o ano considerado, m^3 .
- $V_{T(\text{precipitado})}$ = volume total que precipita na bacia de drenagem que contribui para a seção de deságüe, m^3 .
- $Q_{m,i}$ = vazão de retirada pela irrigação no município, $L d^{-1}$.
- $ET_{rc,m,m}$ = evapotranspiração real da cultura para cada mês no município, $mm d^{-1}$.
- $P_{ef,m,m}$ = precipitação efetiva mensal no município, $mm d^{-1}$.
- Ea = eficiência de aplicação, adimensional.
- $A_{m,i,c,m}$ = área irrigada para a cultura no município em cada mês, ha.
- cn = número de culturas irrigadas no município.
- $Eto_{m,m}$ = evapotranspiração potencial da cultura de referência no município, mm.

- K_c = coeficiente da cultura, adimensional.
- K_s = coeficiente que depende da umidade do solo, adimensional.
- $A_{m,i,c,a}$ = área irrigada para a cultura em cada ano no município, ha.
- $A_{m,i,c,a,vi}$ = estimativa inicial da área irrigada da cultura em cada ano no município, ha.
- fp = fator de correção da área irrigada no município, adimensional.
- $A_{e,i,c,a}$ = área irrigada da cultura em cada ano no estado, ha.
- $A_{e,c,c,a}$ = área colhida da cultura em cada ano no estado, ha.
- $A_{m,c,c,a}$ = área colhida da cultura em cada ano no município, ha.
- $A_{m,i,t,a}$ = área irrigada total do município no ano, ha.
- $A_{m,c,c,m}$ = área colhida a cultura em determinado mês no município, ha.
- $fp_{e,c,c,mi}$ = fator de correção da área colhida da cultura no mês i no estado, adimensional.
- $A_{e,c,c,mi}$ = área colhida da cultura no mês i no Estado, ha.
- $K_{c,m,m}$ = K_c médio de cada mês no município, adimensional.
- $A_{m,i,cn,mi}$ = área irrigada da cultura n no mês m e no município, ha.
- $K_{cn,f}$ = K_c correspondente à fase f da cultura n no município, adimensional.
- $N_{nf,m,m}$ = número de dias correspondentes a cada fase f da cultura n , no município m e mês m , dias.
- $Q_{m,i,r}$ = vazão de retorno da irrigação no município, $L d^{-1}$.
- P_p = perdas por percolação, adimensional.
- P_{esc} = perdas por escoamento, adimensional.
- P_{evp} = perdas por evaporação, adimensional.
- $Q_{m,a}$ = vazão de retirada para abastecimento animal no município, $L d^{-1}$.
- $P_{m,ay}$ = número de cabeças do rebanho de cada espécie animal no município, cab.
- q_{ay} = vazão “per capita” por espécie animal, $L cab^{-1} d^{-1}$.
- $Q_{m,u}$ = vazão de retirada do abastecimento humano urbano no município, $L d^{-1}$.
- $P_{m,u,a}$ = população urbana do município abastecida pelo Sistema Público de Abastecimento de Água, hab.
- $q_{e,u,Fxn}$ = vazão “per capita” do município, $L hab^{-1} d^{-1}$.

- $P_{m,a}$ = população abastecida pelo Sistema Público de Abastecimento de Água, hab.
- $D_{m,u}$ = domicílios urbanos no município, unidade.
- $D_{m,a}$ = domicílios abastecidos pelo Sistema Público de Abastecimento no município, unidade.
- $P_{m,u}$ = população urbana no município, hab.
- $q_{m,u}$ = vazão “per capita” no município, $L \text{ hab}^{-1} \text{ d}^{-1}$.
- $V_{m,u,d}$ = volume de água distribuído no município, $L \text{ d}^{-1}$.
- n = faixa populacional, variando de 1 a 4.
- $q_{(F_x1)e,u,ANA}$ = vazão “per capita” da faixa 1 no estado, $L \text{ hab}^{-1} \text{ d}^{-1}$.
- $q_{(F_xn)e,u,ANA}$ = vazão “per capita” da faixa n no estado, $L \text{ hab}^{-1} \text{ d}^{-1}$.
- X = coeficiente de proporcionalidade, $L^2 \text{ hab}^{-2} \text{ d}^{-2}$.
- $q_{e,b,u}$ = vazão “per capita” do estado, considerando-se apenas os municípios pertencentes à bacia do Paracatu, $L \text{ hab}^{-1} \text{ d}^{-1}$.
- $Q_{e,b,u}$ = consumo de água do estado, $L \text{ d}^{-1}$.
- $P_{F_x1...4}$ = população do município, hab.
- $P_{e,b,a}$ = população do estado atendida pelo Sistema Público de Abastecimento de Água, hab.
- $V_{m,u}$ = volume de água distribuído no município, $L \text{ un}^{-1}$.
- $Q_{m,u,r}$ = vazão de retorno para o abastecimento urbano no município, $L \text{ d}^{-1}$.
- $Q_{m,r1}$ = vazão de retirada para o abastecimento rural do município, $L \text{ d}^{-1}$.
- $P_{m,r,a}$ = população do meio rural abastecida pelo Sistema Público de Abastecimento de Água, hab.
- $P_{m,r,na}$ = população do meio rural não-abastecida pelo Sistema Público de Abastecimento de Água, hab.
- $q_{m,r}$ = vazão “per capita” no meio rural, $L \text{ hab}^{-1} \text{ d}^{-1}$.
- $P_{m,t}$ = população total do município, hab.
- $Q_{m,r2}$ = vazão retirada para abastecimento rural do município na segunda situação, $L \text{ d}^{-1}$.
- $P_{m,rt}$ = população total considerada para o abastecimento rural do município, hab.
- $P_{m,r}$ = população do meio rural do município, hab.

$P_{m,u,\tilde{n}a}$ = população urbana não-abastecida pelo Sistema Público de Abastecimento de Água no município, hab.

$Q_{m,r,r}$ = vazão de retorno pelo abastecimento rural, L d⁻¹.

Q_{nat} = vazão diária natural, m³ s⁻¹.

Q_{obs} = vazão diária observada, m³ s⁻¹.

Q_{anim} = vazão média mensal consumida pelo abastecimento animal, m³ s⁻¹.

Q_{rur} = vazão média mensal consumida pelo abastecimento rural, m³ s⁻¹.

Q_{urb} = vazão média mensal consumida pelo abastecimento urbano, m³ s⁻¹.

Q_{irrig} = vazão média mensal consumida pela irrigação, m³ s⁻¹.

RESUMO

RODRIGUEZ, Renata del Giudice, M. S., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2004. **Metodologia para a estimativa das demandas e disponibilidades hídricas: estudo de caso da bacia do Paracatu.** Orientador: Fernando Falco Pruski. Conselheiros: Demetrius David da Silva e Márcio Mota Ramos.

O aumento da demanda pelo uso da água evidenciado ao longo do tempo, sobretudo nas últimas décadas, vem causando sérios conflitos entre os usuários em muitas regiões da Terra. A bacia do São Francisco possui uma demanda total de água de $224 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, sendo o principal consumidor a irrigação, responsável por 71,4% dessa demanda. O rio Paracatu, situado no Médio São Francisco, é o maior afluente do São Francisco, contribuindo com cerca de 40% da vazão desse rio na seção de deságüe do Paracatu. A irrigação apresentou expressivo crescimento na bacia do Paracatu, principalmente após os incentivos advindos de programas governamentais iniciados na década de 1970, como o Plano de Desenvolvimento Integrado do Noroeste Mineiro (PLANOROESTE). Como consequência da grande expansão da agricultura irrigada, sérios conflitos têm surgido em várias partes da bacia, principalmente nas sub-bacias do ribeirão Entre Ribeiros e do rio Preto. Tendo em vista o complexo quadro de conflitos pelo uso da água existente na bacia do Paracatu, o presente trabalho teve como objetivos: analisar o comportamento hidrológico na bacia do Paracatu no período de 1970 a 2000; estimar as vazões de retirada e consumida pela irrigação e pelos abastecimentos animal e humano (urbano e rural); e avaliar o impacto dos usos

consuntivos da água nas vazões do rio Paracatu e seus afluentes. Para a realização do estudo foi analisada a variação espacial da precipitação média anual, das vazões médias de longa duração, máximas e mínimas; da vazão associada à permanência de 95% (Q_{95}); das vazões específicas (média de longa duração, máxima e mínima); e do coeficiente de deságüe em 18 estações fluviométricas localizadas na bacia do Paracatu. A estimativa das vazões retiradas e consumidas para os usos consuntivos analisados foi realizada com base nos dados obtidos no Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, referentes a área irrigada, culturas cultivadas, número de cabeças dos diversos rebanhos de animais criados na bacia e população nos meios urbano e rural. Para a estimativa da vazão de retirada pela irrigação utilizaram-se, além da área irrigada, a evapotranspiração das culturas cultivadas na bacia e a precipitação efetiva, obtida pelo método proposto pelo boletim 24 da FAO. A evapotranspiração das culturas foi estimada com base na evapotranspiração potencial da cultura de referência, calculada pelo método de Penman-Monteith, e nos coeficientes das culturas. Com base nos resultados, constatou-se que: a) as precipitações médias anuais, bem como as vazões específicas (média, máxima e mínima), tiveram tendência de decréscimo das cabeceiras em direção à foz, oposta ao comportamento evidenciado nas vazões médias, máximas e mínimas, que aumentaram nesse sentido; b) a vazão consumida pela irrigação variou, ao longo da bacia, de 78 a 93% do total consumido; c) a vazão total consumida teve pouca influência na vazão média de longa duração, representando de 0,5 a 2,1% da vazão média de longa duração; d) a vazão de retirada pela irrigação chegou a atingir 85,1% ($1,05 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$) da $Q_{7,10}$ observada e 69,4% da $Q_{7,10}$ natural no ribeirão Entre Ribeiros; e e) a vazão de retirada pela irrigação chegou a atingir 47,0% da Q_{95} nesse mesmo ribeirão.

ABSTRACT

RODRIGUEZ, Renata del Giudice, M. S., Universidade Federal de Viçosa, February, 2004. **Methodology to estimate water demand and availability: a case study of Paracatu basin.** Adviser: Fernando Falco Pruski. Committee Members: Demetrius David da Silva and Márcio Mota Ramos.

The increase in demand for water use that has been evidenced over the course of time, particularly in the last decades, is causing serious conflicts among users in many regions of the Earth. For instance, the San Francisco basin has a total demand of $224 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ of water, with irrigation being the main consumer, accounting for 71,4% of the demand. The river Paracatu, Middle San Francisco, is the largest San Francisco tributary, contributing with about 40% of the river flow in Paracatu discharge section. Irrigation presented expressive growth in the Paracatu basin, mainly after the incentives from government programs in the 1970s, such as the Integrated Development Plan for Northwest Minas Gerais (PLANOROESTE). The great expansion of irrigated agriculture brought about serious conflicts in several parts of the basin, mainly in the sub-basins of the river Entre Ribeiros and the river Preto. In view the complex picture of conflicts for the use of the existent water in the Paracatu basin, the objectives of the present work were: to analyze the hydraulic behavior in the Paracatu basin from 1970 to 2000; to evaluate the withdrawal and consumed flows through irrigation and water supply for animal and human (urban and rural); and to evaluate the impact of water use on the flow of river Paracatu and its tributaries. To carry out this study it was analyzed,

the spatial variation of annual average precipitation, long duration average flow, maximum and minimum; flow associated to 95% permanence (Q_{95}); specific flow (average of long duration, maximum and minimum); and discharge coefficient in 18 fluviometric stations in the Paracatu basin. The estimate of the withdrawal and consumed flows for the consulting uses analyzed was calculated based on data obtained from the Brazilian Institute of Geography and Statistics. These data refer to the irrigated area, grown crops, number of head of many herds raised in the basin and population in the urban and rural areas. To estimate the flow withdrawal for irrigation, the irrigated area, evapotranspiration of crops grown in the basin and the effective precipitation using the method proposed by bulletin 24, FAO, were used. Crop evapotranspiration was based on the potential evapotranspiration of the reference crop, calculated by the Penman-Monteith method, and on the crop coefficients. Based on the results, it was verified that: a) the annual average precipitation, as well as the specific flow (average, maximum and minimum), tended to decrease from the head to the mouth, opposed to the behavior showed in the average, maximum and minimum flows, which increased in that direction; b) the flow consumed by irrigation varied, along the basin, from 78 to 93% of the total consumed; c) the total flow consumed had little influence on the average flow of long duration, representing from 0,5 to 2,1% of the average flow of long duration; d) the flow retreated by irrigation reached 85,1% ($1,05 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$) of the $Q_{7,10}$ observed and 69,4% of the natural $Q_{7,10}$ in the river Entre Ribeiros; and e) the flow retreated by irrigation reached 47,0% of Q_{95} in the same river.

1. INTRODUÇÃO

O aumento da demanda pelo uso da água evidenciado ao longo do tempo, sobretudo nas últimas décadas, vem causando sérios conflitos entre os seus usuários em muitas regiões da Terra, fazendo, em muitos casos, que a água se torne o fator limitante do desenvolvimento sustentável.

A bacia do São Francisco possui uma demanda total de água de $224 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, sendo o principal usuário a irrigação, responsável por 71,4% dessa demanda (ANA, 2002). O rio Paracatu, situado no Médio São Francisco, é seu maior afluente, drenando uma área de aproximadamente 45.600 km^2 e contribuindo com cerca de 40% da vazão do rio São Francisco na seção de deságüe do rio Paracatu.

A irrigação apresentou expressivo crescimento nessa bacia, principalmente após os incentivos advindos de programas governamentais iniciados na década de 70 do século passado, como o Plano de Desenvolvimento Integrado do Noroeste Mineiro (PLANOROESTE). O principal usuário da água na bacia é a irrigação, que ocupa uma área de 37.150 ha. O sistema de irrigação predominante é o pivô central (88%), e em 42% (13.600 ha) dessa área já ocorrem limitações do uso da água (BRASIL, 1996). Como conseqüência da grande expansão da agricultura irrigada, sérios conflitos têm surgido em várias partes da bacia, principalmente nas sub-bacias do ribeirão Entre Ribeiros e do rio Preto.

Em estudo realizado no âmbito do Projeto Marca D'água (JOHNSON e LOPES, 2003) foi evidenciada a preocupação dos técnicos que trabalham com recursos hídricos na bacia do Paracatu em relação às questões pertinentes à gestão dos recursos hídricos,

tanto em termos da disponibilização de um cadastro atualizado do potencial hídrico da região (com as demandas e captações) quanto, principalmente, em relação à definição de novos parâmetros e metodologias para a concessão da outorga. Outro aspecto apontado pelos técnicos da bacia que trabalham com a questão da outorga é o critério adotado pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas – IGAM (30% da Q7,10), que não representa, com exatidão, o potencial hídrico da região, pois é baseado em um trabalho de regionalização de vazões realizado no Estado de Minas Gerais como um todo. Esses técnicos entendem que o padrão adotado pelo IGAM é muito restritivo e acreditam que isso deve ser discutido com base em um trabalho mais específico da bacia do Paracatu.

Tendo em vista o complexo quadro de conflitos pelo uso da água existente na bacia do Paracatu, o presente trabalho teve como objetivos: analisar o comportamento hidrológico do rio Paracatu e seus afluentes, no período de 1970 a 2000; estimar as vazões de retirada e consumida pela irrigação e pelos abastecimentos animal e humano (urbano e rural); e avaliar o impacto dos usos consuntivos da água nas vazões do rio Paracatu e seus afluentes.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. As bacias dos rios São Francisco e Paracatu

A bacia do São Francisco, com área de 639.219 km², abrange parte do Sudeste, região mais desenvolvida do Brasil, e parte do Nordeste, considerado em estágio menos desenvolvido (RODRIGUEZ e HOLTZ, 2003), integrando 503 municípios (RAMOS e PRUSKI, 2003). Sua população, em 2000, era de 13.297.955 habitantes, correspondendo a 8% da população do país (RODRIGUEZ e HOLTZ, 2003). O índice de desenvolvimento humano (IDH) na bacia variava de 0,823 no Alto São Francisco, onde está localizada a região metropolitana de Belo Horizonte, até 0,538 no Baixo São Francisco, onde está localizada Lagoas de Sergipe (ANA, 2003c).

A vazão média de longa duração na foz do São Francisco era de 2.850 m³ s⁻¹, sendo 72% dessa vazão originária do Estado de Minas Gerais (ANA, 2003c). A demanda de água na bacia do São Francisco era de 224 m³ s⁻¹, sendo 28 m³ s⁻¹ (12,5%) desse total derivados para atender ao abastecimento urbano, 160 m³ s⁻¹ (71,4%) para a irrigação, 7 m³ s⁻¹ (3,1%) para a dessedentação de animais e 29 m³ s⁻¹ (13%) para a atividade industrial (ANA, 2002b), com a ressalva de que somente 70% da população urbana e 20% da população rural da bacia eram atendidas pelos sistemas públicos de abastecimento de água (IORIS, 2001). A irrigação na bacia ocupava uma área de 333.310 ha, cerca de 11% da área irrigada do Brasil, sendo, entretanto, o seu potencial irrigável de três milhões de hectares (VALE DO SÃO FRANCISCO, 2003).

Os projetos de irrigação na bacia não apresentavam adequado planejamento e, após a sua implementação, não vinha recebendo manejo adequado. A irrigação ineficiente e inadequada resulta em desperdício de água e energia, o que evidencia a necessidade de avaliação da eficiência com que é praticada a irrigação na bacia. Ramos e Pruski (2003) evidenciaram, em estudo pertinente à quantificação e análise da eficiência do uso da água pelo setor agrícola na bacia do São Francisco, a necessidade de otimização das estratégias de manejo da irrigação nessa bacia.

Além da irrigação, destaca-se também como importante atividade econômica da bacia a hidroeletricidade. Seu potencial hidrelétrico era de 26.320 MW, ressaltando-se que a implantação de vários projetos hidroelétricos no São Francisco acabou por alterar o comportamento hidrológico do rio (CODEVASF, 2003).

Uma importante subbacia do São Francisco é a do rio Paracatu, a qual se situa no Médio São Francisco e drenava uma área de aproximadamente 45.600 km², representando cerca de 7% da área de drenagem da bacia do São Francisco (BRASIL, 1996).

Da área de drenagem da bacia do Paracatu, cerca de 92% encontram-se no Estado de Minas Gerais, 5% em Goiás e 3% no Distrito Federal (FERREIRA e EUCLYDES, 1997). Suas principais subbacias (Figura 1) são, pela margem direita, a do rio da Prata, com 3.750 km²; e a do rio do Sono, com 5.969 km²; e, pela margem esquerda, as bacias do rio Escuro, com 4.347 km², a do ribeirão Entre Ribeiros com 3.973 km² e a do rio Preto com 10.459 km² (ANA, 2003a).

A região oeste da bacia apresentava índices de desenvolvimento e densidade demográfica mais elevados que a região leste (o que acaba por acarretar maior pressão sobre os recursos hídricos), sendo esses índices decorrentes do fato de a região oeste apresentar melhores condições climáticas e de fertilidade do solo e, conseqüentemente, maior ocupação da área pela agricultura irrigada (JOHNSSON e LOPES, 2003).

As vazões do Paracatu que afluem ao rio São Francisco eram, em média, da ordem de 220 m³ s⁻¹ durante o período de estiagem e 800 m³ s⁻¹ durante a época chuvosa, representando percentuais de 40 e 38%, respectivamente, da vazão do rio São Francisco no posto fluviométrico de Cachoeira da Manteiga, situada a montante da seção de deságüe do Paracatu no São Francisco (Figura 1) (BRASIL, 1996).

O principal uso da água na bacia do Paracatu, tal como na bacia do São Francisco, é a irrigação, ocupando uma área de 371,5 km², sendo os demais consumos de pequena magnitude quando comparados com esse (BRASIL, 1996).

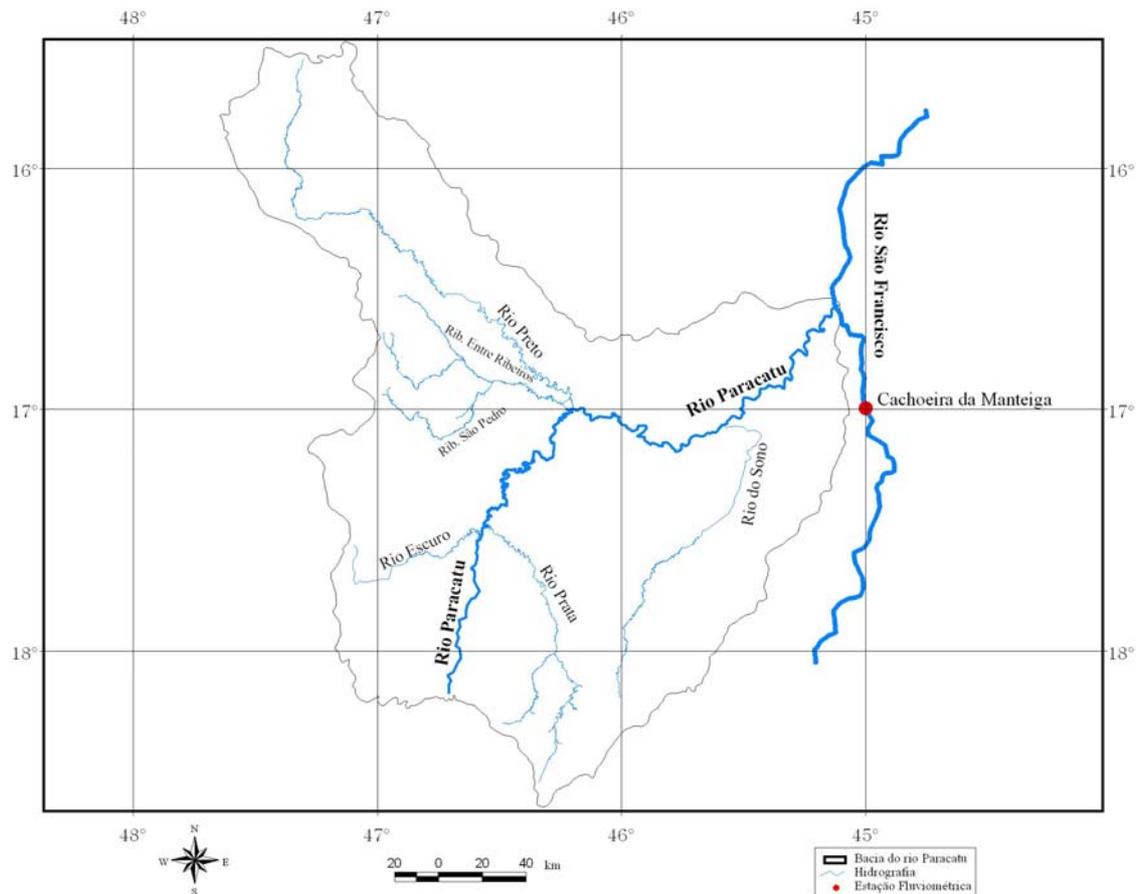


Figura 1 – Hidrografia da bacia do Paracatu.

Conflitos pelo uso da água na bacia do Paracatu iniciaram, a partir da década de 1970, com o início do processo de sua ocupação econômica, advindo, principalmente, de ações governamentais, como o Plano de Desenvolvimento Integrado do Noroeste Mineiro (PLANOROESTE), sendo evidenciado, a partir daí, um grande crescimento da agricultura irrigada na região, o qual vem contribuindo para a degradação dos ambientes aquáticos (BRASIL, 1996; ANA, 2003a).

A maior parte das áreas irrigadas na bacia estão concentradas nas cabeceiras até a metade do seu sistema de drenagem, sobretudo no rio Preto e no ribeirão Entre Ribeiras (ribeirões São Pedro e Barra da Égua), concentrando cerca de 53% da área irrigada identificada na bacia pelo Plano-Diretor de Recursos Hídricos da Bacia do Paracatu – PLANPAR (BRASIL, 1996).

O sistema de irrigação predominante na bacia era o pivô central (88%), seguido da aspersão convencional (7%) e da inundação (4%), e em 42% (136 km²) da área irrigada por pivô central já ocorriam limitações para o uso da água (BRASIL, 1996).

Com o desenvolvimento econômico observado na bacia do Paracatu é esperado o aumento dos índices de crescimento populacional e das demandas associadas, uma vez que o crescimento econômico traz consigo o aumento da renda “per capita”, que termina por se traduzir em maiores demandas de alimentos, infra-estrutura etc., resultando em maior pressão sobre os recursos hídricos da região, tanto como insumo quanto como corpo receptor de efluentes.

O complexo quadro de conflitos pelo uso da água evidenciado na bacia do São Francisco aponta para a necessidade de subsidiar o sistema de gerenciamento integrado dos recursos hídricos, visando à otimização do seu uso, de modo a permitir o desenvolvimento sustentável de regiões como a bacia do Paracatu.

2.2. Gestão de recursos hídricos

Um grande avanço para o gerenciamento de recursos hídricos foi a Lei 9.433/97, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos e criou, no Brasil, o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, e tendo como preceitos básicos: a adoção da bacia hidrográfica como unidade de planejamento, a consideração dos múltiplos usos da água, o reconhecimento da água como um bem finito, vulnerável e dotado de valor econômico e a necessidade da consideração da gestão descentralizada e participativa desse recurso (BRASIL, 1997).

Segundo Lanna (1995), o uso da bacia hidrográfica como unidade de planejamento apresenta vantagens e desvantagens. A principal vantagem é que a rede de drenagem de uma bacia consiste num dos caminhos preferenciais de boa parte das relações causa-efeito, particularmente aquelas que envolvem os recursos hídricos. As desvantagens são que nem sempre os limites municipais e estaduais respeitam os divisores da bacia e, conseqüentemente, a dimensão espacial de algumas relações de causa-efeito de caráter econômico e político. Além disso, em certas situações a consideração dos limites de uma bacia hidrográfica completa poderá estabelecer uma unidade de intervenção demasiadamente grande para a negociação social. Nesses casos, esquemas de subdivisão de grandes bacias deverão ser adotados em conjunto com a articulação entre as partes envolvidas.

O princípio dos múltiplos usos dos recursos hídricos estabelece que todos os setores usuários têm igual direito de acesso ao uso da água, entretanto, em situação de escassez, o uso prioritário deste recurso fica restrito ao consumo humano e à dessedentação de animais. O reconhecimento da água como um bem finito e vulnerável serve de alerta para a necessidade de conservação desse bem natural, enquanto o reconhecimento do valor econômico da água induz o uso racional desse recurso e serve de base para a instituição da cobrança pela sua utilização. O princípio da gestão descentralizada refere-se a uma proposta de que tudo que puder ser decidido no âmbito de governos regionais, e mesmo locais, não deve ser tratado em nível do governo federal, devendo a gestão participativa envolver os usuários, a sociedade civil organizada, as ONGs e outras entidades interessadas no processo de tomada de decisão (SETTI et al., 2001).

Dentre os objetivos da Política Nacional de Recursos Hídricos, destaca-se o desenvolvimento sustentável, o qual visa assegurar à atual e às futuras gerações a disponibilidade da água em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos, bem como a utilização racional e integrada desses recursos (SETTI, 2000). PAZ et al. (2000) salientaram que, para que se pratique o desenvolvimento sustentável, é necessário dispor de bancos de informações e metodologias apropriadas à quantificação dos recursos hídricos.

Para favorecer a gestão dos recursos hídricos, deve-se integrar a política de gestão da água com as políticas de ordenamento territorial, ambiental, econômico e social de cada estado pertencente à bacia, de modo a favorecer o desenvolvimento da região, bem como a promoção do bem-estar econômico e social sem, contudo, comprometer a sustentabilidade dos ecossistemas (CUNHA, 2002). CHRISTOFIDIS (2001) mostrou que as entidades que atuam na gestão dos recursos hídricos na bacia do São Francisco ainda não obtiveram eficácia nas suas ações, existindo ainda sérios conflitos entre os usuários.

A Política Nacional de Recursos Hídricos ressalta a importância de cinco instrumentos essenciais à boa gestão dos recursos hídricos: a outorga de direito de uso dos recursos hídricos, a cobrança pelo uso da água, o enquadramento dos corpos d'água em classes de uso, o Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos e o Plano Nacional de Recursos Hídricos (BRASIL, 1997).

O instrumento de outorga concede (por prazo determinado) ou não o uso da água, condicionado à sua disponibilidade, de tal modo que assegure ao gestor o controle

quantitativo e qualitativo do seu uso, ao mesmo tempo que garante ao usuário o direito de uso da água de forma pessoal e intransferível. Esse instrumento necessita de suporte técnico-científico para sua aplicação com eficiência.

Estão sujeitos à outorga pelo Poder Público os seguintes usos de recursos hídricos: a derivação ou captação de parcela da água existente em um corpo d'água para consumo final, inclusive abastecimento público, ou insumo de processo produtivo; a extração de água de aquífero subterrâneo para o consumo final ou como insumo do processo produtivo; o lançamento em um corpo de água de esgotos e demais resíduos líquidos e gasosos, tratados ou não, para sua diluição, transporte e disposição final; o aproveitamento dos potenciais hidrelétricos; e as obras que interfiram nos recursos hídricos, como: perfuração de poços, construção de barramentos e açudes, diques ou desvios de corpos d'água, construção de estruturas de lançamento de efluentes em corpos d'água, construção de estruturas de recreação nas margens de corpos d'água, construção de estruturas de transposição de níveis, canalização ou obras de drenagem, construção de travessias rodoferroviárias, dragagem, desassoreamento e limpeza de corpos d'água, garantia de tirantes mínimos para navegação hidroviária, retificação, canalização ou obras de drenagem, transposição de bacias e outros usos que alterem o regime, a quantidade ou a qualidade da água existente em um corpo d'água (SILVA e RAMOS, 2001). Dependendo da natureza da utilização, da quantidade requerida e da relevância econômica, certos usos podem ser priorizados em relação aos demais.

O instrumento de outorga de direito do uso de recursos hídricos busca uma adequada administração da oferta das águas, visando evitar concessões e autorizações incompatíveis com a disponibilidade hídrica existente. A quantidade de água possível de ser outorgada em um curso d'água deve ser estabelecida com base nas quantidades já outorgadas a montante e a jusante e na análise dos dados de vazões mínimas. Em rios perenes, a outorga é usualmente feita com base na $Q_{7,10}$ (vazão mínima com sete dias de duração e período de retorno de 10 anos) ou na $Q_{95\%}$ (vazão mínima com 95% de permanência no tempo), devendo ser outorgada apenas uma parte dessas vazões mínimas. No caso de rios de regime temporário ou intermitente, o processo de outorga torna-se mais complexo, pois na época da seca o rio deixa de apresentar vazão (SILVA e RAMOS, 2001).

Existem diferenças nos critérios de outorga entre a União e os estados federados, no que diz respeito às vazões máximas possíveis de serem outorgadas. A União adota 70% da Q_{95} como limite máximo das derivações consuntivas a serem outorgadas,

podendo ser essa a vazão adaptada ao critério de cada estado. O Distrito Federal, assim como Bahia e Pernambuco, adota 80% da Q_{90} como limite máximo das derivações. Goiás estabelece que o limite máximo das derivações consuntivas a serem outorgadas em cada seção da bacia hidrográfica considerada é de 10% da $Q_{7,10}$, enquanto Minas Gerais estabelece o limite máximo para a outorga como sendo 30% da vazão $Q_{7,10}$ (GARRIDO, 2003).

A demanda total de outorgas para a retirada de água na bacia do São Francisco é da ordem de $770 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, correspondente a 27% da vazão média na foz do rio, sendo mais de 90% desse valor destinado a projetos de irrigação (LIMA et al., 1999). Diante de valores tão expressivos, pode-se perceber a importância do estudo detalhado de cada pedido de outorga, visando minimizar os prejuízos socioeconômicos e ambientais advindos de retiradas excessivas de água.

2.3. Importância da análise do comportamento hidrológico e da estimativa do uso consuntivo para a gestão de recursos hídricos

O conhecimento do comportamento temporal e espacial das variáveis hidrológicas e das vazões consumidas pelos diversos usuários da água é de suma importância para subsidiar a tomada de decisão na gestão de recursos hídricos, uma vez que permite quantificar a disponibilidade dos recursos hídricos no tempo e no espaço, ou seja, identificar áreas em que este recurso se encontra ou pode vir a se tornar escasso. Mais do que a simples análise do comportamento hidrológico, o inventário das disponibilidades de água deve prever uma quantificação dinâmica e precisa do quanto, onde, quando e como utilizar os recursos hídricos.

Entre 1900 e 1995, o consumo total de água em atividades humanas cresceu seis vezes, enquanto a população mundial não chegou a triplicar (IRC, 1997). Atualmente, mais de um bilhão de habitantes não tem acesso ao abastecimento de água de boa qualidade, ressaltando-se que 40% da população mundial vive em regiões onde a disponibilidade de água já impõe restrições para o seu uso, percentual que deve atingir 65% em 2025 (CUNHA, 2003). Segundo Selborne (2001), se a população mundial aumentar 65% nos próximos 50 anos, cerca de 70% dos habitantes do planeta enfrentarão deficiências no suprimento de água, e 16% deles não terão água bastante para produzir sua alimentação básica.

A disponibilidade hídrica de uma bacia pode ser avaliada pela análise das vazões mínimas observadas no período de estiagem, refletindo o potencial natural disponível para o abastecimento de água de populações, indústrias, irrigação, navegação, geração de energia elétrica e lançamento de efluentes, sendo as vazões mínimas caracterizadas pela sua duração e frequência de ocorrência. A estimativa da vazão máxima é importante para o controle de inundações e dimensionamento de obras hidráulicas, enquanto a vazão média permite caracterizar, além da disponibilidade hídrica, o potencial energético da bacia, sendo a vazão média de longa duração a vazão máxima possível de ser regularizada. A vazão específica serve como índice comparativo entre bacias e caracteriza o seu potencial hídrico.

Ramos e Pruski (2003) analisaram o comportamento das precipitações, vazões médias, máximas, mínimas e associadas a diferentes níveis de permanência e do coeficiente de deságüe em 77 estações fluviométricas situadas na bacia do São Francisco. Eles evidenciaram a necessidade de realização de uma análise mais aprofundada dos diversos fatores que interferem na disponibilidade hídrica na bacia, por exemplo a quantificação das vazões consumidas pelos diversos usuários, de modo a facilitar a compreensão do comportamento hidrológico ao longo do período de análise e a otimização do uso da água na bacia.

Lima et al. (2001) desenvolveram metodologia para a estimativa da redução da capacidade de geração de energia devido ao uso da água pela irrigação, aplicando-a às condições existentes na bacia do São Francisco em 1999. A demanda de água pela irrigação foi estimada com base no produto da área irrigada (333.312 ha) pela lâmina de água a ser fornecida às culturas pela irrigação, a qual foi obtida pela diferença entre a evapotranspiração real da cultura e o suprimento natural de água pelas precipitações e posterior divisão pela eficiência de aplicação, considerada igual a 65%. Essa demanda foi multiplicada por um fator igual a 0,75, utilizado a fim de considerar o efeito de paralisações na irrigação. A maior estimativa de vazão demandada pela irrigação foi de $191,0 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ no mês de setembro e a menor de $98 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, no mês de dezembro.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Análise do comportamento hidrológico na bacia do Paracatu

Para a realização deste estudo foram analisados os dados de 30 estações pluviométricas (Quadro 1 e Figura 2) e 21 estações fluviométricas (Quadro 2) pertencentes à rede hidrometeorológica da Agência Nacional de Águas (ANA), sendo as estações fluviométricas Ponte da BR-040 (Paracatu), Porto da Extrema e Porto do Cavalo, todas localizadas no rio Paracatu, utilizadas apenas como estações de apoio para o preenchimento de falhas de dados de vazão das 18 estações fluviométricas efetivamente consideradas no estudo. O critério adotado para a seleção dessas estações foi a existência de pelo menos 10 anos de dados, dentro do período-base de 1970 a 2000, selecionado em função da base de dados disponíveis.

3.1.1. Preenchimento de falhas e extensão das séries

Após a análise dos dados hidrológicos, àqueles inexistentes ou considerados inconsistentes foram atribuídas falhas para posterior preenchimento. O preenchimento de falhas foi realizado por meio de correlações segundo critérios consagrados de escolha de base para as regressões.

Num mesmo curso d'água, iniciou-se, preferencialmente, pela estação mais próxima, e, quando essa condição não pode ser atendida, aplicou-se o princípio da semelhança hidrológica, tendo nos coeficientes de correlação a base para a tomada de decisão.

Quadro 1 – Estações pluviométricas utilizadas no estudo

Código	Estação	Latitude	Longitude	Altitude
01546005	Cabeceiras	15° 48' 03"	46° 55' 29"	900
01547002	Planaltina	15° 27' 12"	47° 36' 48"	1.000
01645000	São Romão	16° 22' 18"	45° 04' 58"	472
01645002	Santo Inácio	16° 16' 54"	45° 24' 51"	460
01645003	Barra do Escuro	16° 16' 07"	45° 14' 16"	437
01645009	Cachoeira da Manteiga	16° 39' 25"	45° 04' 51"	-
01645013	Fazenda Água Branca	16° 48' 26"	45° 01' 49"	-
01646000	Porto dos Poções	16° 49' 47"	46° 19' 20"	540
01646001	Unai	16° 21' 05"	46° 53' 23"	-
01646003	Santo Antônio do Boqueirão	16° 31' 47"	46° 43' 16"	-
01647001	Ponte São Bartolomeu	16° 32' 16"	47° 48' 02"	790
01647002	Cristalina	16° 45' 23"	47° 36' 22"	1.239
01744006	Pirapora-Barreiro	17° 21' 50"	44° 56' 54"	471
01745000	Caatinga	17° 08' 45"	45° 52' 49"	502
01745001	Cachoeira do Paredão	17° 06' 40"	45° 26' 16"	520
01745007	Porto do Cavalo	17° 01' 37"	45° 32' 26"	473
01746001	Porto da Extrema	17° 01' 51"	46° 00' 49"	510
01746002	Santa Rosa	17° 15' 19"	45° 28' 26"	490
01746006	Ponte da BR-040 (Prata)	17° 39' 49"	46° 21' 18"	-
01746007	Ponte da BR-040 (Paracatu)	17° 30' 10"	46° 34' 18"	-
01746008	Paracatu	17° 13' 00"	46° 52' 00"	-
01747001	Campo Alegre de Goiás	17° 30' 15"	47° 33' 20"	800
01747005	Guarda Mor	17° 46' 21"	47° 05' 55"	-
01845013	São Gonçalo do Abaeté	18° 20' 37"	45° 50' 12"	836
01846003	Major Porto	18° 42' 25"	46° 02' 13"	672
01846005	Presidente Olegário	18° 24' 45"	46° 25' 20"	-
01846016	Ponte Firme	18° 02' 02"	46° 25' 10"	-
01846017	Leal dos Patos	18° 38' 28"	46° 20' 04"	-
01847003	Abadia dos Dourados	18° 29' 28"	47° 24' 23"	784
01847040	Fazenda São Domingos	18° 06' 11"	47° 41' 41"	-

Quadro 2 – Estações fluviométricas utilizadas no estudo

Código	Estação	Latitude	Longitude	Área de Drenagem (km ²)	Curso d'Água
42250000	Fazenda Limoeiro	17° 54' 56"	47° 00' 38"	470	Rio Claro
42251000	Fazenda Córrego do Ouro	17° 36' 48"	46° 51' 31"	1840	Rio Escuro
42255000	Fazenda Nolasco	17° 13' 48"	47° 01' 20"	257	Ribeirão Santa Isabel
42257000	Barra do Escurinho	17° 30' 45"	46° 38' 46"	2.013	Ribeirão Escurinho
42290000	Ponte da BR-040 (Paracatu)*	17° 30' 10"	46° 34' 18"	7.720	Rio Paracatu
42395000	Santa Rosa	17° 15' 19"	46° 28' 26"	12.880	Rio Paracatu
42435000	Fazenda Barra da Égua	16° 52' 28"	46° 35' 12"	1.594	Ribeirão Barra da Égua
42440000	Fazenda Poções	17° 02' 31"	46° 49' 04"	533	Ribeirão São Pedro
42460000	Fazenda Limeira	16° 12' 35"	47° 13' 58"	3.830	Rio Preto
42490000	Unai	16° 20' 58"	46° 52' 48"	5.250	Rio Preto
42540000	Santo Antônio do Boqueirão	16° 31' 47"	46° 43' 16"	5.840	Rio Preto
42545500	Fazenda o Resfriado	16° 30' 10"	46° 39' 46"	704	Ribeirão Roncador
42546000	Fazenda Santa Cruz	16° 08' 06"	46° 44' 52"	530	Rio Salobro
42600000	Porto dos Poções	16° 50' 23"	46° 21' 26"	9.370	Rio Preto
42690001	Porto da Extrema*	17° 01' 49"	46° 00' 49"	29.060	Rio Paracatu
42750000	Caatinga	17° 08' 45"	45° 52' 49"	30.230	Rio Paracatu
42840000	Veredas	18° 08' 19"	45° 45' 32"	190	Rio Santo Antônio
42850000	Cachoeira das Almas	17° 21' 02"	45° 31' 57"	4.350	Rio do Sono
42860000	Cachoeira do Paredão	17° 07' 16"	45° 26' 08"	5.660	Rio do Sono
42930000	Porto do Cavalo*	17° 01' 50"	45° 32' 22"	39.640	Rio Paracatu
42980000	Porto Alegre	16° 46' 29"	45° 22' 55"	40.300	Rio Paracatu

* Estações utilizadas apenas como apoio.

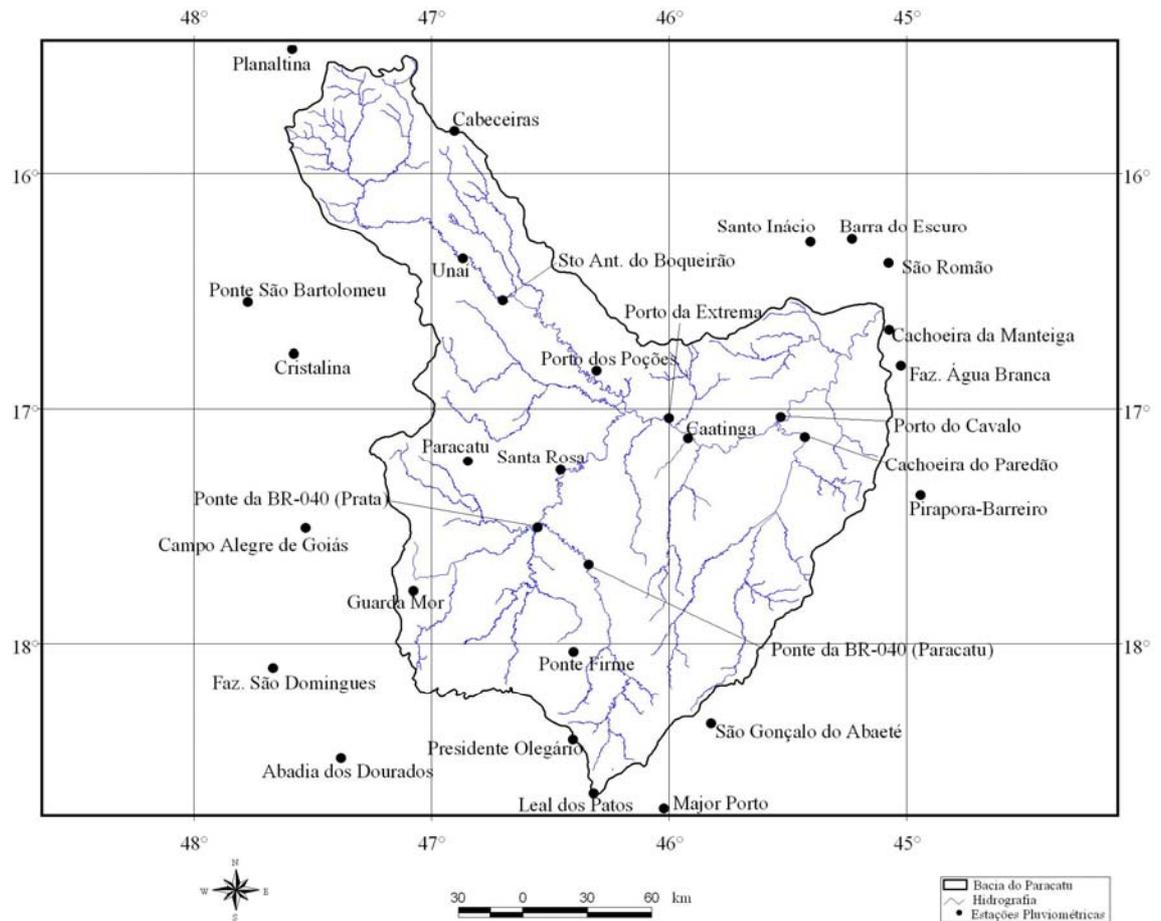


Figura 2 – Localização das estações pluviométricas.

Para o preenchimento de falhas nas séries de vazão, utilizou-se a regressão linear simples com base na equação:

$$Q_y = a + b Q_x \quad (1)$$

em que:

Q_y = vazão do posto em análise, $m^3 s^{-1}$;

Q_x = vazão do posto de apoio, $m^3 s^{-1}$; e

a, b = parâmetros ajustados na regressão pelo método dos mínimos quadrados, adimensional.

Para o preenchimento de falhas em séries pluviométricas, utilizou-se o método da ponderação regional com base em regressões lineares, sendo necessárias para tal a

existência de pelo menos três estações de apoio e a obtenção de coeficiente de determinação (r^2) entre as estações superior a 0,7. Esse método consiste em estabelecer regressões lineares entre o posto com dados a serem preenchidos, P_Y , e cada um dos postos vizinhos, P_{X1} , P_{X2}, \dots, P_{Xn} . De cada uma das regressões lineares efetuadas foi obtido o coeficiente de correlação (r), sendo o preenchimento realizado com base na equação:

$$P_Y = \frac{r_{YX1} P_{X1} + r_{YX2} P_{X2} + \dots + r_{YXn} P_{Xn}}{(r_{YX1} + r_{YX2} + \dots + r_{YXn})} \quad (2)$$

em que:

P_Y = precipitação do posto em análise, mm mês⁻¹;

P_{Xn} = precipitação do posto de apoio, mm mês⁻¹;

r_{YXj} = coeficiente de correlação entre os postos considerados, adimensional; e

n = número total de postos vizinhos considerados.

Quando não foi possível a utilização do método da ponderação regional com base em regressões lineares, utilizou-se o método da regressão linear simples para preenchimento de falhas de dados de precipitação.

Para a aplicação dos métodos, adotaram-se, como critério mínimo, a obtenção de coeficiente de determinação (r^2) superior a 0,7 e a existência de pelo menos oito anos de eventos comuns entre as estações consideradas para o estabelecimento da regressão.

3.1.2. Precipitação média anual

Para a análise da distribuição espacial das precipitações anuais ao longo da bacia e o cálculo da precipitação média na bacia foi utilizado o método das isoietas.

Para o cálculo da precipitação média nas áreas de drenagem das 18 estações fluviométricas estudadas foi empregado o método do Polígono de Thiessen, que atribui um fator de peso aos totais precipitados em cada aparelho proporcional à área de influência de cada um. Essas áreas de influência (pesos) foram determinadas em mapas da bacia contendo as estações, unindo-se os pontos adjacentes por linhas e, em seguida, traçando-se as mediatrizes dessas retas, formando polígonos. A precipitação média foi calculada pela média ponderada entre a precipitação de cada estação e o peso a ela atribuído.

3.1.3. Vazões médias, máximas e mínimas

Pela análise dos dados das 18 estações fluviométricas estudadas, obteve-se a vazão média anual de longa duração pela média das vazões médias anuais. A vazão máxima anual utilizada neste estudo corresponde ao maior valor da vazão diária para cada ano considerado, e a vazão mínima foi a vazão mínima anual observada de sete dias de duração, tendo sido identificado, para cada ano considerado no estudo, o valor da vazão mínima pertinente à duração de sete dias.

As vazões associadas à permanência de 95% (Q_{95}) foram obtidas pelas curvas de permanência de cada estação fluviométrica com base em dados diários, retratando a parcela de tempo que determinada vazão é igualada ou superada durante o período analisado.

As vazões médias anuais de longa duração, quando divididas pela área de drenagem correspondente à estação fluviométrica considerada, deram origem às vazões específicas médias de longa duração, sendo o mesmo procedimento utilizado para a obtenção das vazões específicas máximas e mínimas.

De posse dos valores da Q_{95} , realizou-se uma comparação dessas vazões com a vazão mínima de sete dias de duração e período de retorno de 10 anos ($Q_{7,10}$), sendo utilizado para a obtenção da $Q_{7,10}$ o programa RH 3.0 (EUCLYDES et al., 1999).

3.1.4. Coeficiente de deságüe

Do volume total precipitado sobre uma bacia hidrográfica, apenas uma parte atinge a seção de deságüe, uma vez que parte da água é interceptada, outra preenche as depressões e outra infiltra no solo, sendo estas, posteriormente, evapotranspiradas ou vão abastecer os lençóis d'água subterrâneos.

O volume de água que escoar na seção de deságüe de uma bacia hidrográfica representa, portanto, apenas uma parcela do volume precipitado. Neste trabalho foi utilizado o coeficiente de deságüe para caracterizar a relação entre o volume que escoar pela seção de deságüe considerada e o volume total precipitado, obtido pela seguinte equação:

$$C = \frac{V_{T(\text{escoado})}}{V_{T(\text{precipitado})}} \quad (3)$$

em que:

C = coeficiente de deságüe, adimensional;

$V_{T(\text{escoado})}$ = volume total que escoo na seção de deságüe durante o ano considerado, m^3 ; e

$V_{T(\text{precipitado})}$ = volume total que precipita na bacia de drenagem que contribui para a seção de deságüe, m^3 .

3.1.5. Confeção de mapas das variáveis hidrológicas analisadas

Visando à representação espacial das diversas variáveis hidrológicas analisadas no presente estudo, foram confeccionados mapas representando a variação absoluta, a variação relativa e a significância relativas ao comportamento das variáveis hidrológicas. Para tanto, foram estabelecidos intervalos de classe para as variações absoluta e relativa e para a significância e a elas associadas cores que permitissem uma melhor visualização dos resultados. Portanto, nos diversos mapas confeccionados estão representadas, para cada estação fluviométrica, as variações absoluta e relativa e a significância pertinente ao comportamento de cada variável hidrológica durante o período considerado na análise.

3.2. Vazões de retirada, de retorno e consumida por quatro segmentos de usuários

As categorias de uso consuntivo consideradas neste trabalho foram irrigação, abastecimento animal e abastecimento humano (urbano e rural). Tendo em vista a pequena expressividade da atividade industrial na bacia caracterizada pelo PLANPAR (BRASIL, 1996) e dada a dificuldade para a sua quantificação, em virtude da inexistência nos censos industriais de dados relativos às quantidades produzidas por classe de atividade industrial em nível de município, não se procedeu neste estudo ao cálculo das vazões referentes a esse segmento.

Foram consideradas como vazões de retirada as vazões captadas, vazões de retorno às vazões lançadas nos corpos d'água após o seu uso e as vazões consumidas à diferença entre as vazões de retirada e de retorno.

A estimativa das vazões de retirada, de retorno e consumida pela irrigação e pelos abastecimentos animal e humano (urbano e rural) foi realizada para cada um dos municípios pertencentes à área de drenagem correspondente a cada estação

fluviométrica considerada, sendo a vazão de retirada de cada tipo de usuário obtida pelo somatório das vazões relativas a todos os municípios pertencentes à área de drenagem considerada.

No cálculo da vazão de retirada para o abastecimento urbano, considerou-se que, se a sede do município encontra-se na área de drenagem analisada, toda a população atendida está na área de drenagem e, portanto, toda a vazão de retirada foi computada nessa área de drenagem. Para o cálculo da vazão de retirada pela irrigação e para os abastecimentos animal e rural foi considerado o critério de proporcionalidade da área do município localizada na área de drenagem considerada.

Para a obtenção das porcentagens das áreas dos municípios contidas em cada uma das áreas de drenagem das estações fluviométricas consideradas neste estudo, bem como para a localização das sedes dos municípios nessas áreas, foi necessária a sobreposição da malha municipal sobre o mapa correspondente a cada uma das áreas de drenagem (Figura 3). No Quadro 3 estão apresentados os municípios pertencentes à bacia, às respectivas áreas e à porcentagem dessas áreas dentro da bacia.

Em virtude da emancipação, em 1992, do município de Lagoa Grande (desmembrado de Presidente Olegário) e, em 1995, dos municípios de Cabeceira Grande (desmembrado de Unai), Natalândia (formado por parte de Unai e parte de Bonfinópolis de Minas), Dom Bosco (desmembrado de Bonfinópolis de Minas), Brasilândia de Minas (desmembrado de João Pinheiro) e Varjão de Minas (desmembramento de São Gonçalo do Abaeté), as áreas dos municípios e, conseqüentemente, suas porcentagens dentro das áreas de drenagem variaram no decorrer do período de análise. As porcentagens das áreas dos municípios dentro de cada uma das áreas de drenagem de cada estação fluviométrica encontram-se no Apêndice A.

Um banco de dados foi criado com base nos censos agropecuários correspondentes aos anos de 1970, 1975, 1980, 1985 e 1996 e nos censos demográficos de 1970, 1980, 1991 e 2000, realizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). A análise dos dados referentes ao censo agropecuário foi feita até o ano de 1996, por este ser o último ano em que foi realizado esse censo.

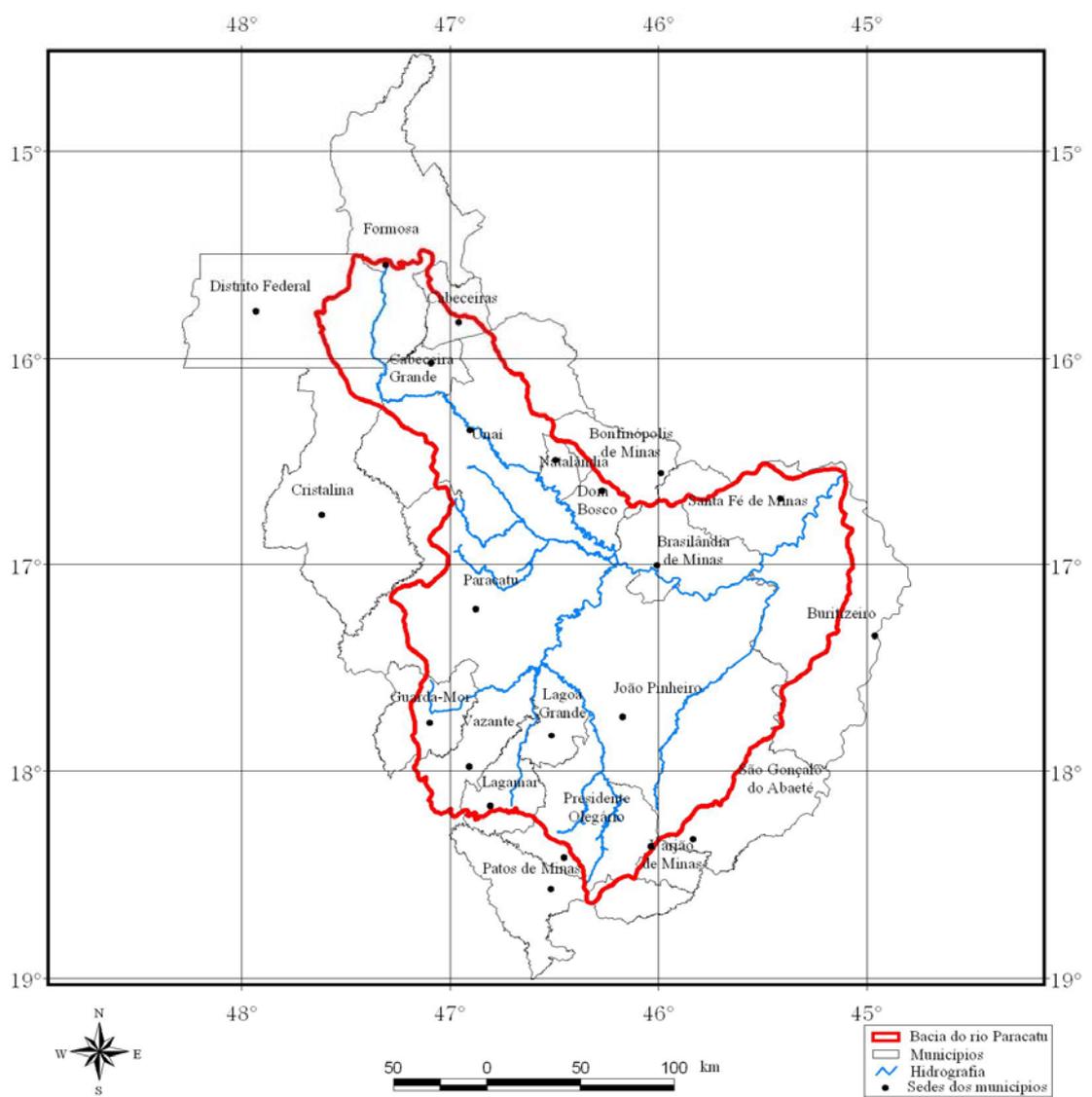


Figura 3 – Localização dos municípios pertencentes à bacia do Paracatu, bem como das respectivas sedes e do contorno da bacia.

Quadro 3 – Municípios pertencentes à bacia do Paracatu, respectivas áreas e as porcentagens das suas áreas dentro da bacia

Estado	Municípios	Área do Município (km ²)	% da Área do Município Pertencente à Bacia
MG	Bonfinópolis de Minas	1.778	9,2
	Brasilândia de Minas ⁵	7.226	96,9
	Buritizeiro	2.515	47,5
	Cabeceira Grande ²	1.026	100,0
	Dom Bosco ⁴	8.22	98,9
	Guarda Mor	2.066	56,0
	João Pinheiro	10.717	100,0
	Lagamar	1.473	77,9
	Lagoa Grande ¹	1.220	100,0
	Natalândia ³	471	100,0
	Paracatu	8.232	77,0
	Patos de Minas	3.189	2,6
	Presidente Olegário	3.531	85,7
	Santa Fé de Minas	2.917	77,7
	São Gonçalo do Abaeté	2.687	0,6
	Unai	8.464	64,7
Varjão de Minas ⁶	653	4,0	
Vazante	1.903	100,0	
GO	Cabeceiras	1.128	50,4
	Cristalina	6.161	5,4
	Formosa	5.807	21,4
DF	Distrito Federal	5.802	22,9

¹ Município desmembrado de Presidente Olegário em 1992.

² Município desmembrado de Unai em 1995.

³ Município formado por parte de Unai e parte de Bonfinópolis de Minas, em 1995.

⁴ Município desmembrado de Bonfinópolis de Minas, em 1995.

⁵ Município desmembrado de João Pinheiro, em 1995.

⁶ Município desmembrado de São Gonçalo do Abaeté, em 1995.

3.2.1. Irrigação

A vazão de retirada pela irrigação foi estimada com base na irrigação total necessária e na área irrigada de cada cultura em cada mês no município, sendo determinada pela equação:

$$Q_{m,i} = \sum_{i=1}^{cn} \left[\frac{ET_{rc,m,m} - P_{ef,m,m}}{E_a} \right] A_{m,i,c,m} 10.000 \quad (4)$$

em que:

- $Q_{m,i}$ = vazão de retirada pela irrigação no município, L d⁻¹;
- $ET_{rc,m,m}$ = evapotranspiração real da cultura em cada mês no município, mm d⁻¹;
- $P_{ef,m,m}$ = precipitação efetiva mensal no município, mm d⁻¹;
- E_a = eficiência de aplicação, adimensional;
- $A_{m,i,c,m}$ = área irrigada da cultura no município em cada mês, ha; e
- cn = número de culturas irrigadas no município.

A evapotranspiração real mensal de cada cultura foi obtida pela equação:

$$ET_{rc,m,m} = ET_{o,m,m} K_c K_s \quad (5)$$

em que:

- $ET_{o,m,un}$ = evapotranspiração potencial mensal da cultura de referência no município, mm;
- K_c = coeficiente da cultura, adimensional; e
- K_s = coeficiente que depende da umidade do solo, adimensional.

Para o cálculo da evapotranspiração potencial mensal da cultura de referência no município foi utilizado o método de Penman-Monteith, contido na publicação da FAO 56 (ALLEN et al., 1998), utilizando-se, para tanto, o programa Reference Evapotranspiration Calculator – Ref Et (ALLEN, 2000). Em decorrência da falta de dados climáticos diários, usaram-se as normais climatológicas do período de 1960 a 1990, contidas em Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 1992), as quais são apresentadas na Figura 4 e seus dados climatológicos, no Apêndice B. De posse dos dados de evapotranspiração potencial mensal da cultura de referência em cada estação

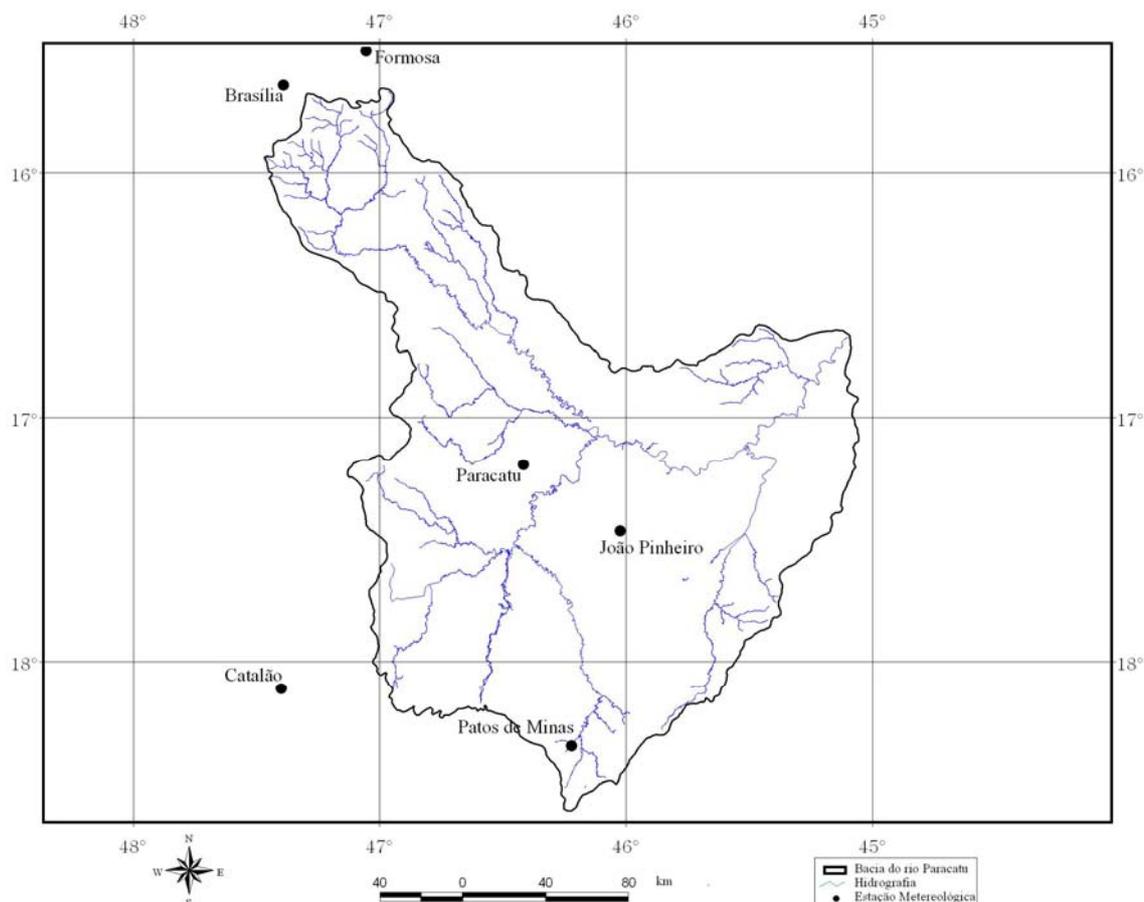


Figura 4 – Localização das estações climatológicas utilizadas.

meteorológica, procedeu-se à sua espacialização na bacia, o que permitiu a obtenção da evapotranspiração mensal da cultura de referência de cada mês, em cada município.

Os coeficientes de cultura em cada estágio de desenvolvimento das culturas foram obtidos na publicação da FAO 56 (ALLEN et al., 1998) e estão apresentados no Apêndice C, tendo sido as culturas irrigadas predominantes na bacia em 1996 (último ano de censo) a soja (44% do total irrigado) e o milho (33% do total irrigado).

Em cada cultura foi associado o método de irrigação de uso mais freqüente, sendo o método de irrigação por aspersão associado às culturas temporárias e o de irrigação localizada às culturas permanentes. Considerando os resultados obtidos por Ramos e Pruski (2003), adotaram-se os valores de 0,81 e 0,88 para K_s e de 0,70 e 0,79 para E_a nas irrigações por aspersão e localizada, respectivamente.

Para o cálculo da precipitação efetiva foi utilizado o método desenvolvido pelo United States Department of Agriculture, contido na publicação da FAO 24

(DOORENBOS e PRUITT, 1977). Esse método estima a precipitação efetiva média mensal em função dos valores da precipitação média mensal, da evapotranspiração potencial mensal da cultura e da capacidade total de água no solo. Em virtude da diversidade dos tipos de solos caracterizados na bacia pelo PLANPAR (BRASIL, 1996) e correspondentes a 16% de Latossolo Vermelho-Amarelos, 20% de Latossolo Vermelho-Escuros, 13% de Cambissolos, 15% de Areias Quartzosas, 6% de Solos Aluviais, 30% de solos Lítólicios Distróficos e menos que 1% de solos Hidromórficos, considerou-se a capacidade total de água no solo igual a 75 mm, por ser esse o valor de base para o cálculo da precipitação efetiva por esse método.

Em virtude da ausência de dados censitários referentes à área irrigada de cada cultura em cada mês no município, necessitou-se proceder à sua estimativa a partir das informações existentes. Para tal foi necessário estimar um valor inicial da área irrigada para cada cultura no município, sendo esse valor posteriormente corrigido pela multiplicação por um fator de correção que permitiu que a soma das áreas irrigadas para cada cultura fosse igual à área irrigada total do município (apresentada no censo).

A área irrigada de cada cultura e em cada ano no município foi estimada pela equação:

$$A_{m,i,c,a} = A_{m,i,c,a,vi} fc \quad (6)$$

em que:

- $A_{m,i,c,a}$ = área irrigada da cultura em cada ano no município, ha;
- $A_{m,i,c,a,vi}$ = estimativa inicial da área irrigada da cultura a cada ano no município, ha; e
- fc = fator de correção da área irrigada no município, adimensional.

A estimativa inicial da área irrigada de cada cultura e cada ano no município foi feita pela equação:

$$A_{m,i,c,a,vi} = \frac{A_{e,i,c,a}}{A_{e,c,c,a}} A_{m,c,c,a} \quad (7)$$

em que:

$A_{e,i,c,a}$ = área irrigada da cultura em cada ano no estado, ha (obtida nos censos agropecuários do IBGE);

$A_{e,c,c,a}$ = área colhida da cultura em cada ano no estado, ha (obtida nos censos agropecuários do IBGE); e

$A_{m,c,c,a}$ = área colhida da cultura em cada ano no município, ha (obtida nos censos agropecuários do IBGE).

O fator de correção foi determinado pela equação:

$$fc = \frac{A_{m,i,t,a}}{\sum_{i=1}^{cn} A_{m,i,c,a,vi}} \quad (8)$$

em que $A_{m,i,t,a}$ é a área total irrigada no município no ano, ha (obtida nos censos agropecuários do IBGE).

Para as culturas permanentes, a área irrigada da cultura em cada ano no município foi mantida constante em cada mês, entretanto para as culturas temporárias foi necessária a estimativa da área irrigada de cada cultura em cada mês no município, sendo o procedimento dessa estimativa descrito a seguir.

Em virtude da ausência de dados censitários referentes à área colhida de cada cultura, em cada mês no município e no censo, essa área foi determinada pela equação:

$$A_{m,c,c,m} = A_{m,c,c,a} fc_{e,c,c,m_i} \quad (9)$$

em que:

$A_{m,c,c,m}$ = área colhida da cultura em determinado mês no município, ha (obtida nos censos agropecuários do IBGE); e

fc_{e,c,c,m_i} = fator de correção da área colhida da cultura no mês i no estado.

O fator de correção da área colhida da cultura do mês i no estado foi estimado pela equação:

$$fc_{e,c,c,m_i} = \frac{A_{e,c,c,m_i}}{A_{e,c,c,a}} \quad (10)$$

em que A_{e,c,c,m_i} é a área colhida da cultura do mês i no estado, ha (obtida nos censos agropecuários do IBGE).

A fim de caracterizar a distribuição da área irrigada no transcorrer do ano somaram-se, da menor para a maior, as áreas colhidas da cultura, em cada mês, no município até a obtenção da área total irrigada da cultura por ano no município. As áreas colhidas que não foram computadas para a obtenção da área total irrigada foram consideradas áreas onde não ocorreu irrigação.

Depois de obtidas as áreas irrigadas por mês da cultura no município, procedeu-se a uma defasagem correspondente ao ciclo da cultura, visando à obtenção da data de plantio, a partir da qual se fez o cálculo de vazão requerida pela irrigação.

A área irrigada por mês no município foi obtida considerando todas as áreas irrigadas por mês de cada cultura existente, entretanto 20% dessa área foi considerada ociosa, o que corresponde a dizer que essa área permaneceu sem a presença de cultura durante 20% do tempo.

Os dados referentes à área irrigada total no município, à área colhida de cada cultura no município, às áreas irrigada e colhida de cada cultura no estado e às áreas colhidas de cada cultura em cada mês no estado, todas obtidas nos censos agropecuários do IBGE, são apresentados no Apêndice D.

Visando à determinação da vazão de retirada pela irrigação nos anos intermediários ao censo, procedeu-se à interpolação linear das áreas irrigadas relativas aos dois anos, entre os quais o ano de interesse estava compreendido, a fim de determinar a área irrigada correspondente a esse ano, a qual foi multiplicada por um coeficiente de cultura dito equivalente, por representar o comportamento das diversas culturas irrigadas no município e obtido pela equação:

$$K_{c,m,m} = \frac{\sum_{l,l}^{n,f} A_{m,i,cn,mi} K_{cn,f} N_{cn,f,m,m}}{\left(\sum_1^n A_{m,i,cn,n} \right) \sum_{l,l}^{n,f} N_{cn,f,m,m}} \quad (11)$$

em que:

- $K_{c,m,m}$ = K_c médio de cada mês no município, adimensional;
 $A_{m,i,cn,mi}$ = área irrigada da cultura n no mês m e no município i, ha;
 $K_{cn,f}$ = K_c correspondente à fase f da cultura n, adimensional;
 $N_{cn,f,m,m}$ = número de dias correspondentes, a fase f da cultura n no município m e no mês m;
n = cultura n; e
f = estágio de desenvolvimento.

As perdas por percolação e escoamento ocorridas na aplicação da água por cada tipo de irrigação foram tidas como retorno, não sendo consideradas as perdas na condução da água. Portanto, a vazão de retorno foi obtida pela equação:

$$Q_{m,i} = \sum_{i=1}^{cn} \left[\frac{ET_{rc,m,m} - P_{ef,m,m}}{E_a} \right] A_{m,i,c,m} 10.000 (P_p + P_{esc}) \quad (12)$$

em que:

- $Q_{m,i,r}$ = vazão de retorno referente à irrigação no município, L d⁻¹;
 P_p = perdas por percolação, adimensional; e
 P_{esc} = perdas por escoamento, adimensional.

Considerou-se que não seria irrigada a cultura caso a precipitação efetiva fosse maior que a evapotranspiração real da cultura.

As perdas por percolação mais as perdas por escoamento foram estimadas pela equação:

$$(P_p + P_{esc}) = 1 - P_{evp} - E_a \quad (13)$$

em que P_{evp} são as perdas por evaporação e deriva, adimensional.

Para os sistemas de irrigação por aspersão foi adotada uma perda por evaporação e deriva igual a 10,9% (RAMOS e PRUSKI, 2003). Nos sistemas de irrigação localizada, essa perda foi considerada nula. Dessa forma, levando-se em conta que as eficiências de aplicação consideradas na irrigação por aspersão e localizada foram de 0,70 e 0,79, respectivamente, o somatório das perdas por percolação e escoamento foram iguais a 19% na irrigação por aspersão e a 21% na irrigação localizada.

A vazão consumida pela irrigação foi determinada pela diferença entre a vazão de retirada e a vazão de retorno.

3.2.2. Abastecimento animal

A vazão retirada para o abastecimento animal foi obtida pela equação:

$$Q_{m,a} = \sum (P_{m,ay} q_{a,y}) \quad (14)$$

em que:

$Q_{m,a}$ = vazão de retirada para o abastecimento animal no município, $L d^{-1}$;

$P_{m,ay}$ = número de cabeças do rebanho para cada espécie animal no município, cab (obtido nos censos agropecuários do IBGE e apresentado no Apêndice E); e

q_{ay} = vazão “per capita” para cada espécie animal, $L d^{-1}cab^{-1}$.

Para a determinação da vazão “per capita” correspondente a cada espécie animal foram utilizados os critérios propostos pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2003), no documento “Base de Referência para o Plano Nacional de Recursos Hídricos”, no qual foi adotada a vazão “per capita” por espécie animal contida em Rebouças et al. (1999). A vazão “per capita” para aves, não disponível no trabalho destes autores, foi obtida em Corsan (1991), sendo esta igual a $0,35 L d^{-1}$. As vazões “per capita” correspondentes a cada espécie animal são apresentadas no Quadro 4.

Para a obtenção do número de cabeças de cada espécie animal nos anos intermediários aos censos foi realizada a interpolação linear, considerando-se os dados dos dois censos, entre os quais o ano de interesse estava compreendido.

Com o intuito de uma melhor estimativa da vazão de retorno que expresse, principalmente, as condições de confinamento (suínos, bovinos etc.), em que essa vazão pode representar uma parcela expressiva de vazão de retirada, considerou-se a vazão de retorno como 20% da vazão de retirada.

A vazão consumida foi obtida pela diferença entre a vazão de retirada e a vazão de retorno.

Quadro 4 – Vazões “per capita” para os principais rebanhos nacionais

Espécie Animal	Vazão “per capita” (L d ⁻¹)
Bovino	50
Suíno	12,5
Bubalino	50
Eqüino	50
Asinino	50
Muar	50
Ovino	10
Caprino	10

Fonte: Rebouças et al. (1999).

3.2.3. Abastecimento humano urbano

A vazão de retirada para o abastecimento urbano em cada município foi obtida pela equação:

$$Q_{m,u} = (P_{m,u,a} q_{e,u,Fxn}) \quad (15)$$

em que:

$Q_{m,u}$ = vazão de retirada para o abastecimento humano urbano no município, L d⁻¹;

$P_{m,u,a}$ = população urbana do município abastecida pelo Sistema Público de Abastecimento de Água, hab; e

$q_{e,u,Fxn}$ = vazão “per capita” para o município, L hab⁻¹ d⁻¹.

Quando a população abastecida foi maior que a urbana, considerou-se como população urbana abastecida pelo Sistema Público de Abastecimento de Água a própria população urbana, porém, quando a população abastecida foi menor que a urbana, considerou-se toda a população abastecida como a população urbana abastecida.

Tendo em vista a inexistência de dados referentes à população abastecida pelo Sistema Público de Abastecimento de Água nos censos demográficos, esta foi estimada pela equação:

$$P_{m,a} = D_{m,a} \frac{P_{m,u}}{D_{m,u}} \quad (16)$$

em que:

$P_{m,a}$ = população abastecida pelo Sistema Público de Abastecimento de Água no município, hab;

$D_{m,u}$ = domicílios urbanos no município, unidade (obtidos nos censos demográficos do IBGE);

$D_{m,a}$ = domicílios abastecidos pelo Sistema Público de Abastecimento no município, unidade (obtidos nos censos demográficos do IBGE); e

$P_{m,u}$ = população urbana no município, hab (obtida nos censos demográficos do IBGE).

Os dados referentes às populações dos meios urbano e rural, a população abastecida pelo sistema público de abastecimento de água e os domicílios urbanos e abastecidos dos municípios pertencentes à bacia encontram-se no Apêndice F. Para a obtenção da população urbana, população abastecida e domicílios urbano e abastecido nos anos intermediários aos censos demográficos, foi realizada a interpolação linear considerando-se os dados dos dois censos, entre os quais o ano de interesse estava compreendido.

A vazão “per capita” para os municípios, cujas sedes se localizam dentro da bacia do Paracatu, foi estimada pela equação:

$$q_{m,u} = \frac{V_{m,u,d}}{P_{m,u,a}} \quad (17)$$

em que:

$q_{m,u}$ = vazão “per capita” no município, L hab⁻¹ d⁻¹; e

$V_{m,u,d}$ = volume de água distribuído no município, L d⁻¹ (obtido da Pesquisa Nacional de Saneamento Básico do IBGE, 2000).

Uma vez que as vazões “per capita” para alguns dos municípios foram inferiores a $70 \text{ L hab}^{-1} \text{ d}^{-1}$ ou superiores a $450 \text{ L hab}^{-1} \text{ d}^{-1}$, faixa de valores de vazão “per capita” considerada razoável pelo Plano Nacional de Recursos Hídricos (ANA, 2003b), criou-se um coeficiente de proporcionalidade com o intuito de uma estimativa de vazão “per capita” mais condizente dos municípios com vazões menores que $70 \text{ L hab}^{-1} \text{ d}^{-1}$ ou maiores que $450 \text{ L hab}^{-1} \text{ d}^{-1}$. Portanto, a vazão “per capita” para cada faixa populacional do Estado foi estimada pela equação:

$$q_{e,u,Fxn} = \frac{X \left(\frac{q_{Fxn}}{q_{Fx1}} \right)_{e,u,ANA}}{q_{e,b,u}} \quad (18)$$

em que:

- n = faixa populacional, variando de 1 a 4 (Quadro 5);
- $q_{(Fx1)e,u,ANA}$ = vazão “per capita” para a faixa 1 no estado considerado, $\text{L hab}^{-1} \text{ d}^{-1}$ (Quadro 6);
- $q_{(Fxn)e,u,ANA}$ = vazão “per capita” para a faixa n no estado considerado, $\text{L hab}^{-1} \text{ d}^{-1}$ (Quadro 6);
- X = coeficiente de proporcionalidade, $\text{L}^2 \text{ hab}^{-2} \text{ d}^{-2}$; e
- $q_{e,b,u}$ = vazão “per capita” para o estado, considerando-se apenas os municípios pertencentes à bacia, $\text{L hab}^{-1} \text{ d}^{-1}$.

Quadro 5 – Faixas populacionais consideradas

Faixa	População (habitantes)
1	<10.000
2	10.000 a 100.000
3	100.000 a 500.000
4	>500.000

Quadro 6 – Vazão “per capita” do meio urbano, conforme o estado considerado e a população do município

Classe	Estados	Faixa Populacional (habitantes)	Vazão “per capita” L/(hab.d)
1	AL, GO, PI, RR	<10.000	135
		10.000 a 100.000	160
		100.000 a 500.000	180
		>500.000	210
2	AC, CE, DF, ES, MA, MS, MT, PA, PB, PE, PR, RN, RO, SE, SC, TO	<10.000	200
		10.000 a 100.000	230
		100.000 a 500.000	265
		>500.000	310
3	AM, AP, BA, MG, RJ, RS, SP	<10.000	300
		10.000 a 100.000	350
		100.000 a 500.000	400
		>500.000	470

Fonte: ANA (2003b). Memorial descritivo do cálculo da demanda humana de água contido no documento “Base de Referência do Plano Nacional de Recursos Hídricos” (Nota Técnica 010/SPR/2003).

O coeficiente de proporcionalidade foi estimado considerando somente os municípios que apresentaram na Pesquisa Nacional de Saneamento Básico, realizada em 2000, vazão “per capita” entre 70 e 450 L hab⁻¹ d⁻¹, sendo esse coeficiente obtido pela equação:

$$X = \frac{(Q_{e,b,u}) (q_{e,b,u})}{\left[P_{F \times 1} + \left(\frac{q_{F \times 2}}{q_{F \times 1}} \right)_{e,u,ANA} \right] (P_{F \times 2}) + \left(\frac{q_{F \times 3}}{q_{F \times 1}} \right)_{e,u,ANA} (P_{F \times 3}) + \left(\frac{q_{F \times 4}}{q_{F \times 1}} \right)_{e,u,ANA} (P_{F \times 4})} \quad (19)$$

em que:

$Q_{e,b,u}$ = consumo de água do estado, L d⁻¹; e

$P_{F \times 1...4}$ = população do município, hab (obtida no censo demográfico de 2000, do IBGE).

O consumo de água do estado foi calculado levando-se em conta apenas os municípios pertencentes à bacia do Paracatu, sendo esse consumo estimado pela equação:

$$Q_{e,b,u} = P_{e,b,a} q_{e,b,u} \quad (20)$$

em que $P_{e,b,a}$ é a população do estado atendida pelo Sistema Público de Abastecimento de Água, hab (obtida no censo demográfico de 2000 do IBGE).

A população do estado atendida pelo Sistema Público de Abastecimento de Água, bem como a vazão “per capita” do estado foram calculadas considerando-se apenas os municípios pertencentes à bacia.

A vazão “per capita” do estado foi estimada pela equação:

$$q_{e,b,u} = \frac{\sum(V_{m,u,d})}{P_{e,b,a}} \quad (21)$$

No Quadro 7, apresentam-se os valores de vazões “per capita” considerados no cálculo do consumo urbano nos Estados de Minas Gerais e Goiás.

Quadro 7 – Consumo urbano “per capita”, conforme o estado considerado e a população do município

Estado	Faixa Populacional (Hab)	Vazão “per capita” (L hab ⁻¹ dia ⁻¹)
MG	< 10.000	133
	10.000 a 100.000	156
GO	< 10.000	134
	10.000 a 100.000	159

A Norma Brasileira 9649, da ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT), recomenda, na falta de valores experimentais, o valor de 0,8 para o coeficiente de retorno (ALEM SOBRINHO e TSUTIYA, 1999). Portanto, a vazão de retorno para o abastecimento humano urbano foi obtida pela equação:

$$Q_{m,u,r} = 0,8 Q_{m,u} \quad (22)$$

em que $Q_{m,u,r}$ é a vazão de retorno para o abastecimento urbano no município, L d⁻¹.

A vazão consumida foi obtida pela diferença entre a vazão de retirada e a vazão de retorno.

3.2.4. Abastecimento humano rural

A vazão de retirada para abastecimento rural, por município, foi estimada considerando duas situações, conforme os itens subseqüentes.

3.2.4.1. População abastecida pelo sistema público maior que a população urbana

Neste caso, parte da população rural do município estava sendo abastecida pelo Sistema Público de Abastecimento de Água. Logo, a população considerada no abastecimento rural do município foi estimada considerando toda a população rural, tanto a abastecida quanto a não-abastecida. Portanto, a vazão retirada para o abastecimento rural no município foi estimada pela equação:

$$Q_{m,r1} = P_{m,r,a} q_{e,u,Fxn} + P_{m,r,\tilde{n}a} q_{m,r} \quad (23)$$

em que:

- $Q_{m,r1}$ = vazão de retirada para o abastecimento rural no município, L d⁻¹;
- $P_{m,r,a}$ = população do meio rural abastecida pelo Sistema Público de Abastecimento de Água, hab;
- $P_{m,r,\tilde{n}a}$ = população do meio rural não-abastecida pelo Sistema Público de Abastecimento de Água, hab; e
- $q_{m,r}$ = vazão “per capita” no meio rural, L hab⁻¹ d⁻¹.

A população rural abastecida pelo Sistema Público de Abastecimento de Água no município foi obtida pela equação:

$$P_{m,r,a} = P_{m,a} - P_{m,u} \quad (24)$$

A população rural não-abastecida pelo Sistema Público de Abastecimento de Água foi estimada pela equação:

$$P_{m,r,\tilde{n}a} = P_{m,t} - P_{m,a} \quad (25)$$

em que $P_{m,t}$ é a população total do município, hab (obtida nos censos demográficos do IBGE).

Para a obtenção da população rural nos anos intermediários aos censos demográficos, foi realizada uma interpolação linear, considerando-se os dados dos dois censos, entre os quais o ano de interesse estava compreendido. Já para a determinação da vazão “per capita” no meio rural foram utilizados os critérios propostos pela ANA (2003b), no documento “Base de Referência para o Plano Nacional de Recursos Hídricos”, apresentados no Quadro 8.

Quadro 8 – Vazão “per capita” no meio rural, conforme o estado considerado

Estados	Vazão “per capita” L/ (hab.d)
AL, GO, PI	70
AC, BA, CE, DF, ES, MA, MS, MT, PA, PB, PE, PR, RN, RO, SE, SC, TO	100
AM, AP, MG, RJ, RS, RR, SP	125

Fonte: ANA (2003b).

3.2.4.2. População abastecida pelo sistema público menor que a população urbana

A vazão retirada para o abastecimento rural no município foi estimada pela equação:

$$Q_{m,r2} = P_{m,rt} q_{m,r} \quad (26)$$

em que:

$Q_{m,r2}$ = vazão retirada para o abastecimento rural no município na segunda situação, L d⁻¹; e

$P_{m,rt}$ = população total considerada para o abastecimento rural no município, hab.

A população considerada no cálculo do abastecimento rural no município foi estimada pela equação:

$$P_{m,rt} = P_{m,r} + P_{m,u,\tilde{n}a} \quad (27)$$

em que:

$P_{m,r}$ = população do meio rural no município, hab (obtida nos censos demográficos do IBGE); e

$P_{m,u,\tilde{n}a}$ = população urbana não-abastecida pelo Sistema Público de Abastecimento de Água no município, hab.

A população urbana não-abastecida foi estimada pela equação:

$$P_{m,u,\tilde{n}a} = P_{m,u} - P_{m,a} \quad (28)$$

O fato de geralmente inexistirem sistemas para a condução das vazões de retorno aos mananciais de águas superficiais no meio rural implica a inexistência do retorno das vazões de retiradas, uma vez que este passa a ocorrer através do reabastecimento do lençol freático e conseqüente escoamento subterrâneo. Embora se reconheça que o retorno deva ser inferior ao do abastecimento urbano, considera-se que ele não deva ser desprezado. Pela consulta à literatura não foi possível identificar nenhum valor de referência para esse coeficiente, entretanto se acredita que um valor da ordem de 0,5 possa constituir um referencial para início de análise. Portanto, a vazão de retorno foi estimada pela equação:

$$Q_{m,r,r} = 0,5 Q_{m,r} \quad (29)$$

em que $Q_{m,r,r}$ é a vazão de retorno pelo abastecimento rural, $L d^{-1}$.

A vazão consumida pelo abastecimento rural foi obtida pela diferença entre a vazão retirada e a vazão de retorno.

3.3. Estimativa das vazões naturais

Para a estimativa das vazões naturais, utilizou-se a equação:

$$Q_{\text{nat}} = Q_{\text{obs}} + Q_{\text{anim}} + Q_{\text{rur}} + Q_{\text{urb}} + Q_{\text{irrig}} \quad (30)$$

em que:

Q_{nat} = vazão diária natural, $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$;

Q_{obs} = vazão diária observada, $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$;

Q_{anim} = vazão média mensal consumida pelo abastecimento animal, $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$;

Q_{rur} = vazão média mensal consumida pelo abastecimento rural, $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$;

Q_{urb} = vazão média mensal consumida pelo abastecimento urbano, $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$; e

Q_{irrig} = vazão média mensal consumida pela irrigação, $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Análise do comportamento hidrológico na bacia do Paracatu

Na Figura 5, apresentam-se o mapa de isoietas relativo à precipitação média anual correspondente ao período de 1970 a 2000 (Figura 5a) e o das precipitações médias anuais de longa duração, nas áreas de drenagem individualizadas para cada uma das 18 estações fluviométricas estudadas (Figura 5b). Os dados referentes às precipitações médias anuais, bem como as demais variáveis hidrológicas estudadas, em cada uma das estações fluviométricas analisadas, encontram-se no Apêndice G.

Na Figura 5a, observa-se uma tendência de decréscimo da precipitação na cabeceira do Paracatu, com valores da ordem de 1.525 na foz, onde esta era de aproximadamente 1.010 mm. A precipitação média anual na bacia era de 1.311 mm, sendo os valores obtidos próximos aos apresentados no PLANPAR (BRASIL, 1996), no qual foi utilizado o período de análise de 1975 a 1994 e cujas precipitações anuais decresceram de 1.600 a 1.000 mm, no sentido sudoeste-nordeste, com média anual de 1.340 mm.

As precipitações médias anuais nas áreas de drenagem individualizadas pelas 18 estações fluviométricas estudadas variaram de 1.322 mm (estação Fazenda Barra da Égua) a 1.525 mm (estação Fazenda Limoeiro). Nas estações fluviométricas situadas no rio Paracatu, evidenciavam-se precipitações médias anuais nas suas áreas de drenagem desde 1.333 mm em Porto Alegre (estação mais próxima da foz, representando 88% da área de drenagem da bacia) até 1.418 mm em Santa Rosa (estação mais afastada da

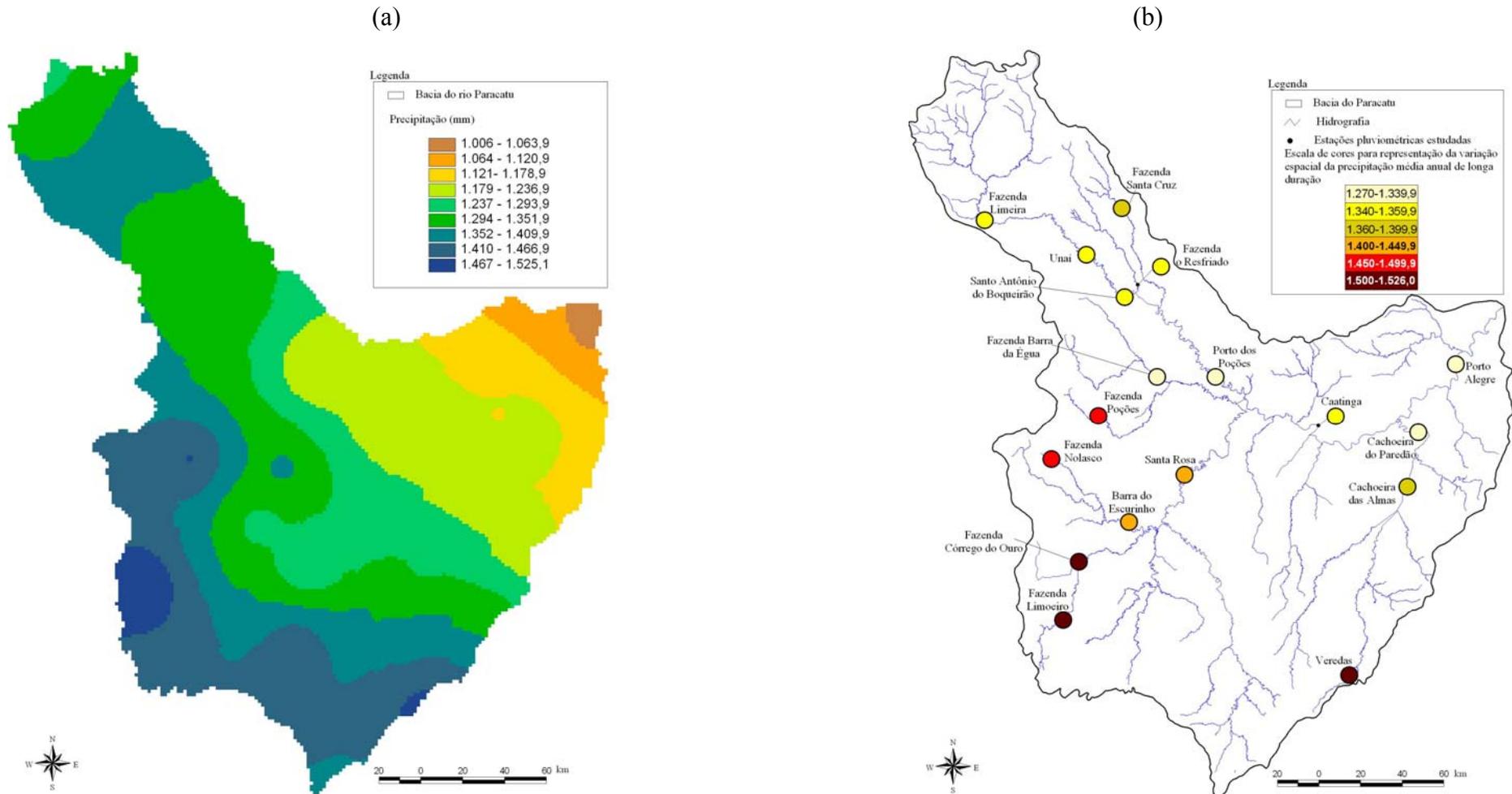


Figura 5 – Mapa de isoietas referente à precipitação média anual (a) e mapa com a distribuição da precipitação média anual de longa duração, nas áreas de drenagem de 18 estações fluviométricas situadas na bacia do Paracatu (b), considerando-se o período de 1970 a 2000.

foz), confirmando a tendência de decréscimo das precipitações médias anuais da cabeceira em direção à foz, comportamento também evidenciado nas estações situadas nos rios do Sono, Preto e Escuro.

A Figura 6 representa a variação espacial da vazão média de longa duração (Figura 6a) e da vazão específica média de longa duração (q_{med}) (Figura 6b) na bacia do Paracatu, no período de 1970 a 2000. Evidencia-se, nessa figura, conforme esperado, aumento das vazões médias de longa duração da nascente em direção à foz, comportamento decorrente do aumento da área de drenagem, mesmo que a precipitação tenha diminuído nesse sentido. A vazão média de longa duração, dentre as 18 estações estudadas, variou de $3,3 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ (estação Fazenda Nolasco, com área de drenagem de 257 km^2) a $478 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ (estação Porto Alegre, com área de drenagem de 40.300 km^2). Os valores de vazões médias de longa duração encontrados são coerentes com os apresentados no PLANPAR (BRASIL, 1996) e correspondentes ao período de 1940 a 1994, no qual a maior vazão média de longa duração evidenciada foi de $469,8 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ na estação Porto Alegre e, a menor, de $3,5 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ na estação Fazenda Nolasco.

O comportamento evidenciado nas vazões específicas médias (q_{med}) foi oposto ao das vazões médias de longa duração, sendo os valores mais elevados encontrados nas regiões oeste e sul da bacia, decrescendo para o nordeste, comportamento que pode ser compreendido pela análise das precipitações que ocorrem na bacia, que também decrescem nesse sentido, e pela própria tendência das vazões específicas, que, mesmo em condições uniformes de precipitação, decrescem durante o aumento da área de drenagem. As q_{med} mais elevadas são evidenciadas nas estações situadas nas cabeceiras do ribeirão São Pedro e dos rios Santo Antônio e Claro, sendo estas decorrentes, conforme mencionado anteriormente, das altas precipitações e pequenas áreas de drenagem associadas às seções de medição localizadas nessas posições. Na estação Fazenda Nolasco, apesar da elevada precipitação e da pequena área de drenagem, a q_{med} é baixa em comparação com as outras estações situadas próximas às cabeceiras dos rios, comportamento para o qual não se encontrou uma explicação concreta. Essa estação, aliás, apresentou, em termos de ordem de grandeza, um comportamento atípico em relação a todas as análises relativas à vazão específica, o que conduz à hipótese de que a própria base de dados relativa a essa estação possa ter algum tipo de incorreção.

Na estação localizada no ribeirão Entre Ribeiros (Fazenda Barra da Égua) é evidenciada a menor q_{med} ($11,1 \text{ L s}^{-1} \text{ km}^{-2}$), sendo esta decorrente da baixa precipitação ocorrida na área de drenagem correspondente a essa seção e que, conforme

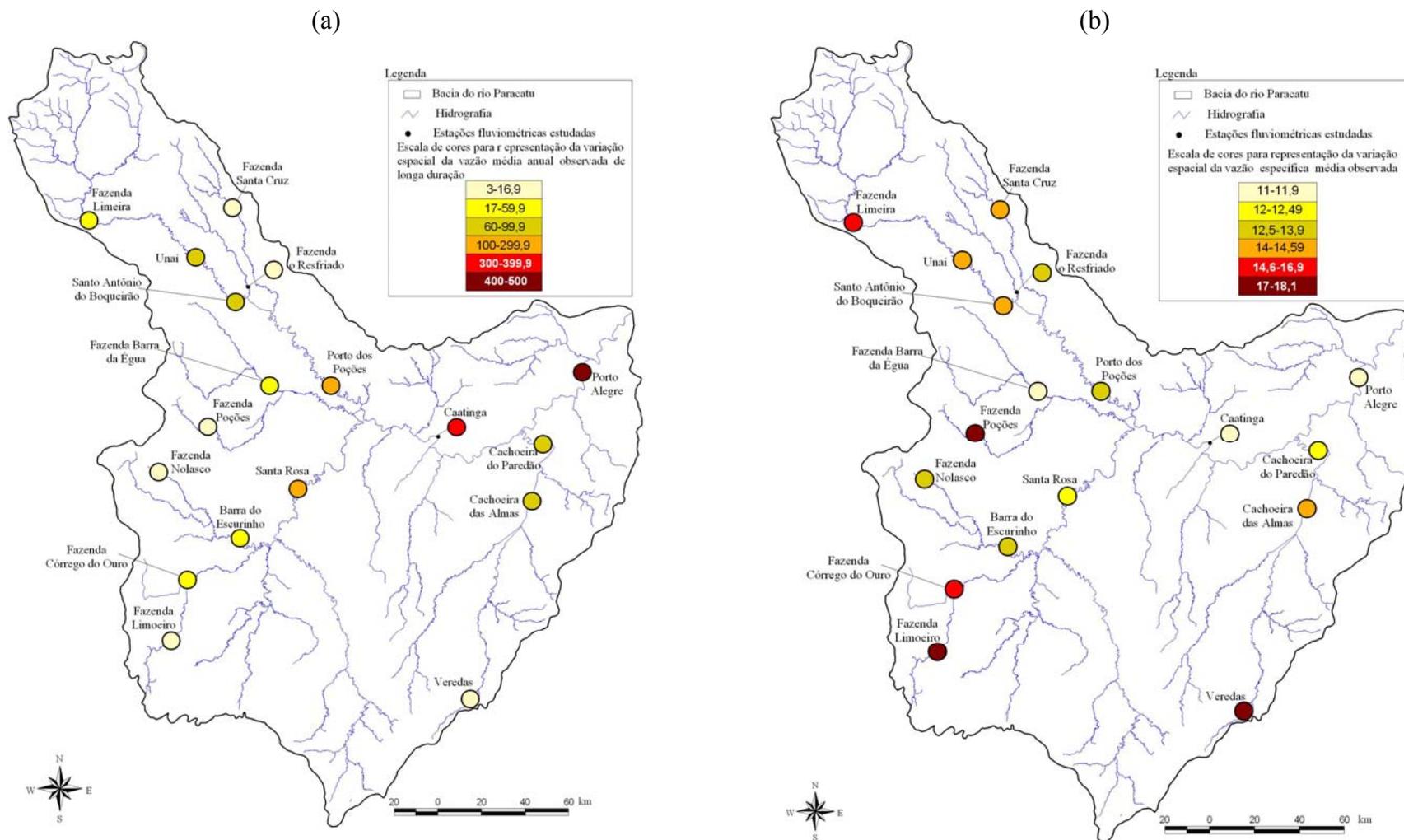


Figura 6 – Vazão média de longa duração (a) e vazão específica média de longa duração nas áreas de drenagem de 18 estações fluviométricas situadas na bacia do Paracatu (b), considerando-se o período de 1970 a 2000.

anteriormente salientado, foi a mais baixa ocorrida entre todas as seções analisadas, o que fez com que, mesmo sendo a área de drenagem correspondente à estação reduzida, a vazão específica apresentasse pequena magnitude.

A q_{med} na estação localizada mais a jusante do rio Paracatu (Porto Alegre) foi de $11,9 \text{ L s}^{-1} \text{ km}^{-2}$, valor 10% maior que o da vazão específica mencionada no PLANPAR ($10,7 \text{ L s}^{-1} \text{ km}^{-2}$) para essa seção, três vezes maior que a q_{med} encontrada por Ramos e Pruski (2003) para o São Francisco ($4,2 \text{ L s}^{-1} \text{ km}^{-2}$) e 17% menor que a evidenciada para o rio Paraopeba ($14,4 \text{ L s}^{-1} \text{ km}^{-2}$), único afluente do São Francisco, no qual a q_{med} foi superior à do Paracatu.

A variação espacial da vazão máxima e da vazão específica máxima (q_{max}) é apresentada na Figura 7, na qual se pode evidenciar que a vazão máxima tem tendência similar à observada na vazão média, aumentando o seu valor com o crescimento da área de drenagem, mesmo com o declínio da precipitação média na área de drenagem. A vazão máxima variou, dentre as 18 estações estudadas, de $35 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ (estação Veredas, com $A_d = 190 \text{ km}^2$) a $2.281 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ na estação Porto Alegre ($A_d = 40.300 \text{ km}^2$), estações com a menor e a maior área de drenagem, respectivamente.

A vazão máxima média obtida na estação Porto Alegre, ao contrário do que foi evidenciado na vazão média de longa duração, que teve uma diferença de apenas 10%, foi 60% superior à vazão máxima média apresentada no PLANPAR ($1.363,5 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$), uma vez que os períodos utilizados na análise, neste estudo, foi de 1970 a 2000 e, no PLANPAR, de 1940 a 1994. Tal diferença pode ser atribuída, em uma análise preliminar, ao processo de urbanização ocorrido na bacia nos últimos anos, ocasionando a impermeabilização do solo e, conseqüentemente, aumentando o escoamento superficial.

O comportamento evidenciado para a q_{max} foi, como esperado, semelhante ao da q_{med} , decrescendo o seu valor no sentido sudoeste-nordeste. A menor vazão específica máxima ($46,4 \text{ L s}^{-1} \text{ km}^{-2}$) foi evidenciada no ribeirão Entre Ribeiros (estação Fazenda Barra da Égua), onde também se observou a menor q_{med} , sendo esse comportamento decorrente do fato de a precipitação na sua área de drenagem ser a mais baixa dentre as 18 estações analisadas. As maiores q_{max} são evidenciadas nas cabeceiras dos afluentes do Paracatu, onde se observaram as maiores precipitações, as menores áreas de drenagem e as mais altas declividades.

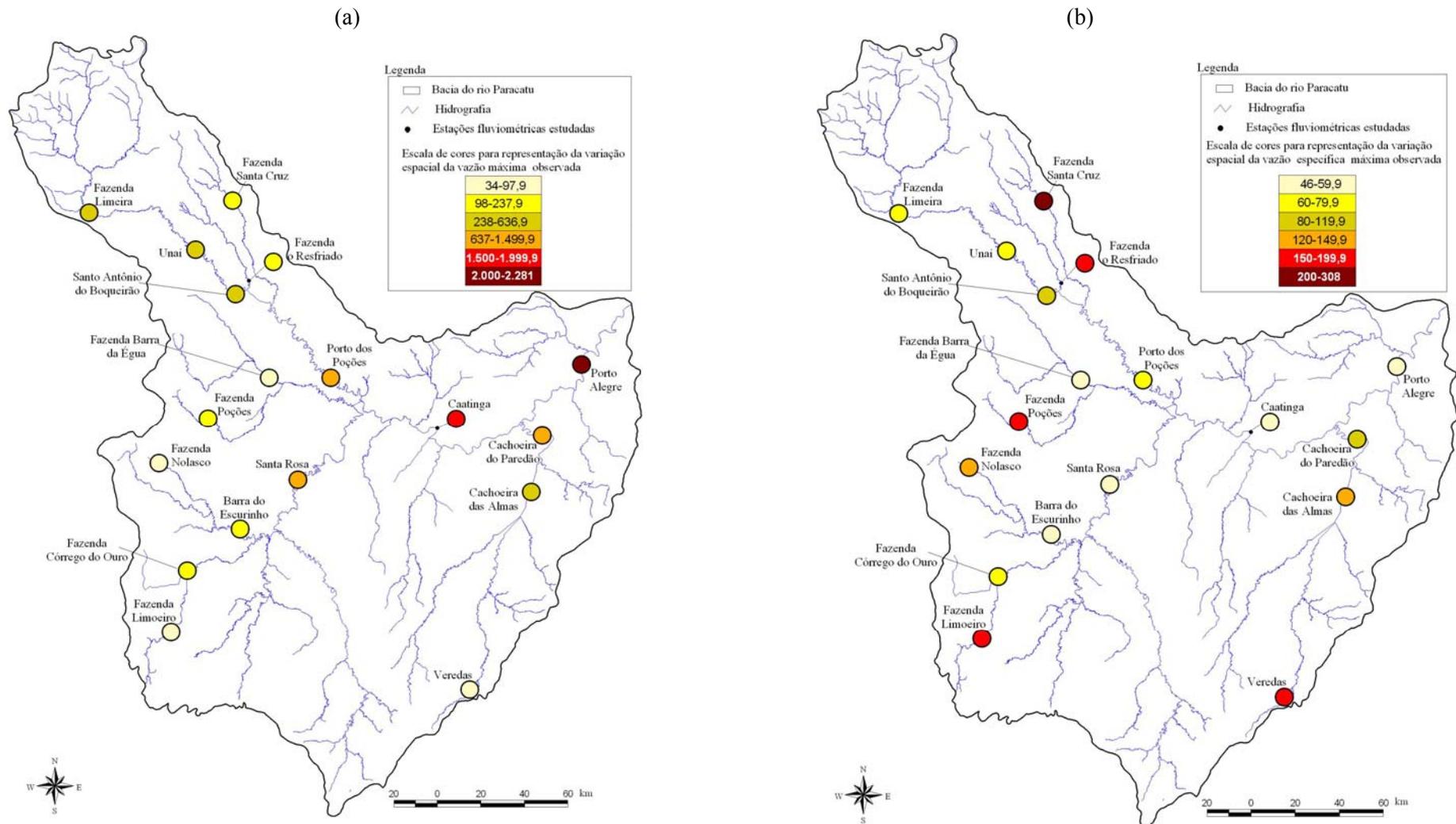


Figura 7 – Vazão máxima (a) e vazão específica máxima nas áreas de drenagem de 18 estações fluviométricas situadas na bacia do Paracatu (b), considerando-se o período de 1970 a 2000.

A Figura 8 representa a variação espacial da vazão mínima e da vazão específica mínima, ambos com sete dias de duração (q_{\min}), no período de 1970 a 2000, na bacia do Paracatu. A vazão mínima teve uma tendência de comportamento similar ao das vazões média e máxima, variando de $0,9 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ (Fazenda Nolasco) a $118,3 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ (Porto Alegre), sendo essas vazões próximas às mencionadas no PLANPAR (período de 1940-1994), no qual as vazões mínimas variaram de $1,2 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ (Fazenda Nolasco) a $122,8 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ (Porto Alegre).

A q_{\min} , tal como a q_{med} e a q_{max} , também apresentou tendência de decremento no sentido sudoeste-nordeste, variando de $1,5 \text{ L s}^{-1} \text{ km}^{-2}$ (Cachoeira do Paredão) a $6,8 \text{ L s}^{-1} \text{ km}^{-2}$ (Veredas). O maior valor de q_{\min} foi observado na estação Veredas, na qual, associado à alta precipitação e pequena área de drenagem, existia uma pequena retirada de água para os usos consuntivos. Já as menores q_{\min} foram verificadas na Fazenda Barra da Égua (onde ocorreram as menores precipitações médias anuais e as retiradas de água pela irrigação eram bastante expressivas) e nas estações Cachoeira das Almas (4.350 km^2) e Cachoeira do Paredão (5.660 km^2), estando esses baixos valores associados às baixas precipitações que ocorriam nas suas áreas de drenagem.

Os maiores valores de q_{\min} evidenciados no rio Preto, em comparação com os encontrados nos seus afluentes da margem esquerda, podem ser explicados pela presença de aquíferos aluviais na região média do rio Preto, os quais constituem meios porosos de alta permeabilidade, que recebem contribuições dos rios nos períodos de cheia e os alimentam durante as estiagens. Nos afluentes do rio Preto, entretanto, predominam aquíferos cársticos e fissurados, os quais apresentam pequena capacidade de armazenamento.

Na Figura 9, mostram-se os mapas com a variação espacial da vazão associada à permanência de 95% (Q_{95}) e do coeficiente de deságüe no período de 1970 a 2000, na bacia do Paracatu. A Q_{95} tem um comportamento qualitativo muito similar ao evidenciado na vazão mínima com sete dias de duração, conforme se pode evidenciar pela comparação das Figuras 6 e 7, ficando as diferenças associadas à ordem de grandeza dos valores obtidos. A Q_{95} varia de $0,7 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ (Fazenda Nolasco) a $89,1 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ (Porto Alegre). A Q_{95} apresenta um valor médio 53% superior ao da vazão mínima com sete dias de duração, sendo a maior diferença (97%) observada na estação Fazenda Cachoeira das Almas e a menor (8%), na estação Fazenda Santa Cruz.

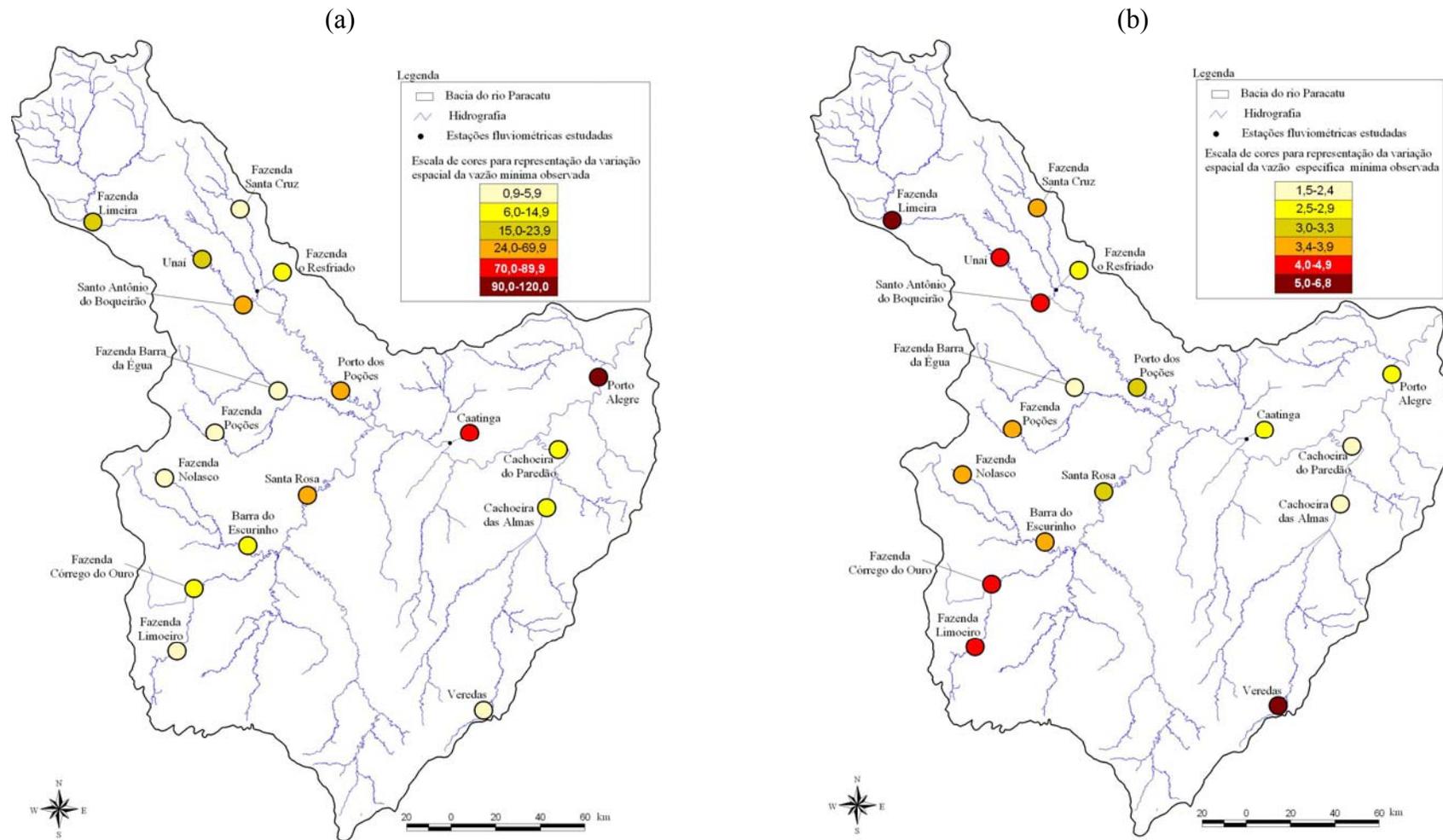


Figura 8 – Vazão mínima de sete dias de duração (a) e vazão específica mínima nas áreas de drenagem de 18 estações fluviométricas situadas na bacia do Paracatu (b), considerando-se o período de 1970 a 2000.

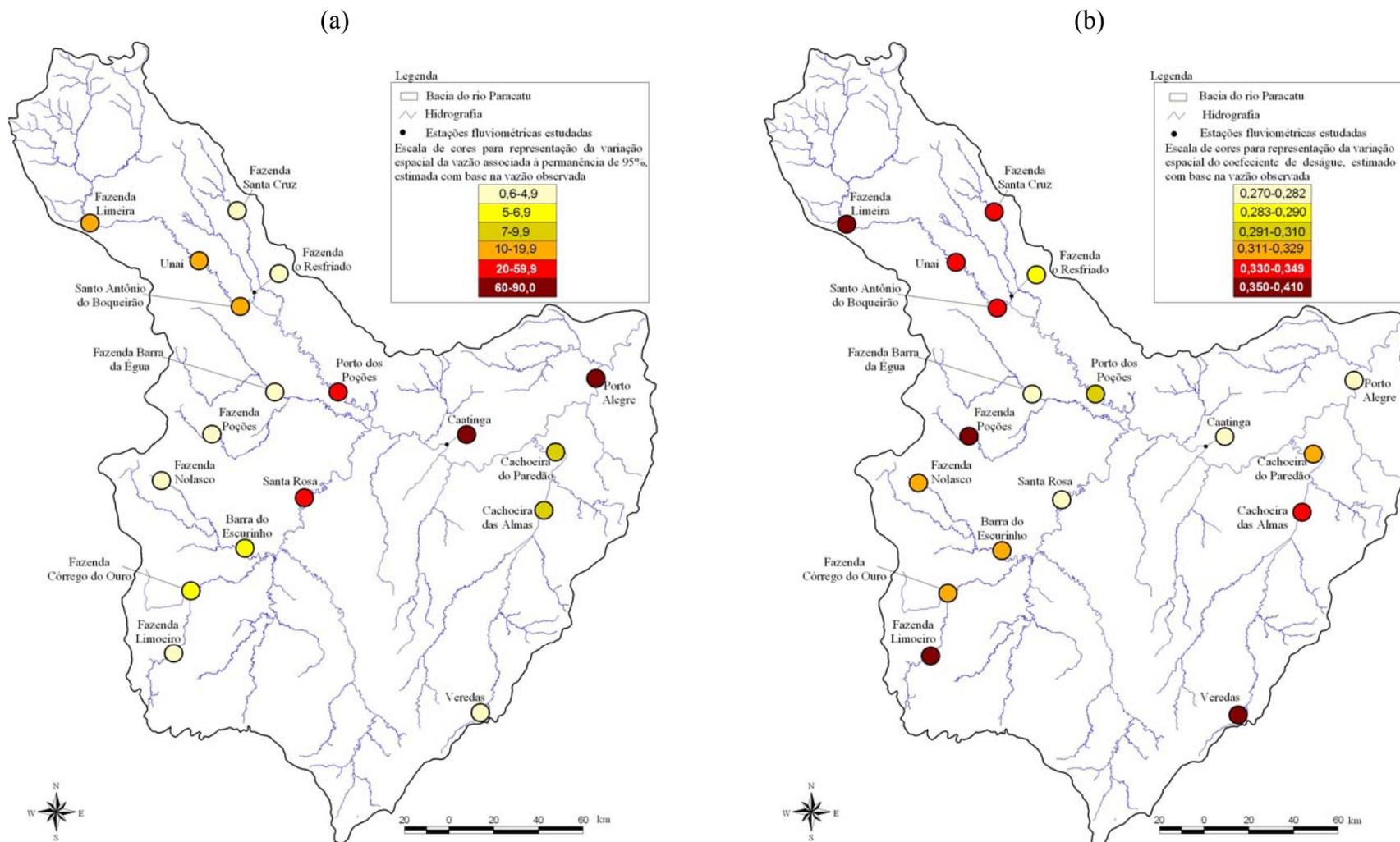


Figura 9 – Vazão associada à permanência de 95% (a) e coeficiente de deságüe nas áreas de drenagem de 18 estações fluviométricas situadas na bacia do Paracatu (b), considerando-se o período de 1970 a 2000.

O comportamento evidenciado no coeficiente de deságüe foi semelhante ao constatado nas vazões específicas, sendo os maiores valores observados nas regiões oeste e sul e os menores, na região nordeste. O coeficiente de deságüe variou de 0,27 na estação Fazenda Barra da Égua, onde se evidenciou a mais baixa precipitação da bacia, a 0,41 na estação Fazenda Poções, onde se constatou uma precipitação mais elevada. O crescimento do coeficiente de deságüe com o aumento do total precipitado está diretamente associado ao fato de que, com o aumento do total precipitado, maior a proporção da precipitação convertida em escoamento no rio.

Do volume total precipitado na bacia do Paracatu, 28% atingiam a sua foz, desaguando no rio São Francisco, enquanto na bacia deste rio apenas 20% atingiam a foz (RAMOS e PRUSKI, 2003). A precipitação média na bacia do Paracatu era de 1.311 mm, enquanto na bacia do São Francisco, de 903 mm, confirmando o comportamento discutido anteriormente.

Tendo em vista o fato de que a Q_{95} e a vazão mínima com sete dias de duração e período de retorno de 10 anos ($Q_{7,10}$) são índices de uso freqüente em estudos voltados à outorga de uso da água, no Quadro 9 são apresentados os valores de Q_{95} e $Q_{7,10}$ obtidos em cada uma das 18 estações estudadas. Nesse quadro, evidencia-se que os valores de $Q_{7,10}$ variaram de 51 a 93% da Q_{95} , sendo, em média, essa relação correspondente a 65%.

4.2. Vazões consumidas pela irrigação e pelos abastecimentos animal e humano (urbano e rural) na bacia do Paracatu

Na Figura 10, apresentam-se, no ano de 1996 (relativo ao último censo agropecuário), as vazões consumidas pela irrigação e pelos abastecimentos animal e humano (urbano e rural), bem como as proporções associadas a cada um desses usuários. O ano de 1996 foi o que apresentou a maior vazão consumida pela irrigação, decorrente da grande área irrigada (a maior durante todo o período estudado) e da precipitação, que foi menor que a precipitação média do período de 1970 a 2000. A precipitação média anual nesse ano foi igual a 1.024 mm, 281 mm inferior à precipitação média anual de longa duração (1.305 mm).

A vazão consumida pela irrigação foi superior a 78% do total consumido em todas as seções analisadas. Para o abastecimento animal, a vazão consumida variou de 6 a 21% do total, para abastecimento humano urbano de 1 a 5% e para abastecimento humano rural inferior a 2%.

Quadro 9 – Vazões mínimas com sete dias de duração e período de retorno de 10 anos ($Q_{7,10}$) e vazões associadas à permanência de 95% (Q_{95}), nas 18 seções analisadas no período de 1970 a 2000

Estação	$Q_{7,10}$ ($m^3 s^{-1}$)	Q_{95} ($m^3 s^{-1}$)	$\left(\frac{Q_{7,10}}{Q_{95}}\right) 100$
Fazenda Limoeiro	1,1	1,8	62,1
Fazenda Córrego do Ouro	3,5	6,0	58,6
Fazenda Nolasco	0,4	0,7	58,8
Barra do Escurinho	3,3	5,6	59,1
Santa Rosa	20,0	32,3	61,9
Fazenda Barra da Égua	1,2	1,7	68,6
Fazenda Poções	1,0	1,5	66,1
Fazenda Limeira	12,8	19,0	67,3
Unai	10,4	19,1	54,5
Sto. Antônio do Boqueirão	12,5	19,2	65,0
Fazenda o Resfriado	1,0	1,5	67,4
Fazenda Santa Cruz	1,3	1,4	92,6
Porto dos Poções	17,0	24,5	69,3
Caatinga	41,6	67,3	61,8
Veredas	0,8	1,1	70,9
Cachoeira das Almas	3,6	7,1	50,9
Cachoeira do Paredão	5,1	8,1	63,1
Porto Alegre	63,8	89,1	71,6
Média	11,1	17,1	65,0

Na estação Porto Alegre, mais próxima do deságüe do rio Paracatu no São Francisco, a qual representou 88% da área de drenagem total da bacia e até onde se encontravam 99,6% da área irrigada da bacia, a vazão consumida foi de $5,15 m^3 s^{-1}$. Desse total, $4,46 m^3 s^{-1}$ (87%) foram consumidos pela irrigação, $0,55 m^3 s^{-1}$ (11%) pelo abastecimento animal, $0,08 m^3 s^{-1}$ (2%) pelo abastecimento urbano e $0,063 m^3 s^{-1}$ (1%) pelo abastecimento rural.

A maior proporção de consumo pela irrigação foi evidenciada nas regiões oeste e noroeste, principalmente no ribeirão Entre Ribeiros e afluentes, no rio Preto e afluentes e no ribeirão Santa Isabel, afluente do rio Escuro, sendo a irrigação responsável por mais de 92% do total consumido no Entre Ribeiros, 85% no rio Preto e afluentes e 93% no ribeirão Santa Isabel.

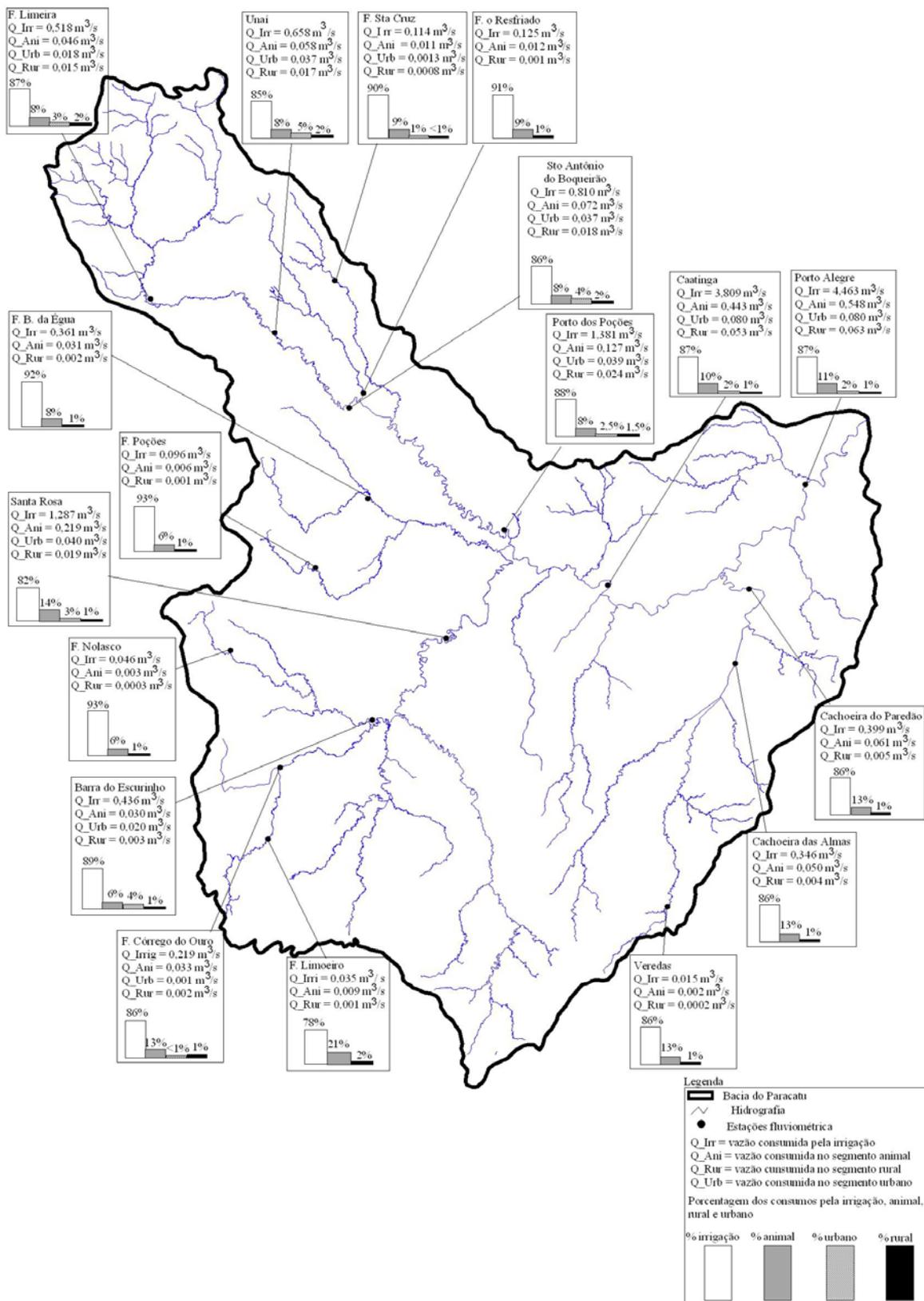


Figura 10 – Vazões consumidas pela irrigação e pelos abastecimentos animal e humano (urbano e rural) e respectivas porcentagens em relação ao total consumido no ano de 1996, na área de drenagem das 18 estações analisadas.

A comparação dos valores obtidos nas áreas de drenagem das estações Porto dos Poções (rio Preto), Fazenda Barra da Égua e Fazenda Poções (ambas situadas na sub-bacia do ribeirão Entre Ribeiros), nas quais se concentravam 46% da área irrigada da bacia e a vazão consumida pela irrigação era de $1,8 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ (41% da vazão consumida pela irrigação na bacia), com os valores apresentados no PLANPAR, no qual foi identificado que as bacias dos rios Preto e Entre Ribeiros concentravam 53% ($206,9 \text{ km}^2$) do total das áreas irrigadas na bacia do Paracatu, permitiu evidenciar uma boa proximidade entre as duas estimativas.

Em relação ao abastecimento animal, as maiores proporções consumidas foram evidenciadas nas regiões central e sul da bacia, decorrentes principalmente dos grandes rebanhos bovinos existentes nos municípios de João Pinheiro e Paracatu, situados nessa região, os quais representavam 23% (246.676 cabeças) e 16% (178.378 cabeças), respectivamente, do rebanho bovino existente na bacia.

As maiores proporções de consumo pelo abastecimento humano (urbano e rural) foram observadas nas regiões noroeste e oeste da bacia. Em virtude de os censos demográficos terem sido realizados apenas nos anos de 1970, 1980, 1991 e 2000, não havendo, portanto, censo em 1996, os dados referentes às populações apresentados na seqüência são relativos a 2000, último ano de censo. Na região noroeste, onde se localizam os municípios de Formosa e Unai, viviam 28% (48.862 habitantes) da população urbana abastecida pelo sistema público, a qual era responsável por 45% ($0,055 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$) do total consumido de água por esse segmento na bacia e 17% (13.318 habitantes) da população rural da bacia, responsável por 14% ($0,018 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$) do consumo total de água por esse segmento na bacia. Na região oeste, onde se localiza o município de Paracatu, viviam 27% (47.008 habitantes) da população urbana abastecida, a qual era responsável por 25% ($0,031 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$) do consumo de água por esse segmento na bacia e 14% da população rural (10.859 habitantes) da bacia, responsável por 8% ($0,010 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$) do consumo de água por esse segmento na bacia.

4.2.1. Variação das vazões consumidas no período de 1970 a 2000

Na seqüência, apresenta-se a análise do comportamento das vazões consumidas pela irrigação, pelo abastecimento animal e pelo abastecimento humano (urbano e rural) no período de 1970 a 2000, na estação Porto Alegre (Figura 11), a qual representava a tendência geral de comportamento evidenciada na bacia. A vazão consumida pela

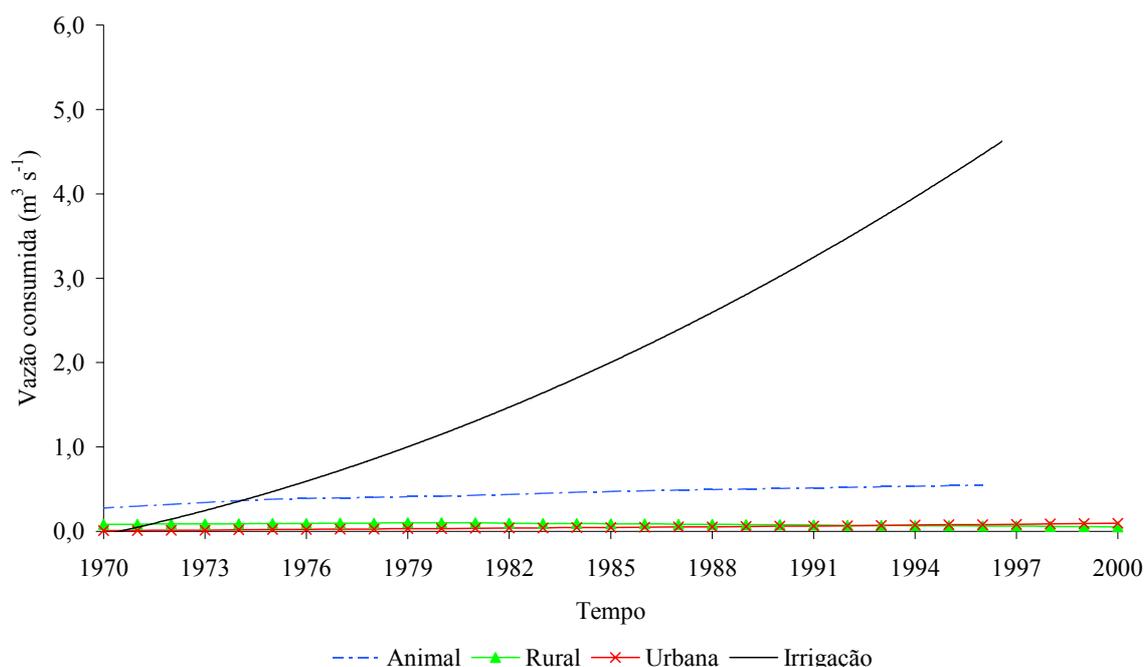


Figura 11 – Vazão consumida, até a seção de Porto Alegre, pela irrigação, pelo abastecimento animal e pelo abastecimento humano (urbano e rural) no período de 1970 a 2000.

irrigação é representada, nessa figura, por uma linha de tendência relativa às vazões médias anuais consumidas por esse setor. A análise das vazões consumidas pela irrigação e pelo abastecimento animal foi feita até o ano de 1996, tendo em vista ser esse o ano de realização do último censo agropecuário.

Evidenciou-se que em 1970, ano de realização do primeiro censo no período considerado, o principal consumidor era o abastecimento animal, sendo esse correspondente a 63% do total consumido ($0,44 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$), a irrigação responsável por 17% do consumo, o abastecimento rural 19% e o abastecimento urbano 2%, o que indica a predominância da população rural em relação à população urbana nessa época.

Em 1975, ano correspondente ao segundo censo considerado no estudo, o consumo pela irrigação superou o abastecimento animal, refletindo os incentivos governamentais implantados na bacia visando à expansão da fronteira agrícola. A taxa média de crescimento da vazão consumida pela irrigação no período de 1970 a 1996 foi de $0,19 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, muito superior às taxas médias de crescimento dos demais consumos, que foram de $0,0029 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ para o abastecimento urbano e $0,010 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ para o abastecimento animal. Para o abastecimento rural houve um decréscimo de $0,00092 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. O consumo médio pela irrigação em 1996 foi de

87% do consumo total, sendo a taxa de crescimento do consumo de água na bacia de $0,21 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} \text{ ano}^{-1}$.

Visando a uma melhor representação do comportamento das vazões consumidas pelos abastecimentos animal e humano (urbano e rural), não visualizado adequadamente na Figura 11, em função da sua pequena ordem de grandeza em relação à irrigação, na Figura 12 se apresenta apenas o comportamento pertinente a esses três segmentos. As acentuadas mudanças nas linhas de tendência das vazões consumidas pelos três segmentos de usuários estudados estão associadas aos anos de realização dos censos, uma vez que as vazões dos anos intermediários àqueles em que houve censos foram obtidas pela interpolação linear das vazões correspondentes aos censos imediatamente anterior e posterior ao ano considerado.

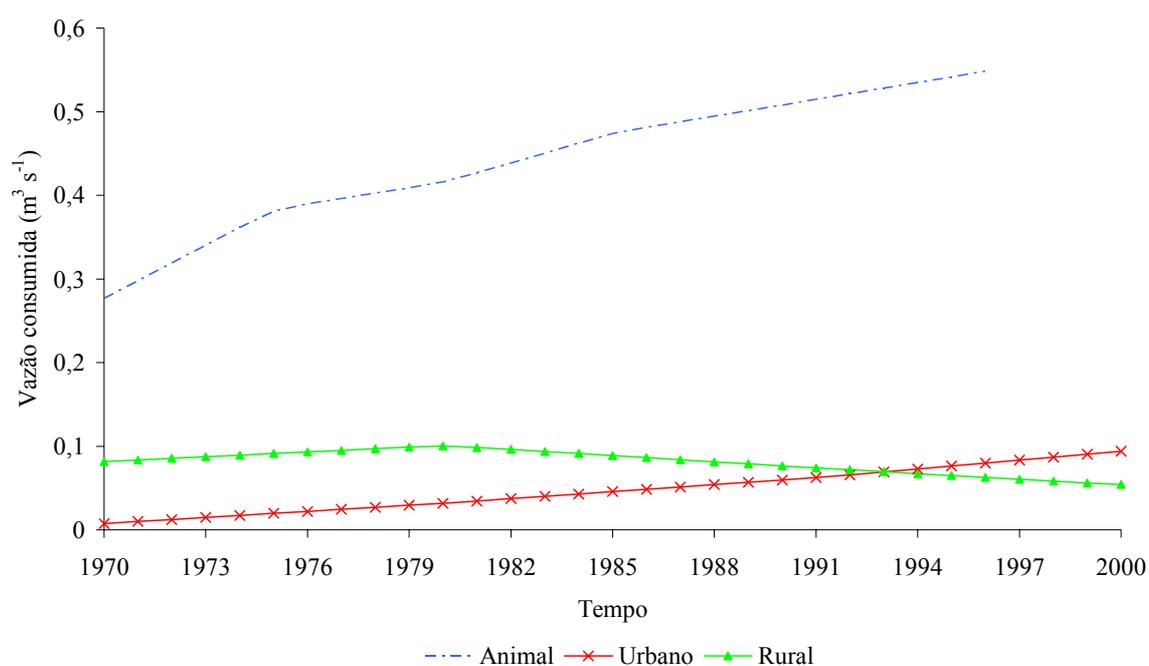


Figura 12 – Vazões consumidas pelos abastecimentos animal e humano (urbano e rural) na estação Porto Alegre no período de 1970 a 2000.

A vazão consumida pelo abastecimento animal aumentou aproximadamente 50% no período de 1970 a 1996, com uma taxa de crescimento de $0,010 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. O maior crescimento é evidenciado no período de 1970 a 1975, correspondendo a um aumento de 27% no consumo de água e a uma taxa de crescimento da vazão de

$0,021 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, podendo este ser justificado, sobretudo, pelo crescimento expressivo da pecuária de corte na bacia, com um aumento de mais de 63% do rebanho bovino nos municípios de João Pinheiro, Unai e Paracatu. No período de 1975 a 1980, a taxa de crescimento diminuiu para $0,0069 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, aumentou para $0,0116 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ no período de 1980 a 1985 e voltou a diminuir $0,0068 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ no período de 1985 a 1996.

Em relação à vazão consumida para o abastecimento rural, evidenciou-se que esta cresceu apenas no período de 1970 a 1980, sendo a taxa de crescimento de $0,0018 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, decorrente do crescimento tanto da população rural abastecida (65 hab ano^{-1}) quanto da população rural não-abastecida (262 hab ano^{-1}). A partir de 1980, a vazão consumida passou a decrescer a uma taxa de $0,0022 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, sendo essa redução decorrente da diminuição tanto da população rural não-abastecida (743 hab ano^{-1}) como da população rural abastecida (18 hab ano^{-1}), resultante da migração da população do meio rural para os núcleos urbanos, em virtude do acentuado crescimento econômico evidenciado na bacia nesse período. Como reflexo dessa migração, a vazão consumida para o abastecimento urbano cresceu no período de 1970 a 2000, a uma taxa de $0,0029 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, sendo esta praticamente mantida constante ao longo do período considerado.

A Figura 13 representa a variação das vazões médias mensais consumidas pela irrigação e a linha representativa da vazão média anual consumida por esse segmento na estação Porto Alegre, no período de 1970 a 1996.

As grandes variações das vazões médias mensais consumidas pela irrigação são decorrentes das expressivas mudanças das variáveis climáticas que interferem diretamente na disponibilidade natural de água para as culturas ao longo do tempo, visto que a bacia apresenta, segundo a classificação de Köppen, um clima tropical chuvoso típico, com as chuvas concentradas na primavera, no verão (outubro a fevereiro) e na estação seca bem marcante (junho a setembro).

A vazão média anual consumida pela irrigação apresenta, conforme mencionado anteriormente, acentuada tendência de crescimento, sendo o comportamento dessa variável determinado, principalmente, pelo crescimento da área irrigada (Figura 14) no período de análise. De 1970 a 1996, a vazão média anual consumida pela irrigação na seção Porto Alegre aumentou de $0,072$ para $4,46 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, representando um crescimento de 62 vezes, enquanto a área irrigada cresceu de 5 para 365 km^2 , correspondendo a um aumento de 73 vezes.

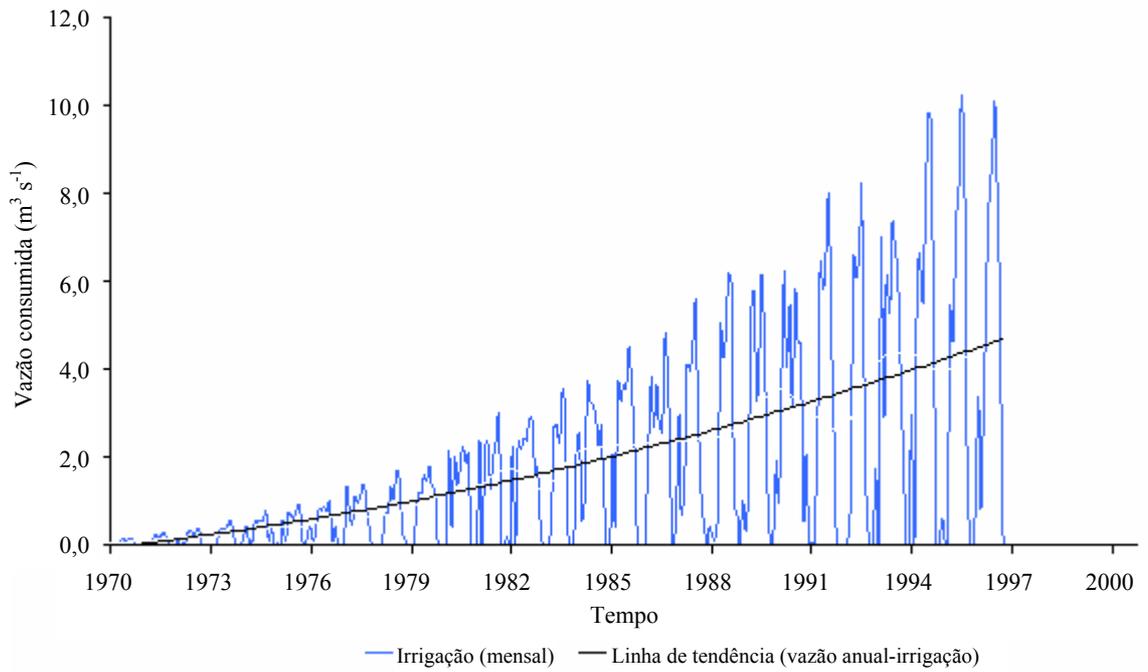


Figura 13 – Vazões médias mensais e anuais consumidas pela irrigação na estação Porto Alegre, no período de 1970 a 1996.

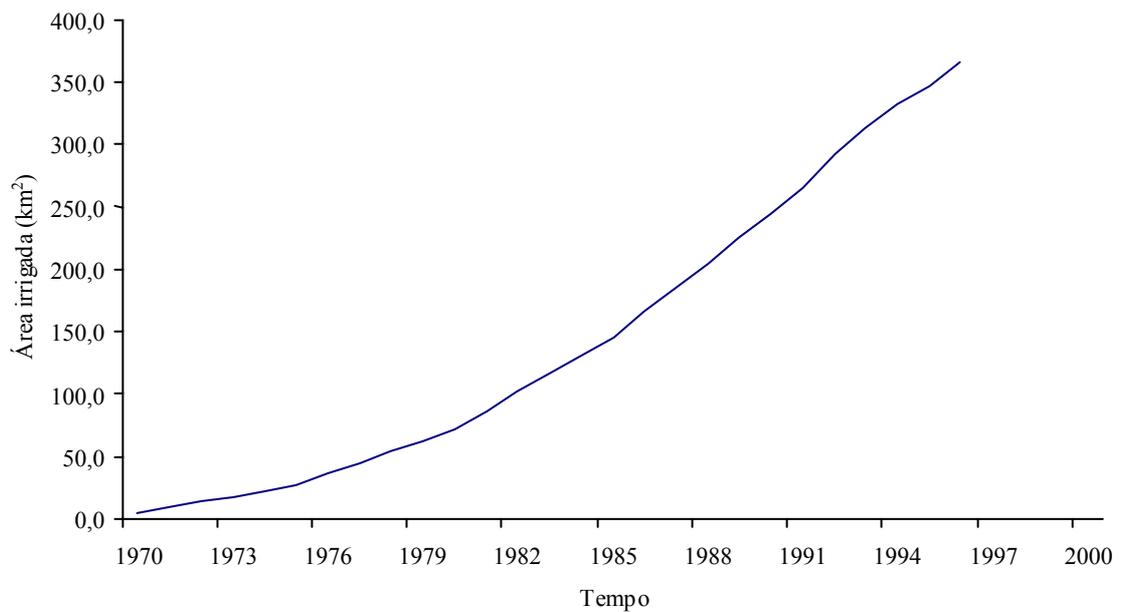


Figura 14 – Área irrigada na área de drenagem da estação Porto Alegre, no período de 1970 a 1996.

Cabe salientar que a área irrigada estimada até a estação de Porto Alegre em 1996 (366,3 km²) representa 98,6% da área irrigada mencionada no PLANPAR nesse mesmo ano, a qual foi estimada a partir de dados obtidos em levantamento realizado no campo, ao contrário do valor utilizado neste trabalho, conseguido de dados censitários.

Visando a uma análise mais detalhada da influência da evapotranspiração potencial da cultura de referência (ET_o), da evapotranspiração potencial da cultura (ET_{pc}), da evapotranspiração real da cultura (ET_{rc}), do coeficiente da cultura (K_c), do coeficiente de umidade do solo (K_s), da precipitação (P) e da precipitação efetiva (P_e) na estimativa da vazão de retirada e da vazão unitária de retirada, apresenta-se nas Figuras 15 e 16 a variação dessas variáveis durante o ano de 1996 no município de Unaí, o qual representou 30% (109 km²) da área irrigada na seção de Porto Alegre nesse ano. A evapotranspiração e as precipitações foram expressas em mm d⁻¹, com o intuito de uma melhor comparação entre as variáveis. Nos demais municípios pertencentes à bacia, evidenciou-se comportamento semelhante ao descrito para Unaí.

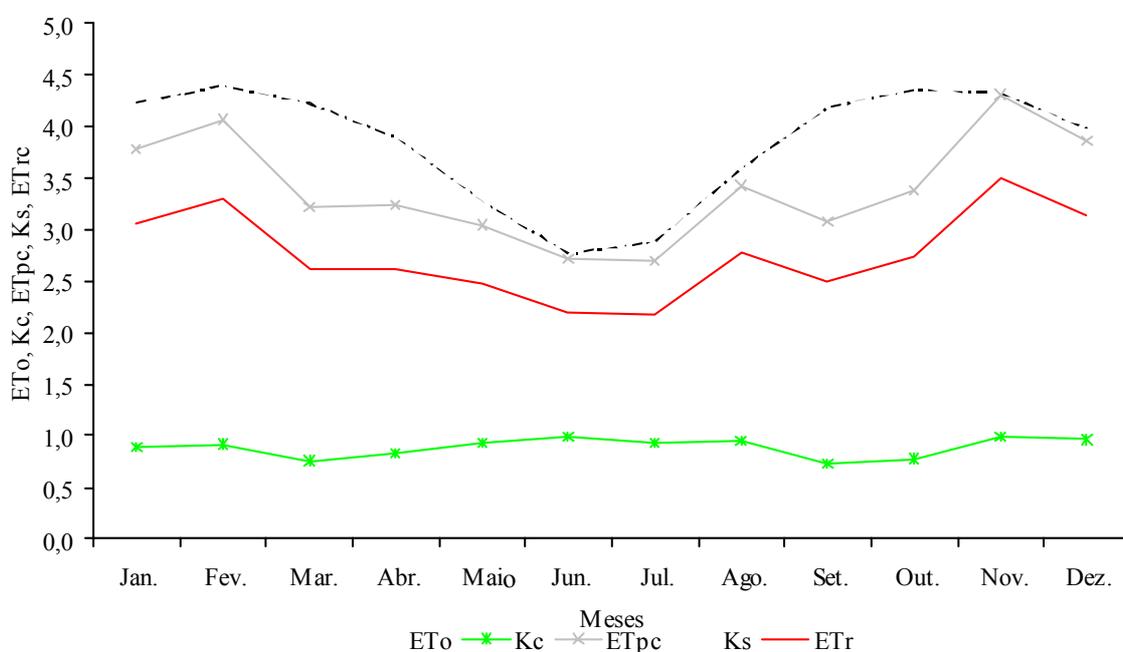


Figura 15 – Evapotranspiração potencial da cultura de referência (mm d⁻¹), evapotranspiração potencial da cultura (mm d⁻¹), evapotranspiração real da cultura (mm d⁻¹), K_c e K_s durante o ano de 1996, no município de Unaí.

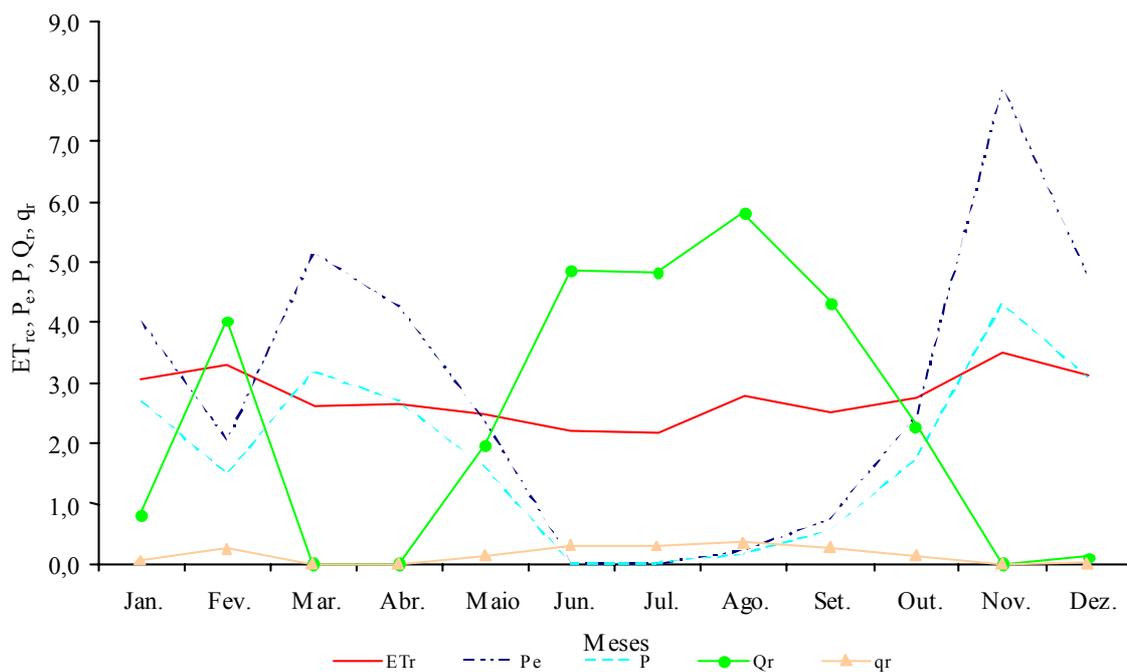


Figura 16 – Vazão de retirada ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$) e vazão unitária de retirada pela irrigação ($\text{L s}^{-1} \text{ha}^{-1}$), precipitação (mm d^{-1}), precipitação efetiva (mm d^{-1}) e evapotranspiração da cultura (mm d^{-1}) ao longo do ano de 1996 no município de Unaí.

A evapotranspiração potencial da cultura de referência no ano de 1996 variou de $2,8 \text{ mm d}^{-1}$ ($82,9 \text{ mm mês}^{-1}$) no mês de junho a $4,4 \text{ mm d}^{-1}$ ($127,6 \text{ mm mês}^{-1}$) no mês de fevereiro, sendo esses valores semelhantes aos evidenciados no PLANPAR, no qual a evapotranspiração variou de um mínimo de 50 a 80 mm, nos meses de junho e julho, a um máximo de 90 a 163 mm, nos meses de outubro a março.

O K_c médio estimado para a cultura equivalente a cada mês permaneceu com os valores próximos de 1, o que pode ser explicado pela predominância do cultivo da soja, representando 41% do total irrigado na área, e do milho, representando 35%, culturas para as quais os valores de K_c durante o estágio intermediário de desenvolvimento ficaram em torno de 1. Em março, setembro e outubro, os valores de K_c diminuíram em virtude de esses meses representarem o plantio/colheita das culturas irrigadas, em que os valores de K_c são mais baixos, uma vez que representam os estágios de desenvolvimento inicial e final da cultura. A evapotranspiração potencial da cultura, obtida pelo produto da evapotranspiração potencial da cultura de referência pelo K_c , refletiu, conseqüentemente, o comportamento dessas duas variáveis, apresentando um

maior declínio em relação à evapotranspiração potencial da cultura de referência nos meses em que o K_c foi menor.

O valor de K_s obtido durante todo o ano foi em torno de 0,8, tendo em vista o fato de as culturas irrigadas predominantes no município estarem associadas ao método de irrigação por aspersão, para o qual o valor de K_s proposto por Ramos e Pruski (2003) foi de 0,81.

A evapotranspiração real da cultura, representada pelo produto da evapotranspiração potencial da cultura pelo coeficiente de umidade do solo, apresentou a mesma tendência de comportamento da evapotranspiração potencial da cultura, entretanto com uma magnitude de 80% desta, variando de 2,18 a 3,30 mm d⁻¹.

Na Figura 16, evidencia-se que nos meses de junho e julho as precipitações foram nulas, sendo estas inferiores a 1 mm mês⁻¹ também nos meses de agosto e setembro. As maiores precipitações ocorreram nos meses de novembro (237 mm mês⁻¹), março (160 mm mês⁻¹), dezembro (147 mm mês⁻¹), abril (128 mm mês⁻¹) e janeiro (125 mm mês⁻¹).

Uma vez que a precipitação efetiva se refere apenas à parte da precipitação utilizada para atender à demanda evapotranspirométrica de culturas, seus valores foram menores que os observados na precipitação real. Nos meses de menores precipitações (junho a setembro), a precipitação efetiva apresentou valores bastante baixos, próximos aos da precipitação real. À medida que a precipitação real aumenta, a precipitação efetiva também aumenta, embora a diferença entre essas duas variáveis também aumente. Assim, é que, no mês de maior precipitação (novembro), 129 mm mês⁻¹ tornam-se efetivamente disponíveis para a cultura, sendo 108 mm mês⁻¹ perdidos do ponto de vista de utilização pelas culturas irrigadas.

Conforme também se pode evidenciar na Figura 16, a maior vazão de retirada pela irrigação foi observada em agosto, mês em que, embora a evapotranspiração real da cultura não tenha sido máxima nem a precipitação efetiva tenha sido mínima, ocorreu a maior diferença entre essas duas variáveis, ocasionando uma vazão de retirada de 5,8 m³ s⁻¹ (vazão unitária de 0,34 L s⁻¹ ha⁻¹). Já, em meses como novembro (mesmo a evapotranspiração real da cultura sendo máxima), março, abril e dezembro, a precipitação efetiva superou a evapotranspiração real da cultura, fazendo com que a vazão retirada para a irrigação fosse nula e que a vazão unitária média em Unai em 1996 fosse de 0,14 L s⁻¹ ha⁻¹.

Na estação Porto Alegre a vazão máxima de retirada pela irrigação era de $12,49 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ no mês de agosto, correspondendo a uma vazão unitária máxima de retirada pela irrigação de $0,34 \text{ L s}^{-1} \text{ ha}^{-1}$, enquanto a vazão unitária média anual de retirada pela irrigação foi de $0,15 \text{ L s}^{-1} \text{ ha}^{-1}$, valores bem abaixo daqueles normalmente utilizados como base de referência para o projeto de sistemas de irrigação ou, mesmo, para calcular a quantidade de água demandada pela agricultura irrigada.

4.3. Impacto das vazões consumidas pelos quatro segmentos de usuários estudados no comportamento hidrológico da bacia do Paracatu

4.3.1. Impacto na vazão média de longa duração

No Quadro 10, apresenta-se, para as 18 estações fluviométricas analisadas, as vazões consumidas no ano de 1996 pelos quatro segmentos de usuários, as vazões médias de longa duração e as proporções das vazões consumidas em relação às vazões médias de longa duração. Nesse quadro, verifica-se que as vazões consumidas foram, em geral, pouco expressivas em relação à vazão média de longa duração do rio, representando de 0,5 a 2,1% das vazões dos rios nas seções analisadas.

Na seção localizada mais a jusante do rio Paracatu, a qual representa o comportamento geral da bacia, a vazão consumida no ano de 1996 correspondeu a apenas 1,0% da vazão média de longa duração observada no rio, ressaltando-se que em 1970 a vazão consumida ($0,44 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$) correspondia a apenas 0,089% da vazão média de longa duração, indicando um aumento de cerca de 11 vezes no consumo de água em 27 anos, bem como a necessidade de adoção de uma gestão adequada dos recursos hídricos que considere a alta taxa de crescimento da demanda, em virtude do intenso desenvolvimento econômico existente na bacia.

O maior consumo de água em relação à vazão média de longa duração foi evidenciado no ribeirão Entre Ribeiros, representando 2,1%. Conforme mencionado anteriormente, esse consumo foi devido ao grande uso da irrigação nessa sub-bacia. A vazão consumida nessa seção, tal como na bacia, representava, em 1970, apenas 0,088% da vazão média de longa duração, o que indica um crescimento da vazão consumida nessa sub-bacia ainda mais intenso do que o da bacia, sendo essa ampliação da ordem de 24 vezes nos últimos 27 anos.

Quadro 10 – Vazão total consumida pelos quatro segmentos estudados no ano de 1996, vazão média de longa duração e porcentagem das vazões consumidas em relação à vazão média de longa duração, nas 18 estações analisadas

Código	Vazão Média de Longa Duração (m ³ s ⁻¹)	Vazão Total Consumida (m ³ s ⁻¹)	$\left(\frac{\text{Vazão Consumida}}{\text{Vazão média de longa duração}} \right) 100$
Fazenda Limoeiro	8,37	0,045	0,54
Fazenda Córrego do Ouro	29,31	0,255	0,87
Fazenda Nolasco	3,45	0,049	1,43
Barra do Escurinho	27,84	0,488	1,75
Santa Rosa	163,82	1,564	0,96
Fazenda Barra da Égua	18,86	0,394	2,09
Fazenda Poções	10,34	0,103	1,00
Fazenda Limeira	61,06	0,597	0,98
Unai	77,57	0,770	0,99
Sto. Antônio do Boqueirão	89,25	0,936	1,05
Fazenda o Resfriado	9,36	0,137	1,47
Fazenda Santa Cruz	8,01	0,128	1,59
Porto dos Poções	125	1,571	1,26
Caatinga	370,98	4,385	1,18
Veredas	3,45	0,017	0,49
Cachoeira das Almas	65,01	0,400	0,62
Cachoeira do Paredão	70,86	0,465	0,66
Porto Alegre	494,56	5,154	1,04

A pequena proporção das vazões médias de longa duração, consumidas pelos múltiplos usuários, indicou a existência de um potencial para a construção de reservatórios de acumulação, os quais poderão permitir o crescimento das atividades econômicas na bacia sem comprometer a sustentabilidade desse desenvolvimento.

4.3.2. Impacto da vazão retirada pela irrigação nas vazões mínimas

Sendo a irrigação o principal consumidor de água na bacia do Paracatu, na Figura 18 se apresentam as vazões de retirada pela irrigação no mês de maior demanda (agosto) de 1996, as vazões referentes à $Q_{7,10}$, estimada com base na vazão observada no rio no período de 1970 a 1996, e os percentuais das vazões retiradas pela irrigação em relação à $Q_{7,10}$ observada. Nessa figura, evidencia-se que as vazões de retirada pela irrigação no mês de maior demanda variaram de 4,3% (Veredas) a 85,1% (Fazenda Barra da Égua).

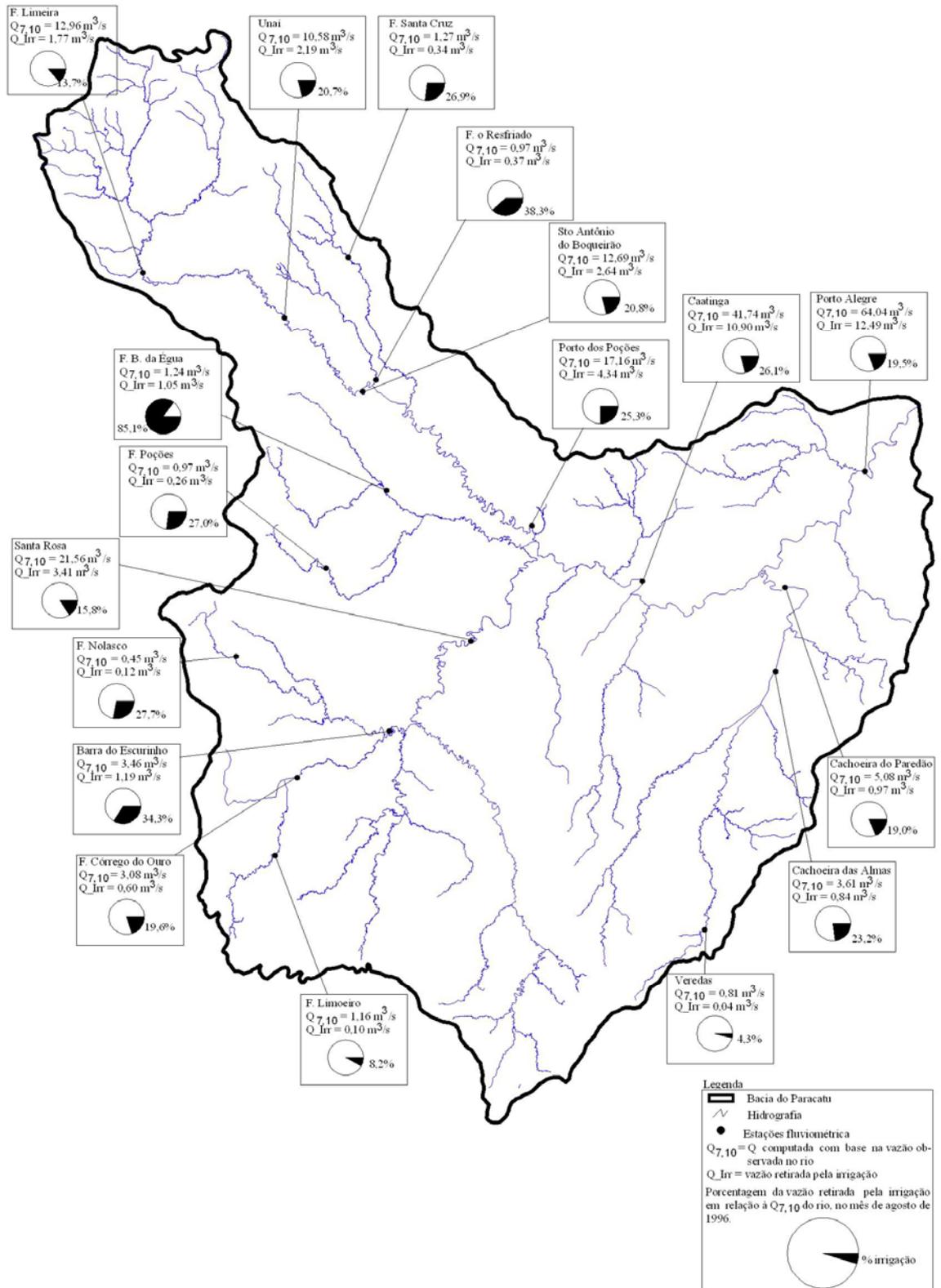


Figura 18 – Vazões de retirada pela irrigação em 1996 no mês de maior demanda (agosto), $Q_{7,10}$ estimada com base na vazão observada e porcentagens das vazões de retirada em relação às $Q_{7,10}$.

A vazão retirada pela irrigação até a estação Porto Alegre no mês de maior demanda foi igual a $12,59 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, representando 19,5% da $Q_{7,10}$ observada. Ao longo dos 27 anos considerados no estudo, essa proporção aumentou de 0,31 para 19,5%, representando um aumento de 64 vezes de 1970 a 1996.

A maior porcentagem da vazão de retirada pela irrigação ($1,05 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$) em relação à $Q_{7,10}$ observada foi de 85,1%, evidenciada na seção Fazenda Barra da Égua, localizada no ribeirão Entre Ribeiros. Esse percentual foi muito superior ao da máxima vazão concedida para outorga no Estado de Minas Gerais (onde se encontra o ribeirão Entre Ribeiros), que foi de 30% da $Q_{7,10}$.

Visando a uma comparação entre os resultados obtidos da relação das vazões consumidas pela irrigação e as $Q_{7,10}$ observadas com aqueles da relação das vazões consumidas pela irrigação e as $Q_{7,10}$ naturais, apresentam-se, na Figura 19, as vazões de retirada para irrigação no mês de maior demanda (agosto) de 1996, as $Q_{7,10}$ estimadas com base na vazão natural do rio no período de 1970 a 1996 ($Q_{7,10}$ natural) e as porcentagens das vazões retiradas para irrigação em relação à $Q_{7,10}$ natural. Nessa figura, verifica-se que as vazões de retirada pela irrigação representam de 4,2 a 69,4% da $Q_{7,10}$ natural, parcelas que, embora inferiores àquelas obtidas em relação à $Q_{7,10}$ observada, ainda são muito expressivas em relação à vazão do rio e, em certas seções, muito superiores às vazões máximas permissíveis para outorga.

Enquanto em estações como Porto Alegre e Veredas a redução da proporção ($Q_{\text{irr}}/Q_{7,10 \text{ nat}}$) decresça de apenas 0,1% em relação à proporção observada por acasião do uso da vazão observada ($Q_{7,10}$ observada), em algumas estações esse declínio foi bem mais acentuado, atingindo até 15,7% na estação Fazenda Barra da Égua, onde a relação ($Q_{\text{irr}}/Q_{7,10 \text{ obs}}$) era de 85,1% e passou para 69,4% quando da consideração da relação ($Q_{\text{irr}}/Q_{7,10 \text{ nat}}$), valor ainda muito superior à vazão máxima passível de outorga.

Na Figura 20, apresentam-se as vazões de retirada para irrigação no mês de maior demanda (agosto) de 1996, a Q_{95} estimada com base nas vazões observadas (Q_{95} notada) no período de 1970 a 1996 e nas porcentagens das vazões de retirada em relação às Q_{95} verificadas. Nessa figura, evidencia-se que as porcentagens da vazão de retirada pela irrigação em relação à Q_{95} observada variaram de 2,7 a 47,0% nas seções analisadas, percentuais inferiores aos obtidos em relação à $Q_{7,10}$, tanto aquela calculada com base em dados observados quanto a obtida com base em dados naturais.

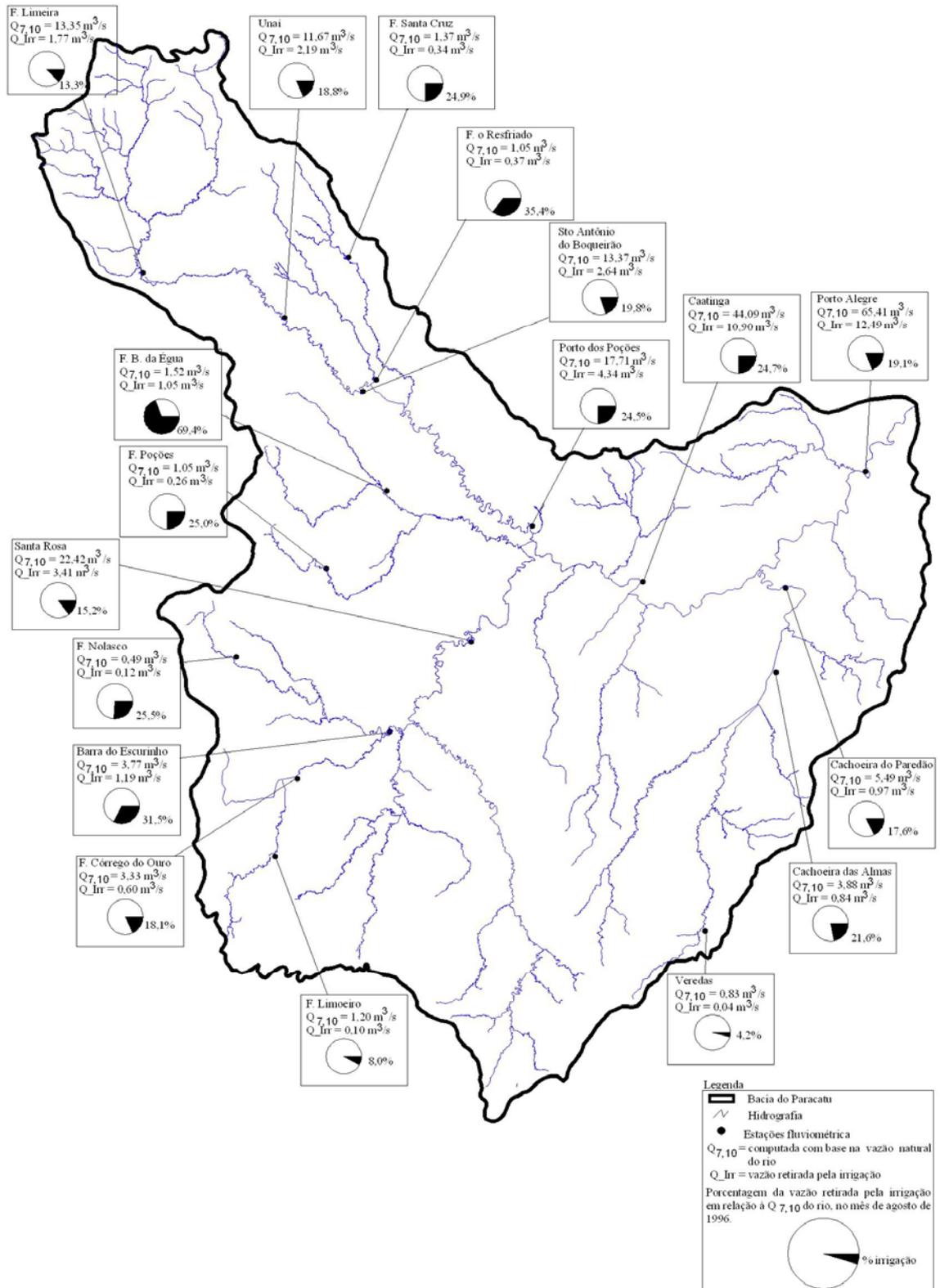


Figura 19 – Vazões de retirada para irrigação em 1996 no mês de maior demanda (agosto), Q_{7,10} estimada com base na vazão natural e porcentagens das vazões de retirada em relação às Q_{7,10} naturais.

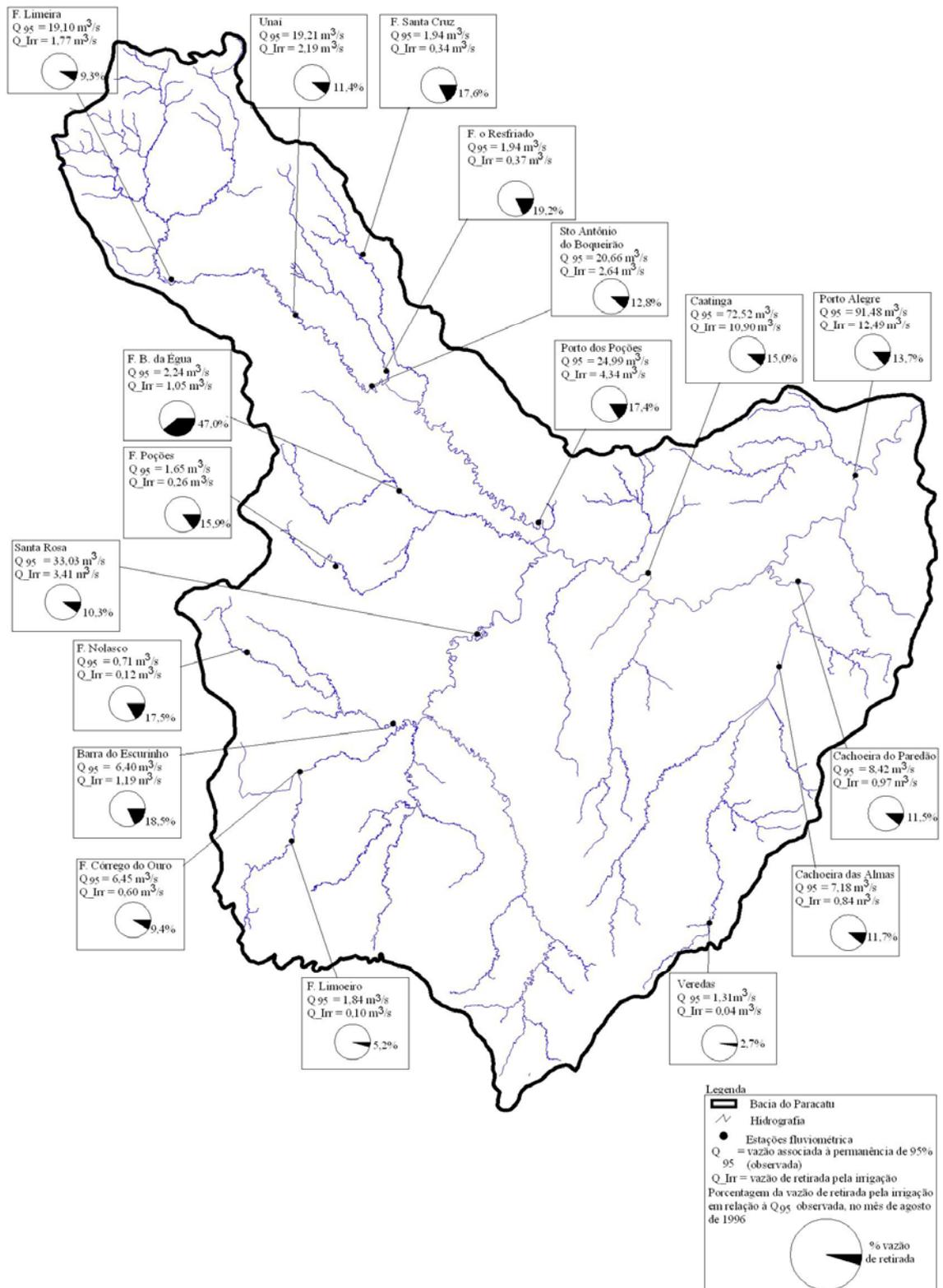


Figura 20 – Vazões de retirada para irrigação em 1996 no mês de maior demanda (agosto), Q₉₅ estimada com base na vazão observada e porcentagens das vazões de retirada em relação às Q₉₅ observadas.

Na estação Porto Alegre, a vazão retirada pela irrigação correspondeu a apenas 13,7% da Q_{95} observada, sendo esse valor inferior 1,4 vez ao obtido em comparação com a $Q_{7,10}$ verificada (19,5%). Na estação Fazenda Barra da Égua, a vazão retirada para irrigação correspondeu a 47% da Q_{95} observada, sendo aproximadamente duas vezes inferior quando da comparação com a $Q_{7,10}$ observada (85,1%).

5. CONCLUSÕES

Os resultados permitiram as seguintes conclusões:

- As precipitações anuais apresentaram tendência de decréscimo das cabeceiras do rio Paracatu e seus afluentes em direção à foz, variando de 1.525 a 1.010 mm e apresentando uma média anual de longa duração de 1.311 mm.

- As vazões específicas (médias de longa duração, máxima e mínima) apresentaram os valores mais elevados nas regiões oeste e sul da bacia, decrescendo para o nordeste.

- A vazão específica média de longa duração na bacia do Paracatu era igual a $11,9 \text{ L s}^{-1} \text{ km}^{-2}$, sendo o volume escoado na foz do rio Paracatu correspondente a 28% do volume precipitado.

- Os valores de $Q_{7,10}$ nas 18 estações estudadas variaram de 51 a 93% da Q_{95} , sendo equivalentes, em média, a 65% da Q_{95} .

- O maior usuário de água na bacia do Paracatu era a irrigação, sendo esta responsável por 78 a 93% do total consumido.

- As vazões consumidas pela irrigação e pelos abastecimentos animal e urbano tiveram crescimento durante o período estudado, enquanto a vazão consumida pelo abastecimento rural diminuiu com o tempo.

- A taxa de crescimento do consumo de água na bacia foi de $0,20 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, sendo $0,19 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ correspondente ao aumento do consumo pela irrigação.

- A vazão média anual retirada pela irrigação na bacia do Paracatu em 1996 foi de $0,15 \text{ L s}^{-1} \text{ ha}^{-1}$, sendo a vazão média retirada no mês de maior demanda de $0,34 \text{ L s}^{-1} \text{ ha}^{-1}$.

- A vazão total consumida na bacia apresentou pouca influência na vazão média de longa duração, sendo a maior porcentagem da vazão consumida em relação à vazão média de longa duração igual a 2,1%, observada no ribeirão Entre Ribeiros, o que potencializa a construção de reservatórios na bacia.

- Na situação mais extrema, a vazão de retirada pela irrigação no mês de maior demanda representou 85,1% da $Q_{7,10}$ observada e 69,4% da $Q_{7,10}$ natural na estação localizada no ribeirão Entre Ribeiros.

- A vazão de retirada pela irrigação no mês de maior demanda representou 47,0% da Q_{95} na estação localizada no ribeirão Entre Ribeiros.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALEM SOBRINHO, P.; TSUTIYA, M.T. **Coleta e transporte de esgoto sanitário**. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1999. 548 p.

ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. FAO irrigation and drainage. Roma: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1998. 328 p. (Paper, 56).

ALLEN, R.G. **Ref-Et** – Reference evapotranspiration calculator. Idaho: University of Idaho Research and Extension Center Kimberly, 2000.

ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **A evolução da gestão dos recursos hídricos no Brasil**. Brasília: ANA 2002. 64 p. (Edição comemorativa do Dia Mundial da Água).

ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Aspectos gerais da região: diagnóstico da bacia**. Disponível em: <<http://www.ana.gov.br/Bacias/Sfrancisco/planos/PARACATU/introducao.htm>>. Acesso em: 21 fev. 2003a.

ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Memorial descritivo do cálculo da demanda humana de água contidas no documento "Base de referência do plano nacional de recursos hídricos"**. Nota Técnica 010/SPR/2003. Brasília: Superintendência de Outorgas da Agência Nacional de Águas, 2003b. 30 p.

ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUA. **Bacias hidrográficas: bacia do rio São Francisco apresenta a caracterização, disponibilidades hídricas e plano de recursos hídricos**. Disponível em: <<http://www.ana.gov.br>>. Acesso em: 26 fev. 2003c.

BRASIL – Governo Federal. MINAS GERAIS; Governo do estado. DISTRITO FEDERAL. **Plano diretor de recursos hídricos da bacia do rio Paracatu – PLANPAR**. [S. l.]: 1996. v. 1, T. 1. (CD-ROM).

BRASIL, Política Nacional de Recursos Hídricos. **Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. [S. l.]: MMA/ SRH, 1997.

CHRISTOFIDIS, D. **Olhares sobre a política de recursos hídricos**: o caso do rio São Francisco. Brasília: UnB, 2001. 430 f. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Sustentável) – Universidade de Brasília, Centro de Desenvolvimento Sustentável, Brasília.

CODEVASF – COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO DO VALE SÃO FRANCISCO. **Os vales**: vale do São Francisco apresenta características de identificação, solos, vegetação, recursos hídricos, potencial energético e irrigação. Disponível em: <<http://www.codevasf.gov.br>>. Acesso em: 03 abr. 2003.

CORSAN. **PRÓ-GUAÍBA**: esgotamento sanitário na bacia hidrográfica do Guaíba. [S. l.: s. n.]: Secretaria do Interior de Obras Públicas, 1991.

CUNHA, L.V. da. Perspectivas da gestão da água para o século XXI: desafios e oportunidades. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 7, n. 4, p. 65-73, 2002.

CUNHA, L.V. O novo paradigma da água. Debate sobre “Água: novos desafios e oportunidade”. In: _____. **Centro de Informação Européia Jacques Delors**. Lisboa, 2003.

DOORENBOS, J.; PRUITT, W.O. **Las necesidades de agua de los cultivos**; FAO irrigation and drainage. Roma: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1977. 144 p. (Paper, 24).

EUCLYDES, H.P. et al. **RH 3.0** – Regionalização hidrológica; manual do programa. Viçosa, MG: UFV, DEA; Brasília, DF: MMA; Belo Horizonte, MG: RURALMINAS, 1999. 149 p.

FERREIRA, P.A.; EUCLYDES, H.P. **Recursos hídricos e tecnologia necessária aos projetos hidroagrícolas**: bacia do Paracatu. Viçosa, MG: UFV/DEA, 1997. 200 p.

GARRIDO, R.J.S. Subprojeto 4.2B – Avaliação dos mecanismos financeiros para o gerenciamento sustentável da bacia do rio São Francisco. In: _____. **Projeto de gerenciamento integrado das atividades desenvolvidas em terra na bacia do São Francisco**. Brasília: ANA/GEF/PNUMA/OEA, 2003. 335 p. (Relatório Final).

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Agropecuário**, 1970.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Agropecuário**, 1975.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Agropecuário**, 1980.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Agropecuário**, 1985.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Agropecuário**, 1996.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Demográfico**, 1970.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Demográfico**, 1975.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Demográfico**, 1980.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Demográfico**, 1991.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Demográfico**, 2000.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico**, 2000.

INMET – INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Normas climatológicas** (1961 – 1990). Brasília: Brazil, 1992. 84 p.

IORIS, A.A.R. Water resource development in São Francisco river basin (Brazil): conflicts and management perspectives. **International Water Resources Association**, v. 26, n. 1, p. 24-39, 2001.

IRC. “The World’s Water: is there enough? World water day for 1997”, Water Newsletter, n. 247, February 1997. In: _____. **International water supply and sanitation centre**. The Hague: The Netherlands, 1997.

JOHNSON, R.M.F.; LOPES, P.D. **Projeto marca d'água seguindo as mudanças na gestão das bacias hidrográficas do Brasil**. Caderno 1: retratos 3x4 das bacias pesquisadas. Brasília: Finatec, 2003. v.1, 212 p.

LANNA, A.E.L. **Gerenciamento da bacia hidrográfica**: aspectos conceituais e metodológicos. Brasília: IBAMA, 1995.

LIMA, J.E.F.W.; FERREIRA, R.S.A.; CHRISTOFIDIS, D. Estudo do uso da água e energia elétrica para irrigação no Brasil. In: **II Encontro das Águas**. Montevideu: IICA, 1999. (CD-Rom).

LIMA, J.E.F.W.; FERREIRA, R.S.A.; CRUZ, H.P. Metodologia de estimativa da redução da capacidade de geração de energia devido ao uso da água para irrigação: o caso da Bacia do Rio São Francisco. In: **IV Simpósio Interamericano de Gestão das Águas**. Foz do Iguaçu, PR: SRH/MMA, 2001. (CD-Rom).

MMA – MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Base de referência do plano nacional de recursos hídricos**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/srh/pnrh/documento/docbase/agrop.doc>>. Acesso em: 15 mar. 2003.

PAZ, V.P.S.; TEODORO, R.E.F.; MENDONÇA, F.C. Recursos hídricos, agricultura irrigada e meio ambiente. **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental**, v. 4, n. 3, 2000.

RAMOS, M.M.; PRUSKI, F.F. Subprojeto 4.3 – Quantificação e análise da eficiência do uso da água pelo setor agrícola na bacia do São Francisco. In: _____. **Projeto gerenciamento integrado das atividades desenvolvidas em terra na bacia do São Francisco**. Viçosa, MG: UFV; ANA/GEF/PNUMA/OEA, 2003. 190 p. (Relatório Final).

RODRIGUEZ, F.A.; HOLTZ, G.P. Subprojeto 4.5.A – Diagnóstico analítico da bacia e sua zona costeira. In: _____. **Projeto gerenciamento integrado das atividades desenvolvidas em terra na bacia do São Francisco**. Viçosa, MG: UFV; ANA/GEF/PNUMA/OEA, 2003. 190 p. (Relatório Final).

REBOUÇAS, A.C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J.G. **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. São Paulo: Ed. Escrituras, 1999. 717 p.

SELBORNE, L. **A ética do uso da água doce: um levantamento**. Brasília: UNESCO, 2001. 80 p.

SETTI, A.A. Legislação para o uso dos recursos hídricos. In: SILVA, D.D.; PRUSKI, F.F. **Gestão de recursos hídricos: aspectos legais, econômicos, administrativos e sociais**. Brasília: Secretaria de Recursos Hídricos; Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa; Porto Alegre, RS: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2000. 659 p.

SETTI, AA.; LIMA, J.E.F.W.; CHAVES, A.G.M.; PEREIRA, I.C. **Introdução ao gerenciamento de recursos hídricos**. 2. ed. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica; Agência Nacional de Águas, 2001. 328 p.

SILVA, D.D.; RAMOS, M.M. Curso de especialização por tutoria a distância: uso racional dos recursos naturais e seus reflexos no meio ambiente – Módulo 10. **Planejamento e gestão integrados de recursos hídricos**. Brasília: ABEAS; Viçosa, MG: UFV, DEA, 2001. 89 p.

REBOUÇAS, A.C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J.G. **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. São Paulo: Escrituras, 1999.

VALE DO SÃO FRANCISCO. **Economia** – Potencialidades apresenta informações sobre qualidade e quantidade de águas, solos para irrigação, hidroeletricidade e navegação. Disponível em: <<http://www.valedosaofrancisco.com.br>>. Acesso em: 24 abr. 2003.

APÊNDICES

APÊNDICE A

Quadro 1A – Porcentagens das áreas dos municípios nas áreas de drenagem correspondentes às 18 estações fluviométricas analisadas em diferentes períodos

Estação	Município	1970-1991	1992-1994	1995-2000
Fazenda Limoeiro	Guarda Mor	7,2	7,2	7,2
	Vazante	15,9	15,9	15,9
Fazenda Córrego do Ouro	Guarda Mor	48,9	48,9	48,9
	Paracatu	0,3	0,3	0,3
	Vazante	33,6	33,6	33,6
Fazenda Nolasco	Paracatu	2,7	2,7	2,7
Barra do Escurinho	Guarda Mor	3,2	3,2	3,2
	Paracatu	25,1	25,1	25,1
Santa Rosa	Guarda Mor	56,0	56,0	56,0
	João Pinheiro	11,6	11,6	14,3
	Lagamar	77,9	77,9	77,9
	Lagoa Grande	*	100,0	100,0
	Paracatu	39,0	39,0	39,0
	Patos de Minas	2,6	2,6	2,6
	Presidente Olegário	89,2	85,5	85,5
	São Gonçalo do Abaeté	0,9	0,9	0,1
Vazante	Varjão de Minas	*	*	4,0
	Vazante	100,0	100,0	100,0
Fazenda Barra da Égua	Paracatu	4,5	4,5	4,5
	Unai	12,0	14,6	14,6
Fazenda Poções	Paracatu	5,7	5,7	5,7
Fazenda Limeira	Cabeceira Grande	*	*	37,3
	Cabeceiras	42,7	42,7	42,7
	Cristalina	5,2	5,2	5,2
	Formosa	22,9	21,4	21,4
	Distrito Federal	21,4	22,9	22,9
Unai	Cabeceira Grande	*	*	87,2
	Unai	17,8	17,8	11,1
	Cabeceira	37,1	37,1	37,1
	Cristalina	5,4	5,4	5,4
	Formosa	21,4	21,4	21,4
	Distrito Federal	22,9	22,9	22,9
Sto. Antônio do Boqueirão	Unai	24,1	24,9	18,9
	Cabeceira Grande	*	*	87,2
	Cabeceira	37,1	37,1	37,1
	Cristalina	5,4	5,4	5,4
	Formosa	21,4	21,4	21,4
Fazenda o Resfriado	Distrito Federal	22,9	22,9	22,9
	Unai	6,4	6,4	6,2
	Cabeceiras	4,9	4,9	4,9
	Cabeceira Grande	*	*	13,7

Continua...

Quadro 1A – Cont.

Estação	Município	1970-1991	1992-1994	1995-2000
Fazenda Santa Cruz	Unai	4,5	4,5	5,5
	Cabeceira	8,4	8,4	8,4
Porto dos Poções	Bonfinópolis de Minas	30,3	30,3	6,8
	Cabeceira Grande	*	*	100,0
	Dom Bosco	*	*	61,2
	Natalândia	*	*	100,0
	Unai	50,6	50,6	46,7
	Cabeceiras	50,4	50,4	50,4
	Cristalina	5,4	5,4	5,4
	Formosa	22,9	21,4	21,4
	Distrito Federal	21,4	22,9	22,9
	Caatinga	Bonfinópolis de Minas	42,8	42,8
Brasilândia de Minas		*	*	66,5
Cabeceira Grande		*	*	100,0
Dom Bosco		*	*	98,9
Guarda Mor		56,0	56,0	56,0
João Pinheiro		37,6	37,6	30,8
Lagamar		77,9	77,9	77,9
Lagoa Grande		*	100,0	100,0
Natalândia		*	*	100,0
Paracatu		77,0	77,0	77,0
Patos de Minas		2,6	2,6	2,6
Presidente Olegário		89,2	85,5	85,5
Santa Fé de Minas		1,9	1,9	1,9
São Gonçalo do Abaeté		0,9	0,9	0,1
Unai		65,3	65,3	64,7
Varjão de Minas		*	*	4,0
Vazante		100,0	100,0	100,0
Cabeceira		50,4	50,4	50,4
Cristalina		5,4	5,4	5,4
Formosa		21,4	21,4	21,4
Distrito Federal	22,9	22,9	22,9	
Veredas	João Pinheiro	1,4	1,4	1,7
	São Gonçalo do Abaeté	0,1	0,1	0,1
Cachoeira das Almas	Buritizeiro	4,0	4,0	4,0
	João Pinheiro	32,0	32,0	39,5
	Presidente Olegário	0,2	0,3	0,3
	São Gonçalo do Abaeté	0,4	0,4	0,5
Cachoeira do Paredão	Buritizeiro	15,8	15,8	15,8
	João Pinheiro	35,4	35,4	43,7
	Presidente Olegário	0,2	0,3	0,3
	São Gonçalo do Abaeté	0,4	0,4	0,5

Continua...

Quadro 1A – Cont.

Estação	Município	1970-1991	1992-1994	1995-2000
Porto Alegre	Bonfinópolis de Minas	42,8	42,8	9,2
	Brasilândia de Minas	*	*	96,9
	Buritzeiro	40,8	40,8	40,8
	Cabeceira Grande	*	*	100,0
	Dom Bosco	*	*	98,9
	Guarda Mor	56,0	56,0	56,0
	João Pinheiro	99,4	99,4	100,0
	Lagamar	77,9	77,9	77,9
	Lagoa Grande	*	100,0	100,0
	Natalândia	*	*	100,0
	Paracatu	77,0	77,0	77,0
	Patos de Minas	2,6	2,6	2,6
	Presidente Olegário	89,4	85,7	85,7
	Santa Fé de Minas	13,8	13,8	13,8
	São Gonçalo do Abaeté	1,3	1,3	0,6
	Unai	65,3	65,3	64,7
	Varjão de Minas	*	*	4,0
	Vazante	100,0	100,0	100,0
	Cabeceira	50,4	50,4	50,4
	Cristalina	5,4	5,4	5,4
Formosa	21,4	21,4	21,4	
Distrito Federal	22,9	22,9	22,9	

* Município ainda não existente.

APÊNDICE B

Quadro 1B – Temperaturas máxima (Tmax) e mínima (Tmin), umidade relativa do ar (UR), velocidade do vento, precipitação (P), evaporação pelo evaporímetro de Piche (Evp), insolação e pressão atmosférica (Patm), referentes às normais climatológicas das estações utilizadas no estudo

Código	Estações	Latitude	Longitude	Mês	Tmax (°C)	Tmin (°C)	UR (%)	Vento (m s ⁻¹)	P (mm d ⁻¹)	Evp (mm d ⁻¹)	Insolação (h d ⁻¹)	Patm (atm)
83377	Brasília	-15,47°	-47,56°	Jan.	26,9	17,4	76,0	2,6	7,8	3,4	5,1	885,9
				Fev.	26,7	17,4	77,0	2,4	7,4	3,5	5,4	885,4
				Mar.	27,1	17,5	76,0	2,2	6,1	3,5	5,8	885,6
				Abr.	26,6	16,8	75,0	2,4	4,1	3,6	6,7	886,4
				Mai	25,7	15,0	68,0	2,4	1,3	4,1	7,6	887,6
				Jun.	25,2	13,3	61,0	2,6	0,3	5,0	8,4	889,0
				Jul.	25,1	12,9	56,0	2,9	0,4	5,9	9,2	889,2
				Ago.	27,3	14,6	49,0	3,0	0,4	7,6	8,5	888,2
				Set.	28,3	16,0	53,0	2,8	1,7	7,6	6,8	887,2
				Out.	27,5	17,4	66,0	2,5	5,6	5,0	5,4	885,8
				Nov.	26,6	17,5	75,0	2,4	7,9	3,6	4,8	884,8
				Dez.	26,2	17,5	79,0	2,6	8,0	3,1	4,5	884,8
83379	Formosa	-15,32°	-47,20°	Jan.	27,0	18,4	80,0	1,2	8,8	3,3	5,1	909,0
				Fev.	27,7	18,5	78,0	1,3	7,4	3,4	5,6	909,3
				Mar.	28,0	18,4	78,0	1,2	5,9	3,4	6,0	909,1
				Abr.	27,7	17,6	75,0	1,3	3,6	3,8	7,2	910,2
				Mai	27,2	15,8	70,0	1,3	0,9	4,4	7,8	911,6
				Jun.	26,2	13,9	65,0	1,5	0,1	5,0	8,2	913,2
				Jul.	26,2	13,3	58,0	1,7	0,2	6,0	8,4	913,4
				Ago.	28,5	14,5	51,0	1,7	0,3	7,5	8,6	912,5
				Set.	29,7	16,5	53,0	1,6	1,2	7,8	7,1	910,9
				Out.	28,8	17,7	67,0	1,4	4,6	5,4	5,9	909,7
				Nov.	27,7	18,1	76,0	1,3	6,2	3,7	8,4	909,0
				Dez.	27,1	18,4	81,0	1,2	9,5	2,8	3,9	908,2

Continua...

Quadro 1B – Cont.

Código	Estações	Latitude	Longitude	Mês	Tmax (°C)	Tmin (°C)	UR (%)	Vento (m s ⁻¹)	P (mm d ⁻¹)	Evp (mm d ⁻¹)	Insolação (h d ⁻¹)	Patm (atm)
83479	Paracatu	-17,13°	-46,52°	Jan.	29,5	19,3	88,7	1,9	8,4	2,9	5,8	931,8
				Fev.	30,0	19,3	78,4	2,0	6,2	3,0	5,5	932,2
				Mar.	30,2	19,1	79,0	1,9	4,8	2,7	5,9	932,2
				Abr.	29,6	18,0	76,6	2,0	2,2	3,0	6,5	933,2
				Mai	28,2	15,7	76,4	2,0	0,9	3,2	6,2	935,0
				Jun.	27,2	13,3	73,9	1,8	0,2	3,5	6,4	936,6
				Jul.	27,1	13,1	63,5	2,1	0,5	4,0	7,1	937,1
				Ago.	29,1	15,0	64,2	2,2	0,5	5,0	6,4	935,9
				Set.	30,5	17,5	63,0	2,6	1,2	5,4	4,7	934,1
				Out.	29,1	19,0	69,4	2,3	4,3	4,5	5,4	932,5
				Nov.	29,6	18,5	75,8	2,3	7,5	3,3	5,1	931,6
				Dez.	28,6	19,4	81,6	2,2	10,5	2,5	4,4	930,9
83481	João Pinheiro	-17,42°	-46,10°	Jan.	29,2	17,6	78,2	1,5	8,8	2,8	6,1	927,2
				Fev.	29,7	17,9	76,2	1,5	6,7	3,6	7,0	927,5
				Mar.	29,9	17,7	75,2	1,6	5,1	2,4	6,0	927,9
				Abr.	29,3	16,9	72,6	1,7	2,2	3,7	7,9	928,9
				Mai	28,4	15,6	69,4	1,7	0,7	3,8	8,4	930,0
				Jun.	27,4	13,9	67,3	1,8	0,2	4,3	8,5	931,8
				Jul.	27,2	13,4	64,0	2,0	0,3	5,0	8,8	932,9
				Ago.	27,7	14,7	58,4	2,1	0,2	6,5	8,1	931,3
				Set.	30,5	16,8	59,3	2,0	1,1	6,1	7,3	930,0
				Out.	30,3	17,8	68,0	1,9	5,1	5,1	7,0	928,0
				Nov.	28,0	18,0	73,6	1,7	7,7	3,5	6,3	927,1
				Dez.	28,4	17,5	78,9	1,7	9,0	2,9	3,7	927,1
83526	Catalão	-18,11°	-47,57°	Jan.	29,2	19,0	78,0	1,5	8,8	2,4	5,6	916,4
				Fev.	28,6	19,0	77,0	1,5	7,5	2,4	5,9	916,5
				Mar.	28,9	18,9	75,0	1,5	5,5	2,5	6,5	917,0
				Abr.	26,1	17,8	73,0	1,5	2,7	2,8	7,4	917,9
				Mai	27,0	15,6	68,0	1,5	1,0	3,3	8,0	919,2
				Jun.	26,3	14,0	63,0	1,6	0,3	3,7	8,3	920,2
				Jul.	26,3	13,7	56,0	1,8	0,3	4,5	9,2	921,3
				Ago.	28,6	15,6	52,0	2,0	0,5	5,7	8,5	920,0
				Set.	29,7	17,6	54,0	2,0	1,4	5,9	6,5	918,6
				Out.	29,4	18,6	65,0	1,8	4,9	4,3	6,2	917,1
				Nov.	28,6	18,7	74,0	1,7	7,1	3,1	6,0	915,9
				Dez.	27,8	18,8	79,0	1,7	9,1	2,3	5,0	915,8

Continua...

Quadro 1B – Cont.

Código	Estações	Latitude	Longitude	Mês	Tmax (°C)	Tmin (°C)	UR (%)	Vento (m s ⁻¹)	P (mm d ⁻¹)	Evp (mm d ⁻¹)	Insolação (h d ⁻¹)	Patm (atm)
83531	Patos de Minas	-18,36°	-46,31°	Jan.	27,9	18,3	78,3	1,8	8,8	2,4	5,1	905,9
				Fev.	29,4	18,3	76,9	1,8	6,7	2,5	6,0	906,4
				Mar.	29,5	18,0	78,8	1,6	5,4	2,7	6,6	907,3
				Abr.	27,7	17,2	74,3	1,4	2,5	2,6	6,9	907,6
				Mai	26,7	14,4	69,1	1,4	0,8	2,4	7,8	909,1
				Jun.	26,0	12,7	63,8	1,6	0,2	3,4	8,3	910,6
				Jul.	25,8	12,5	59,2	2,0	0,4	4,1	8,4	911,1
				Ago.	28,0	14,1	51,8	2,2	0,4	5,2	8,5	910,2
				Set.	29,1	16,3	55,3	2,4	1,6	5,6	7,1	908,7
				Out.	28,5	17,6	66,5	2,0	5,1	4,1	5,8	906,6
				Nov.	27,7	18,0	75,0	1,8	6,8	2,9	5,4	905,7
				Dez.	27,2	18,2	79,8	1,8	9,6	2,2	4,7	905,5
83579	Araxa	-19,34°	-46,56°	Jan.	27,9	18,3	78,3	1,8	9,6	3,3	5,5	905,9
				Fev.	29,4	18,3	76,9	1,8	6,5	3,7	6,1	906,4
				Mar.	29,5	18,0	78,8	1,6	5,5	3,6	6,2	907,3
				Abr.	27,7	17,2	74,3	1,4	3,3	3,7	7,2	907,6
				Mai	26,7	14,4	69,1	1,4	1,4	3,9	7,4	909,1
				Jun.	26,0	12,7	63,8	1,6	0,6	4,4	7,7	910,6
				Jul.	25,8	12,5	59,2	2,0	0,7	5,1	8,2	911,1
				Ago.	28,0	14,1	51,8	2,2	0,7	6,2	8,1	910,2
				Set.	29,1	16,3	55,3	2,4	2,2	6,0	6,7	908,7
				Out.	28,5	17,6	66,5	2,0	5,0	4,8	6,6	906,6
				Nov.	27,7	18,0	75,0	1,8	6,9	3,5	5,9	905,7
				Dez.	27,2	18,2	79,8	1,8	9,4	3,0	4,6	905,5
83577	Uberaba	-19,45°	-47,55°	Jan.	27,9	18,3	78,3	1,8	8,3	2,9	6,2	905,9
				Fev.	29,4	18,3	76,9	1,8	7,9	2,9	6,4	906,4
				Mar.	29,5	18,0	78,8	1,6	6,1	3,1	7,0	907,3
				Abr.	27,7	17,2	74,3	1,4	3,5	3,3	7,7	907,6
				Mai	26,7	14,4	69,1	1,4	1,6	3,3	8,1	909,1
				Jun.	26,0	12,7	63,8	1,6	0,6	3,8	8,5	910,6
				Jul.	25,8	12,5	59,2	2,0	0,6	4,7	8,3	911,1
				Ago.	28,0	14,1	51,8	2,2	0,5	6,3	8,7	910,2
				Set.	29,1	16,3	55,3	2,4	2,0	6,5	7,7	908,7
				Out.	28,5	17,6	66,5	2,0	5,2	5,1	7,4	906,6
				Nov.	27,7	18,0	75,0	1,8	6,9	3,8	7,2	905,7
				Dez.	27,2	18,2	79,8	1,8	9,1	3,1	5,5	905,5

APÊNDICE C

Quadro 1C – Coeficientes da cultura (K_c) correspondentes aos estádios de desenvolvimento de cada cultura utilizada no estudo

Cultura	K_c		
	Fase Inicial	Fase de Desenvolvimento	Fase Final
Algodão	0,35	1,20	0,60
Amendoim	0,40	1,15	0,60
Arroz	1,05	1,20	0,75
Banana	1,00	1,20	1,10
Batata	0,50	1,15	0,75
Batata-doce	0,50	1,15	0,65
Cana	1,00	1,00	1,00
Café	1,05	1,10	1,10
Feijão	0,40	1,15	0,35
Laranja	0,75	0,70	0,75
Limão	0,75	0,70	0,75
Mandioca	0,30	1,10	0,50
Milho	0,70	1,15	1,05
Soja	0,50	1,15	0,50
Tangerina	0,75	0,70	0,75
Tomate	0,60	1,15	0,8

Quadro 2C – Duração das fases referente aos estádios de desenvolvimento de cada cultura utilizada no estudo

Cultura	Duração das Fases Referente aos Estádios de Desenvolvimento de cada Cultura (dias)		
	Fase Inicial	Fase de Desenvolvimento	Fase Final
Algodão	30	110	55
Amendoim	35	80	25
Arroz	30	90	30
Banana	120	240	5
Batata	30	75	20
Batata-doce	15	80	15
Cana	121	122	121
Café	120	240	5
Feijão	20	60	10
Laranja	60	210	95
Limão	60	210	95
Mandioca	150	150	60
Milho	30	90	30
Soja	15	55	15
Tangerina	60	210	95
Tomate	35	85	30

APÊNDICE D

Quadro 1D – Áreas irrigadas nos municípios pertencentes à bacia do Paracatu nos anos em que foram realizados os censos agropecuários

Municípios	Área Irrigada (ha)				
	1970	1975	1980	1985	1996
Bonfinópolis de Minas	0	2	0	217	1.937
Brasilândia de Minas	-	-	-	-	-
Buritizzeiro	173	121	6.310	8.062	1.003
Cabeceira Grande	-	-	-	-	-
Dom Bosco	-	-	-	-	-
Guarda Mor	0	2	5	32	3.924
João Pinheiro	62	354	1.734	2.681	5.555
Lagamar	0	0	0	63	227
Lagoa Grande	-	-	-	-	861
Natalândia	-	-	-	-	-
Paracatu	45	412	744	2.802	14.496
Patos de Minas	58	34	112	429	910
Presidente Olegário	0	0	11	75	1.048
Santa Fé de Minas	26	2	116	39	37
São Gonçalo do Abaeté	14	20	42	196	416
Unai	101	116	624	6.073	16.851
Varjão de Minas	-	-	-	-	-
Vazante	13	1.200	47	71	292
Cabeceiras	0	229	47	15	805
Cristalina	10	10	1.784	426	3.282
Formosa	39	787	4.169	4.110	1.874
Distrito Federal	1.151	2.086	3.812	5.538	12.591

Quadro 2D – Áreas colhidas nos municípios pertencentes à bacia do Paracatu nos anos em que foram realizados os censos agropecuários

Município	Cultura	Área Colhida (ha)				
		1970	1975	1980	1985	1996
Bonfinópolis de Minas	Banana	38	32	48	23	64
	Cafê em coco	4	11	7	18	169
	Laranja	7	5	16	16	49
	Algodão em caroço	22	139	169	11	-
	Amendoim em casca	5	-	-	2	-
	Arroz em casca	2.239	1.318	2.243	4.168	1.570
	Batata-doce	-	-	1	1	-
	Cana-de-açúcar	47	61	90	182	64
	Feijão em grão 1ª safra	3.139	5.664	5.751	5.123	972
	Feijão em grão 2ª safra	-	-	-	400	258
	Feijão em grão 3ª Safra	-	-	-	-	592
	Mandioca	10	34	68	210	127
	Milho em grão	3.696	6.320	6.176	7.497	9.212
	Soja	-	-	-	1.092	6.713
Tomate	-	-	-	5	-	
Buritizeiro	Banana	38	17	12	20	5
	Cafê em coco	-	-	2	1	2
	Laranja	2	5	5	9	26
	Algodão em caroço	-	-	-	1	2
	Arroz em casca	466	232	1.439	1.426	1.860
	Batata-doce	-	-	-	2	2
	Cana-de-açúcar	67	49	38	68	10
	Feijão em grão 1ª safra	242	-	1.141	452	138
	Feijão em grão 2ª safra	-	-	-	614	266
	Feijão em grão 3ª Safra	-	-	-	4	215
	Mandioca	76	91	47	266	100
	Milho em grão	1.208	790	1.400	1.876	1.000
	Soja	-	-	-	1.945	3.180
Tomate	-	3	3	10	2	
Guarda-Mor	Banana	-	6	4	7	2
	Cafê em coco	-	1	9	8	356
	Laranja	1	5	9	10	3
	Algodão em caroço	4	1	5	4	-
	Arroz em casca	383	3.405	2.909	5.890	918
	Batata-inglesa	-	-	-	3	-
	Cana-de-açúcar	3	10	24	6	101
	Feijão em grão 1ª safra	413	523	254	83	493
	Feijão em grão 2ª safra	-	-	-	-	851
	Feijão em grão 3ª Safra	-	-	-	-	454
	Mandioca	5	29	68	96	37
	Milho em grão	657	1.236	6.176	1.747	10.291
Soja	-	300	-	4.376	14.542	

Continua...

Quadro 2D – Cont.

Município	Cultura	Área Colhida (ha)				
		1970	1975	1980	1985	1996
João Pinheiro	Banana	134	62	93	67	93
	Café em coco	9	11	29	29	158
	Laranja	35	21	64	48	166
	Algodão em caroço	38	180	11	23	1
	Arroz em casca	2.790	3.692	6.918	8.110	1.440
	Cana-de-açúcar	211	280	80	978	2.246
	Feijão em grão 1ª safra	2.312	4.570	3.657	3.042	540
	Feijão em grão 2ª safra	-	-	-	27	1.064
	Feijão em grão 3ª safra	-	-	-	-	42
	Mandioca	402	295	125	358	486
	Milho em grão	6.098	6.408	7.633	6.736	5.409
	Soja	-	64	-	2.075	3.270
Tomate	-	-	-	5	-	
Lagamar	Banana	-	5	32	24	67
	Café em coco	2	3	54	32	37
	Laranja	-	4	18	12	115
	Algodão em caroço	1.976	1.469	2.063	3.384	842
	Algodão em caroço	-	-	9	8	1
	Batata-doce	-	-	2	-	-
	Batata-inglesa	-	-	-	-	46
	Cana-de-açúcar	-	3	10	43	136
	Feijão em grão 1ª safra	2.552	3.295	2.387	1.425	116
	Feijão em grão 2ª safra	-	-	-	76	21
	Feijão em grão 3ª safra	-	-	-	-	11
	Mandioca	7	10	10	140	255
Milho em grão	3.279	3.724	3.476	3.067	3.335	
Soja	0	-	865	856	1.292	
Lagoa Grande	Banana	-	-	-	-	9
	Café em coco	-	-	-	-	2
	Laranja	-	-	-	-	17
	Arroz em casca	-	-	-	-	629
	Cana-de-açúcar	-	-	-	-	125
	Feijão em grão 1ª safra	-	-	-	-	64
	Feijão em grão 2ª safra	-	-	-	-	308
Patos de Minas	Banana	148	160	180	232	237
	Café em coco	1.200	2.510	2.890	3.504	3.829
	Algodão em caroço	60	75	85	95	151
	Arroz em casca	500	650	751	845	792
	Cana-de-açúcar	50	62	75	65	81
	Feijão em grão 1ª safra	554	458	468	561	612
	Feijão em grão 2ª safra	-	-	-	-	561
	Feijão em grão 3ª safra	-	-	-	-	5
	Mandioca	315	556	654	214	731
	Milho em grão	2.458	5.821	9.541	11.256	11.689
Soja	-	-	-	1.289	1.391	

Continua...

Quadro 2D – Cont.

Município	Cultura	Área Colhida (ha)				
		1970	1975	1980	1985	1996
Paracatu	Banana	148	91	87	61	137
	Café em coco	70	28	53	745	1.278
	Laranja	23	25	78	52	108
	Algodão em caroço	4	-	-	-	357
	Amendoim em casca	17	-	-	3	-
	Arroz em casca	5.246	9.512	12.878	21.000	4.489
	Batata-doce	-	-	2	3	-
	Batata-inglesa	-	-	-	32	-
	Cana-de-açúcar	278	177	240	310	3.191
	Feijão em grão 1ª safra	4.120	4.670	5.472	1.658	971
	Feijão em grão 2ª safra	-	-	-	25	2.840
	Feijão em grão 3ª safra	-	-	-	50	5.515
	Mandioca	168	143	189	206	309
	Milho em grão	6.721	8.574	9.803	11.465	17.410
	Soja	4	553	3.934	23.879	17.687
Tomate	-	1	4	165	-	
Presidente Olegário	Banana	19	19	67	47	126
	Café em coco	43	20	379	536	1.095
	Laranja	15	16	39	51	113
	Algodão em caroço	31	23	8	5	1
	Amendoim em casca	4	-	-	6	-
	Arroz em casca	2.603	3.324	6.788	6.725	1.570
	Batata-inglesa 1ª safra	-	-	-	-	50
	Batata-inglesa 2ª safra	-	-	-	-	50
	Cana-de-açúcar	101	33	63	98	70
	Feijão em grão 1ª safra	8.023	7.623	4.804	3.071	208
	Feijão em grão 2ª safra	-	-	-	6	520
	Feijão em grão 3ª safra	-	-	-	-	47
	Mandioca	196	58	94	419	297
	Milho em grão	8.876	9.421	7.538	8.148	11.146
	Soja	2	1.368	9.664	21.551	16.539
Tomate	-	1	3	13	-	
Santa Fé de Minas	Banana	11	-	8	2	1
	Café em coco	2	-	-	1	6
	Laranja	3	-	1	-	1
	Algodão em caroço	31	1	8	-	-
	Amendoim em casca	5	-	-	2	-
	Arroz em casca	304	116	430	379	292
	Cana-de-açúcar	51	65	9	6	77
	Feijão em grão 1ª safra	166	156	263	139	134
	Feijão em grão 2ª safra	-	-	-	268	47
	Feijão em grão 3ª safra	-	-	-	1	15
	Mandioca	62	56	23	170	174
	Milho em grão	574	284	430	552	658

Continua...

Quadro 2D – Cont.

Município	Cultura	Área Colhida (ha)				
		1970	1975	1980	1985	1996
São Gonçalo do Abaeté	Banana	4	8	150	29	31
	Cafê em coco	98	5	198	396	744
	Laranja	9	7	6	21	20
	Algodão em caroço	1	-	1	1	-
	Arroz em casca	914	1.472	1.585	1.493	437
	Cana-de-açúcar	21	4	2	62	121
	Feijão em grão 1ª safra	1.189	1.729	1.127	1.220	10
	Feijão em grão 2ª safra	-	-	-	-	63
	Feijão em grão-3ª safra	-	-	-	-	8
	Mandioca	48	30	35	-	160
	Milho em grão	2.576	2.378	3.343	-	2.639
	Soja	-	600	1.244	1.449	2.017
Unai	Banana	103	128	19	200	158
	Cafê em coco	52	39	115	195	28
	Laranja	8	15	57	41	86
	Limão	-	-	-	12	-
	Algodão em caroço	10	1	2	4	-
	Amendoim em casca	17	-	-	4	-
	Arroz em casca	6.313	6.152	11.026	13.565	2.556
	Batata-inglesa 1ª safra	-	-	16	-	35
	Batata-inglesa 2ª safra	-	-	-	-	48
	Batata-inglesa 3ª safra	-	-	-	-	25
	Batata-doce	-	-	5	1	-
	Cana-de-açúcar	148	64	101	603	679
	Feijão em grão 1ª safra	15.426	27.646	27.980	20.096	6.009
	Feijão em grão 2ª safra	-	-	-	147	6.615
	Feijão em grão 3ª safra	-	-	-	-	5.411
	Mandioca	138	71	95	489	356
Milho em grão	17.008	29.386	33.235	27.506	34.719	
Soja	-	52	2.887	19.006	40.572	
Tomate	-	3	11	49	-	
Vazante	Banana	43	7	-	17	33
	Cafê em coco	1	3	66	31	49
	Laranja	13	8	18	12	50
	Algodão em caroço	6	5	4	-	-
	Arroz em casca	744	1.680	2.773	4.647	1.097
	Cana-de-açúcar	50	29	61	40	270
	Feijão em grão 1ª safra	1.073	1.819	1.350	750	1
	Feijão em grão 2ª safra	-	-	-	-	197
	Mandioca	83	85	46	166	75
	Milho em grão	1.743	3.157	3.385	3.041	2.382
Soja	-	70	-	545	1.782	

Continua...

Quadro 2D – Cont.

Município	Cultura	Área Colhida (ha)				
		1970	1975	1980	1985	1996
Cabeceiras	Banana	59	35	35	24	12
	Café em coco	39	14	16	17	4
	Laranja	-	-	19	10	3
	Amendoim em casca	4	3	-	-	-
	Arroz em casca	516	1.054	987	1.638	541
	Cana-de-açúcar	30	-	1	20	-
	Feijão em grão 1ª safra	1.007	1.896	1.427	1.553	42
	Feijão em grão 2ª safra	-	-	-	-	70
	Feijão em grão 3ª safra	-	-	-	-	900
	Mandioca	4	16	14	61	5
	Milho em grão	1.117	2.198	1.733	2.068	2.878
	Soja	-	-	16	10.151	5.124
	Tomate	-	-	-	3	-
Cristalina	Banana	18	10	444	14	28
	Café em coco	-	-	-	65	29
	Laranja	3	247	17	15	89
	Limão	-	-	-	3	-
	Amendoim em casca	2	10	-	-	-
	Arroz em casca	467	5.301	7.149	10.627	1.764
	Batata-inglesa	-	-	-	12	-
	Cana-de-açúcar	68	-	25	84	24
	Feijão em grão 1ª safra	90	1.436	1.049	778	769
	Feijão em grão 2ª safra	-	-	-	10	1.451
	Feijão em grão 3ª safra	-	-	-	-	2.864
	Mandioca	76	96	49	151	120
	Milho em grão	565	1.739	3.582	2.866	28.681
Soja	-	-	519	29.767	40.894	
Tomate	-	-	-	4	-	
Formosa	Banana	195	215	30	41	44
	Café em coco	39	4	2	13	3
	Laranja	14	3	11	-	19
	Algodão em caroço	15	19	-	4	-
	Arroz em casca	3.599	5.368	5.403	5.521	1.603
	Cana-de-açúcar	265	-	3.677	5.165	94
	Feijão em grão 1ª safra	1.682	1.972	2.167	1.910	130
	Feijão em grão 2ª safra	-	-	-	17	167
	Feijão em grão 3ª safra	-	-	-	-	402
	Mandioca	438	424	13	119	147
	Milho em grão	2.658	3.477	3.272	5.535	4.860
	Soja	-	-	-	3.724	3.758
	Tomate	-	-	-	7	-

Continua...

Quadro 2D – Cont.

Município	Cultura	Área Colhida (ha)				
		1970	1975	1980	1985	1996
Distrito Federal	Banana	10.001	574	372	334	260
	Cafê em coco	52	-	663	735	1.659
	Laranja	146	61	195	377	45.355
	Limão	-	-	203	584	46.803
	Tangerina	-	-	-	-	10.891
	Amendoim em casca	-	-	24	-	12
	Arroz em casca	650	965	11.745	8.202	1.297
	Batata-doce	-	-	-	-	106
	Batata-inglesa	42	-	635	599	576
	Cana-de-açúcar	303	-	2.808	-	271
	Feijão em grão	1.172	528	1.215	1.720	5.362
	Mandioca	440	-	2.573	-	444
	Milho em grão	2.394	2.370	2.743	5.434	22.058
	Soja	-	-	11.455	37.055	43.831
	Tomate	-	-	3.371	360	164

Quadro 3D – Áreas colhidas (ha) e irrigadas (ha) nos estados pertencentes à bacia do Paracatu nos anos em que foram realizados os censos agropecuários

Ano	Cultura	Minas Gerais		Goiás		Distrito Federal	
		Área Colhida	Área Irrigada	Área Colhida	Área Irrigada	Área Colhida	Área Irrigada
1970	Algodão em caroço	62.250	241	-	-	-	-
	Amendoim em casca	6.187	5	2.276	2	-	-
	Arroz em casca	713.995	16.759	845.999	1.590	650	6
	Banana	46.293	151	35.374	12	10.001	39
	Batata-inglesa	18.741	1.059	393	31	42	10
	Café	335.626	2.058	4.436	3	52	-
	Cana-de-açúcar	168.549	1.793	9.824	162	303	23
	Feijão em grão	563.784	578	247.940	43	1.172	2
	Laranja	10.447	305	1.754	89	146	73
	Mandioca	75.954	414	29.210	80	440	36
Milho em grão	1.549.648	4.245	497.048	162	2.394	32	
1975	Algodão em caroço	69.580	107	27.221	24	-	-
	Arroz em casca	725.389	151.139	1.128.759	7.916	965	18
	Banana	20.232	184	13.635	23	574	19
	Batata-inglesa	14.472	3.693	-	-	528	26
	Café	352.067	4.040	6705	226	-	-
	Cana-de-açúcar	122.691	7.014	-	-	2.370	85
	Feijão em grão	560.452	3.737	225.303	232	-	-
	Laranja	7.777	340	601	46	61	14
	Mandioca	50.560	190	10.664	17	-	-
	Milho em grão	1518.501	6.904	687.091	2.267	-	-
Soja	48.359	503	61.905	145	-	-	
Tomate (T)	4.884	3.556	-	-	-	-	
1980	Algodão em caroço	57.650	243	26.172	1	-	-
	Arroz em casca	578.327	76.381	1.239.017	20.478	11.745	268
	Banana	30.933	332	25.718	110	372	43
	Batata-inglesa	17.856	7.114	-	-	-	-
	Café	537.482	5.891	14.301	344	663	174
	Cana-de-açúcar	169.124	12.055	12.572	3.637	-	-
	Feijão em grão	705.107	9.764	223.965	1.054	1.215	96
	Laranja	17.724	372	1.507	118	195	38
	Mandioca	49.183	158	9.987	11	-	-
	Manga	2.807	37	-	-	159	11
	Milho em grão	1.580.633	10.502	738.314	1.722	2.743	107
	Soja	146.740	1.200	213.487	140	11.455	237
Tangerina	995	93	-	-	-	-	
Tomate	6.601	4.696	-	-	3.371	274	
1985	Algodão em caroço	138.187	4.230	-	-	-	-
	Arroz em casca	628.800	104.047	693.105	6.355	8.202	487
	Banana	34.628	1.089	8.833	81	334	55
	Batata-inglesa	19.096	7.576	-	-	599	588
	Café	767.542	8.450	12.416	527	735	67
	Cana-de-açúcar	243.684	19.312	-	-	-	-
	Feijão em grão 1ª Safra	550.507	18.484	264.244	3.314	1.720	218
	Feijão em grão 2ª Safra	117.206	5.231	-	-	-	-
	Laranja	27.385	1.128	-	-	377	53
	Limão	-	-	-	-	584	275
	Mandioca	97.752	363	-	-	-	-
	Milho em grão	1.584.615	16.869	741.840	4.855	5.434	322
Soja	362.730	7.421	599.555	4.812	37.055	76	
Tangerina	2.085	192	-	-	-	-	

Continua...

Quadro 3D – Cont.

Ano	Cultura	Minas Gerais		Goiás		Distrito Federal	
		Área Colhida	Área Irrigada	Área Colhida	Área Irrigada	Área Colhida	Área Irrigada
1996	Algodão em caroço	39.119	1.706	69.199	2.287	-	-
	Arroz em casca	148.118	25.483	152.302	8.170	483	24
	Banana	47.177	4.747	12.180	814	-	-
	Batata-inglesa	17.417	6.357	-	-	338	338
	Batata-inglesa	9.350	7.388	-	-	-	-
	Batata-inglesa	5.669	4.331	-	-	-	-
	Café	790.030	32.721	2.658	691	-	-
	Cana-de-açúcar	270.373	51.714	92.216	55.807	1.849	518
	Feijão em grão 1ª Safra	256.788	14.390	3.901	174	733	509
	Feijão em grão 2ª Safra	149.039	28.750	42.997	3.393	1.182	1.123
	Feijão em grão 3ª Safra	29.835	23.110	30.395	30.353	381	77
	Laranja	51.326	442	5.737	1.613	629	553
	Limão	-	-	-	-	331	266
	Mandioca	67.532	1.245	13.436	634	24.161	3.901
	Milho em grão	1.204.473	83.051	768.135	56.062	24.544	1.664
Soja	442.943	26.046	863.422	31.515	-	-	

Quadro 4D – Áreas irrigadas em cada mês nos estados pertencentes à bacia do Paracatu nos anos em que foram realizados os censos agropecuários

Ano	Estado	Cultura	Área Colhida (ha)											
			Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
1970	MG	Algodão em caroço	60	581	5.487	12.160	19.014	7.589	5.583	12.890	1.624	16	13	4
		Amendoim em casca	764	1.985	1.755	609	597	175	63	68	10	12	8	43
		Arroz em casca	3.983	34.299	293.913	277.217	91.021	7.084	1.166	438	449	364	1.152	615
		Batata-inglesa	7.136	2.845	1.261	268	456	809	585	613	735	455	301	1.376
		Cana-de-açúcar	1.325	655	2.895	1.325	6.324	41.112	38.866	38.530	16.232	9.365	2.738	2.730
		Feijão em grão	96.919	55.997	21.519	15.276	116.796	219.643	17.459	1.178	1.467	1.947	1.560	10.270
		Mandioca	1.455	526	2.033	1.877	7.043	17.251	13.246	10.293	6.306	6.896	3.283	3.602
		Milho em grão	7.865	21.836	141.801	171.801	476.324	596.972	108.534	9.249	2.382	1.263	2.038	1.946
	Soja	78	98	689	1575	681	185	6	15		5	2	3	
	GO	Algodão em caroço	1.116	33	2.230	7.139	15.307	6.613	1291	706	93	5	3	1
		Amendoim em casca	105	292	877	621	205	59	24	4	0	1	0	14
		Arroz em casca	1.504	26.247	345.278	435.942	76.861	4.065	418	69	534	231	860	659
		Batata-inglesa	34	1	102	105	23	26	3	12	44	27	15	
		Cana-de-açúcar	34	10	40	104	412	2.157	4.465	1.331	396	394	126	160
		Feijão em grão	1.540	3.014	3.417	11.406	119.140	101.934	5.553	132	158	245	184	255
		Mandioca	736	339	230	290	1.125	3.038	2.683	1.388	1.940	2.609	2.079	12.126
		Milho em grão	3.569	4.277	12.699	20.566	107.734	264.205	79.267	1.417	180	242	412	645
	Soja	-	131	1.272	7.631	1.812	623	5	2	-	-	-	-	
	DF	Arroz em casca	2	13	95	430	98	1	2	6	-	-	1	1
		Batata-inglesa	3	4	1	1	13	7	0	4	1	3	2	2
		Cana-de-açúcar	55	1		2	6	13	23	31	12	24	60	67
Feijão em grão		27	11	17	76	555	419	36	1	2	1	5	22	
Mandioca		15	33	8	5	8	17	27	109	40	56	28	87	
Milho em grão		60	148	189	211	530	897	249	8	19	7	31	31	

Continua...

Quadro 4D – Cont.

Ano	Estado	Cultura	Área Colhida (ha)											
			Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Maio	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
1975	MG	Algodão em caroço	57	1.437	14.224	25.870	21.436	3.552	1.575	765	472	13	10	0
		Arroz em casca	3.055	24.329	268.965	289.382	118.489	16.625	930	765	840	198	422	588
		Batata-inglesa	2334	3.130	3.378	880	671	586	304	355	720	727	258	481
		Cana-de-açúcar	401	725	1.441	1.616	9.331	35.500	16.353	32.947	16.130	4.253	1.329	2.233
		Feijão em grão	99.876	69.710	28.763	18.648	138.605	178.931	12.288	966	1.336	1.176	1.107	8.381
		Fumo em folha	60	89	96	432	1.173	2.592	3.876	2.670	592	222	5	27
		Mandioca	572	728	1.535	1.928	6.227	14.136	7.246	6.210	2.175	4.254	1.658	3.402
		Milho em grão	5.654	17.611	100.746	192.534	593.467	528.962	66.906	4.174	1.873	923	491	3.157
		Soja	207	2.372	9.012	19.523	11.354	5.466	41	34	0	7	2	15
	Tomate	232	269	237	520	488	676	593	551	402	318	197	330	
	GO	Algodão em caroço	-	73	4.182	12.822	5.718	4.074	138	83	15	5	-	-
		Arroz em casca	10.256	55.346	372.958	609.520	70.612	6.503	596	536	628	65	622	457
		Feijão em grão	645	1.419	1.529	10.711	126.959	80.577	2.564	145	203	57	14	224
		Mandioca	374	314	167	255	824	1.608	1.486	1.036	939	1.649	987	929
		Milho em grão	1.805	1.459	166	157	87	47	38	299	10.085	522.926	138.693	10.803
		Soja	15	6	-	-	-	-	-	-	-	7.112	50.058	4.715
	DF	Arroz em casca	4	30	152	599	158	18	1	-	1	-	0	2
		Feijão em grão	3	12	18	56	649	307	51	1	25	1	1	4
Milho em grão		24	83	90	295	1.014	745	74	3	9	1	1	27	
1980	MG	Algodão em caroço	318	687	8.956	27.650	15.512	2.806	548	624	64	59	138	130
		Arroz em casca	6.568	59.145	240.289	201.445	54.145	9.651	2035	823	1115	307	864	998
		Batata-inglesa	1.667	4.181	2.858	915	873	1.035	575	636	392	382	528	1.951
		Cana-de-açúcar	499	1.022	1.149	1.769	13.657	40.346	48.797	35.861	12.654	7.006	3.317	2.427
		Feijão em grão	119.866	135.978	33.343	18.763	108.608	218.585	36.890	2.455	3.425	2.767	2.846	20.408
		Mandioca	835	1.222	1.802	2.187	4.427	9236	6.904	7.188	4.434	4.297	2.658	3.582
		Milho em grão	6.432	27.952	142.309	282.753	485.921	484.079	125.206	12.461	4.481	1.324	1.543	3.471
		Soja	53	8.001	65.986	59.916	9.943	2.166	71	9	2	4	302	152
		Tomate	306	338	367	488	706	904	921	575	636	392	382	528

Continua...

Quadro 4D – Cont.

Ano	Estado	Cultura	Área Colhida (ha)												
			Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	
1980	GO	Algodão em caroço	34	2.198	12.623	6.578	3.561	839	99	32	6	0	0	2	
		Arroz em casca	13525	93.676	567.490	497.208	52.103	3.522	522	562	1.517	94	340	5.573	
		Cana-de-açúcar	32	8	27	127	7.558	1.635	1.496	1.079	266	189	83	44	
		Feijão em grão	913	2.021	2.804	8.185	99.492	101.372	7.288	640	321	267	135	309	
		Mandioca	228	397	230	204	447	1.381	1.551	1.128	1.074	1.306	658	1.298	
		Milho em grão	3.556	7.243	29.561	80.215	193.712	323.122	92.582	5.355	955	503	77	680	
	DF	Arroz em casca	0	221	2.130	6.339	2.739	279	23	1	3	2	0	4	
		Feijão em grão	13	14	22	78	409	579	61	3	10	6	2	13	
		Milho em grão	29	115	252	235	659	1.127	217	63	5	7	6	18	
		Tomate	24	10	11	14	42	30	37	23	47	19	27	42	
1985	MG	Algodão em caroço	166	2.364	31.187	62.248	33.293	5.514	1.284	678	158	66	303	716	
		Arroz em casca	11.144	82.802	249.103	201.056	67.153	8.890	1.338	1.053	1.159	1.089	992	2.408	
		Batata-inglesa	2.477	4.028	3.941	1.240	798	1.133	626	1.201	1.086	870	536	1.105	
		Cana-de-açúcar	1.153	1.767	2.154	4.853	28.119	31.840	52.528	54.321	32.466	21.277	8.721	4.058	
		Feijão em grão 1ª safra	205.083	110.255	23.047	11.491	61.603	96.193	11.798	2.485	3.666	3.421	2.343	18.633	
		Feijão em grão 2ª safra	2.458	708	1.627	5.111	41.086	109.284	11.611	891	754	818	519	2.049	
		Mandioca	1.650	1.742	3.827	4.591	10.023	18.494	14.883	15.234	7.954	9.752	3.536	5.367	
		Milho em grão	7.430	39.290	160.193	314.862	508.645	419.676	109.556	12.230	2.688	1.695	1.671	4.486	
	Soja	540	5511	86.393	183.807	76.164	7.391	960	156	27	342	947	37		
	GO	Arroz em casca	7.363	51.427	314.351	268.991	42.336	2.354	417	547	1.992	17	202	755	
		Feijão em grão	1.297	3.416	3.020	11.560	140.668	96.323	5.380	490	874	456	122	145	
		Milho em grão	2.342	9.174	64.511	132.722	172.718	270.336	81.677	4.410	1.086	204	426	443	
		Soja	145	6.656	128.492	326.315	127.822	7.813	933	135	4	140	-	-	
		DF	Arroz em casca	25	500	2.216	2.550	2.656	171	16		57	0	0	-
			Batata-inglesa	0	0	0	0	9	36	18	44	65	59	9	353
			Feijão em grão	108	124	90	186	417	634	49	2	28	41	4	9
Milho em grão			62	158	860	908	1.457	1.431	402	34	12	4	25	14	
Soja	-		45	563	11.261	24.163	1.002	1							
Tomate	2	0	24	30	26	35	44	35	45	37	62	16			

Continua...

Quadro 4D – Cont.

Ano	Estado	Cultura	Área colhida (ha)											
			Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1996	MG	Algodão em caroço	43	616	4.938	13.329	13.400	4.438	1.693	437	78	12	111	24
		Arroz em casca	3.646	15.791	43.630	49.695	24.960	5.581	1.515	701	825	620	349	768
		Batata-inglesa 1ª safra	742	5.130	5.293	3.857	1.567	102	151	46	79	91	165	194
		Batata-inglesa 2ª safra	69	42	30	60	42	2.969	2.901	1.886	1.125	150	44	32
		Batata-inglesa 3ª safra	1.472	32	24	2	10	16	15	40	260	1.144	1.153	1.501
		Cana-de-açúcar	1.616	2.142	4.228	5.640	25.608	36.608	88.296	46.964	20.612	27.091	8.569	3.349
		Feijão em grão 1ª safra	104.927	87.004	31.969	16.503	1.209	2.902	347	72	145	97	247	11.328
		Feijão em grão 2ª safra	51	59	536	465	35.152	84.687	27.430	369	171	26	23	34
		Feijão em grão 3ª safra	26	2	1		26	8	114	9.868	9.125	4.991	5.579	94
		Mandioca	1.045	1.341	3.003	3.595	7.416	13.205	12.065	7.437	4.894	7.306	3.555	2.576
	Milho em grão	19.697	62.044	164.526	272.231	360.114	227.335	71.614	12.143	4.646	2.667	2.661	4.702	
	Soja	904	16.313	101.896	180.718	121.877	12.625	1.668	3.411	1.051	642	1.345	473	
	GO	Algodão em caroço	2	356	2.662	32.222	19.020	14.239	503	194	-	-	-	-
		Arroz em casca	1.945	11.392	53.814	64.429	16.708	990	1.148	107	222	378	233	898
		Cana-de-açúcar	4	49	4.527	952	13.882	12.535	28.817	15.837	3.677	7.958	3.945	19
		Feijão em grão 1ª safra	1.209	2.512	63	15	37	2	2	15	5	40		
		Feijão em grão 2ª safra	-	46	2.411	5.004	25.122	8.659	1.427	144	152	19	5	2
		Feijão em grão 3ª safra	-	-	-	-	110	796	3.434	8.081	8.684	7.199	1.341	750
		Mandioca	182	144	348	860	833	1.644	5.685	1.398	803	942	238	239
		Milho em grão	9.359	60.048	194.197	166.310	148.687	104.329	72.890	6.236	872	1.646	1.663	1.798
		Soja	5.473	102.757	283.418	376.691	80.953	6.175	1.327	1.299	2.016	58	720	2.535
		DF	Arroz em casca	1	4	25	19	29	3	-	-	-	-	-
	Batata-inglesa		-	-	-	-	3	548	470	760	7.425	25	100	-
	Feijão em grão 1ª safra		275	941	456	20	95	14	-	1	46	-	-	1
	Feijão em grão 2ª safra		-	-	9	48	353	274	40	-	-	-	8	-
	Feijão em grão 3ª safra		1	-	-	1	1	47	54	285	648	3	1	142
	Mandioca		4	34	14	14	35	55	65	21	44	37	32	25
Milho em grão	472		1.484	5.108	5.531	9.289	1.523	274	46	108	1	41	284	
Soja	-		126	2.576	13.666	7.737	440	-	-	-	-	-	-	
Tomate	44	42	49	43	13	35	32	26	31	20	29	22		

APÊNDICE E

Quadro 1E – Número de cabeças de cada espécie animal nos municípios pertencentes à bacia do Paracatu nos anos em que foram realizados os censos agropecuários

Ano	Espécie Animal	Municípios								
		Bonfinópolis de Minas	Buritizero	Guarda Mor	João Pinheiro	Lagamar	Paracatu	Patos de Minas	Presidente Olegário	
1970	Bovino	39.050	41.448	35.450	127.576	32.896	105.401	14.3818	86.798	
	Suíno	13.500	3.909	4.338	23.441	8.392	17.844	30.575	21.779	
	Bubalino	-	28	-	40	-	-	8	-	
	Equino	2.907	3.738	1.383	7.398	1.917	6.683	6.313	4.922	
	Asinino	192	184	1	112	75	64	71	78	
	Muar	198	406	132	776	137	541	727	715	
	Ovino	87	753	167	475	324	235	2.198	1.240	
	Caprino	156	290	84	1574	227	437	220	381	
	Aves	67.669	20.842	20.334	72.820	26.991	107.998	135.364	86.291	
1975	Bovino	66.671	76.883	50.647	200.419	50.023	135.928	169.925	117.167	
	Suíno	20.296	5.691	5.339	24.765	13.139	13.904	39.374	28.278	
	Bubalino	-	28	-	60	-	-	25	-	
	Equino	3.409	3.590	1.674	7.106	2.282	6.650	6.154	6.000	
	Asinino	134	128	1	78	75	40	13	55	
	Muar	220	450	134	850	152	600	614	1500	
	Ovino	232	670	66	678	120	131	141	500	
	Caprino	553	963	43	820	93	334	105	310	
	Aves	71.158	30.905	162.237	93.172	34.401	101.377	193.880	91.791	
1980	Bovino	71.585	56.637	49.931	209.928	53.648	144.515	164.817	124.323	
	Suíno	13.297	2.651	3.943	22.516	8.550	15.148	8	15.628	
	Bubalino	-	33	9	1123	-	372	9	2	
	Equino	4.019	3.276	1.569	10.977	2.240	7.315	6.146	4.812	
	Asinino	6	30	-	230	2	10	458	3	
	Muar	203	248	46	704	122	429	3.778	371	
	Ovino	78	283	44	616	183	37	522	185	
	Caprino	394	158	85	505	108	145	42	103	
	Aves	73.757	12.729	18.465	129.849	33.923	144.150	44.952	89.602	
1985	Bovino	76.344	96.390	50.191	226.307	56.281	165.877	165.596	145.196	
	Suíno	11.283	7.350	4.190	17.130	7.706	13.912	48.247	14.156	
	Bubalino	-	142	-	192	-	576	9	4	
	Equino	5.060	4.991	1.848	11.324	2.863	8.017	7.453	6.136	
	Asinino	7	23	16	40	22	47	366	25	
	Muar	212	340	46	315	169	274	337	406	
	Ovino	118	347	48	362	163	288	28	299	
	Caprino	84	412	60	670	121	263	80	195	
	Aves	65.855	25.942	16.317	117.420	42.188	266.950	259.883	94.840	
1996	Bovino	103.350	84.780	80.020	248.139	58.858	231.537	155.139	99.670	
	Suíno	7.078	11.488	3.993	8.120	7.102	13.825	6.563	11.455	
	Bubalino	80	40	-	245	68	260	37	410	
	Equino	4.417	5.178	2.230	10.222	2.900	8.664	57.661	4.919	
	Asinino	10	28	18	38	18	48	158	19	
	Muar	279	330	98	365	140	454	287	202	
	Ovino	361	480	78	664	20	730	22	300	
	Caprino	115	310	132	356	50	396	60	132	
	Aves	65.294	36.180	36.231	108.087	49.544	114.158	265.875	89.468	

Continua....

Quadro 1E – Cont.

16

Ano	Espécie Animal	Municípios								
		Santa Fé de Minas	São Gonçalo do Abaeté	Unai	Vazante	Cabeceiras	Cristalina	Formosa	Distrito Federal	
1970	Bovino	19.609	54.031	128.635	46.895	18.004	32.434	81.623	6.795	
	Suíno	2.400	10.698	34.509	34.509	3.982	3.359	12.715	14.381	
	Bubalino	703	-	28	-	-	41	-	-	
	Equino	2.075	2.903	7.825	2.221	1.289	3.362	4.876	3.103	
	Asinino	11	60	103	9	18	31	209	63	
	Muar	240	476	658	182	62	355	797	223	
	Ovino	174	389	379	379	25	430	954	184	
	Caprino	305	209	624	70	135	97	1.592	503	
	Aves	14.612	30.623	144.304	27.375	14.106	17.571	62.386	681.896	
1975	Bovino	25.186	75.180	191.337	66.743	26.826	72.788	159.683	40.473	
	Suíno	2.573	15.425	55.689	9.968	5.579	5.917	13.282	3.092	
	Bubalino	700	-	250	-	-	-	-	-	
	Equino	1.993	3.384	8.250	2.728	1.507	3.641	5.483	3.092	
	Asinino	10	80	103	9	1	18	38	-	
	Muar	267	528	730	182	64	300	443	-	
	Ovino	10	153	503	163	35	766	543	-	
	Caprino	199	126	669	102	90	177	912	3.092	
	Aves	13.895	48.860	185.110	33.044	21.500	27.785	59.331	494.080	
1980	Bovino	26.320	66.993	210.475	59.921	26.881	73.727	160.346	75.866	
	Suíno	1.281	9.056	35.083	6.848	3.539	4.932	9.960	34.981	
	Bubalino	459	-	71	-	-	-	40	-	
	Equino	1.817	2.929	10.365	2.380	1.495	4.021	5.354	6.309	
	Asinino	6	8	25	3	22	26	-	-	
	Muar	157	279	493	100	52	287	414	-	
	Ovino	20	106	422	95	39	236	478	-	
	Caprino	141	113	550	29	63	430	407	-	
	Aves	10.890	35.009	186.200	29.249	15.554	21.711	45.535	2.446.186	
1985	Bovino	22.925	62.239	257.700	63.815	32.104	65.762	171.539	85.615	
	Suíno	1.474	8.154	32.034	6.362	4.507	4.094	13.737	32	
	Bubalino	-	40	246	7	-	-	-	6.377	
	Equino	2.074	3.310	1.3161	2.775	1.726	925	7.133	88	
	Asinino	4	9	38	19	5	42	50	191	
	Muar	96	207	577	138	51	157	397	3.934	
	Ovino	22	122	560	84	146	6.628	1.475	69.321	
	Caprino	51	138	656	72	62	136	584	2.318	
	Aves	10.171	38.031	215.292	37.404	26.362	44.494	76.181	5.778	
1996	Bovino	20.914	59.661	369.200	59.560	49.000	107.201	188.000	115.000	
	Suíno	1.192	6.712	39.700	3.760	6.630	4.286	27.000	86.000	
	Bubalino	19	-	145	40	-	85	180	32	
	Equino	1.950	2.767	11.800	1.360	2.600	7.379	5.700	6.377	
	Asinino	9	44	30	4	3	18	60	88	
	Muar	215	248	550	45	65	156	530	191	
	Ovino	88	42	53	26	340	1.488	1.750	3934	
	Caprino	100	35	125	76	400	105	3.050	2.318	
	Aves	14.220	25.632	198.000	28.660	43.800	62.444	249.000	5.819.856	

APÊNDICE F

Quadro 1F – População urbana, rural e abastecida nos municípios pertencentes à bacia do Paracatu nos anos em que foram realizados os censos demográficos

Município	Ano	População Urbana	População Rural	População Abastecida	Domicílios Urbanos	Domicílios Abastecidos
Bonfinópolis de Minas	1970	1.430	11.866	137	199	19
	1980	2.384	13.997	2.865	446	536
	1991	6.875	7.589	7.238	1.477	1.555
	2000	4.202	2.241	4.373	1.055	1.098
Brasilândia de Minas	1970	-	-	-	2.250	2.290
	1980	-	-	-	849	96
	1991	-	-	-	1.790	1.138
	2000	9.212	2.261	9.376	3.568	2.811
Buritizeiro	1970	4.459	7.756	504	4.997	4.902
	1980	9.787	8.487	6.222	1.238	1.182
	1991	18.069	6.408	14.235	535	660
	2000	21.804	4.100	21.389	146	142
Cabeceira Grande	1970	-	-	-	310	249
	1980	-	-	-	611	611
	1991	-	-	-	939	1.012
	2000	4.579	1.341	4.372	1.836	1.160
Dom Bosco	1970	-	-	-	3.682	4.067
	1980	-	-	-	6.297	7.554
	1991	-	-	-	8.411	8.586
	2000	2.019	2.036	2.491	249	53
Guarda Mor	1970	869	3.656	845	716	511
	1980	1.517	3.617	1.218	1.112	1.230
	1991	2.644	3.275	2.644	1.395	1.539
	2000	3.513	3.143	3.786	1.509	1.508
João Pinheiro	1970	10.707	30.795	6.765	623	619
	1980	19.132	26.719	21.132	2.869	786
	1991	28.182	21.774	33.808	5.432	2.761
	2000	32.424	8.944	33.099	10.758	10.042
Lagamar	1970	1.505	9.711	320	15.341	14.880
	1980	3.495	6.120	2.494	8.304	4.853
	1991	4.323	3.807	4.782	13.265	12.075
	2000	4.811	2.899	5.308	21.601	21.541
Lagoa Grande	1970	-	-	-	31.610	31.766
	1980	-	-	-	575	244
	1991	-	-	-	1.690	1.125
	2000	5.480	2.130	5.476	2.938	2.979
Natalândia	1970	-	-	-	3.182	3.356
	1980	-	-	-	199	19
	1991	-	-	-	446	536
	2000	2.360	933	2.345	1.477	1.555
Paracatu	1970	3.156	3.148	865	1.055	1.098
	1980	29.877	19.133	15.186	2.250	2.290
	1991	49.710	13.064	46.402	849	96
	2000	63.014	12.202	61.120	1.790	1.138
Patos de Minas	1970	1.212	766	708	3.568	2.811
	1980	63.302	22.819	57.623	4.997	4.902
	1991	87.403	15.543	87.160	1.238	1.182
	2000	111.333	12.548	111.882	535	660
Presidente Olegário	1970	2.239	3.816	950	146	142
	1980	8.117	16.132	5.403	310	249
	1991	12.400	10.745	12.573	611	611
	2000	11.099	6.682	11.706	939	1.012

Continua...

Quadro 1F – Cont.

Município	Ano	População Urbana	População Rural	População Abastecida	Domicílios Urbanos	Domicílios Abastecidos
Santa Fé de Minas	1970	880	4.402	0	141	0
	1980	881	2.868	753	165	141
	1991	1.273	3.300	1.063	285	238
	2000	1.967	2.225	2.070	458	482
São Gonçalo do Abaeté	1970	2.556	9.410	10.343	107	433
	1980	3.407	7.477	3.817	681	763
	1991	5.897	3.848	7.027	1.179	1.405
	2000	3.895	1.537	4.009	1.094	1.126
Unai	1970	13.701	38.602	4.030	2.570	756
	1980	29.752	38.131	21.362	5.642	4.051
	1991	42.934	26.678	44.750	9.834	10.250
	2000	55.549	14.484	55.289	14.753	14.684
Varjão de Minas	1970	-	-	-	927	1.010
	1980	-	-	-	521	279
	1991	-	-	-	1315	1.430
	2000	3.489	1.212	3.801	3.286	3.548
Vazante	1970	2.927	7.087	1.567	4.169	4.385
	1980	6.695	8.273	7.280	113	90
	1991	13.364	5.435	14.430	258	203
	2000	14.928	4.000	15.701	930	755
Cabeceira	1970	790	3.266	629	1.265	1.262
	1980	1.417	3.569	1.115	1.033	146
	1991	4.183	2.281	3.396	2.050	1.552
	2000	4.904	1.854	4.892	4.035	3.439
Cristalina	1970	5.606	5.994	792	7.043	6.097
	1980	10.498	5.493	7.948	2.226	1.092
	1991	17.652	7.285	15.045	5.686	4.176
	2000	27.569	6.547	23.866	10.872	7.289
Formosa	1970	12.965	15.909	6.360	17.385	15.314
	1980	29.645	13.651	21.772	65.247	65.247
	1991	49.659	13.323	33.293	239.190	239.190
	2000	69.285	9.366	61.031	339.424	339.424
Distrito Federal	1970	516.082	21.410	516.082	485.652	485.652
	1980	1.139.031	37.904	1.139.031	141	0
	1991	1.515.889	85.205	1.515.889	165	141
	2000	1.961.499	89.647	1.961.499	285	238

APÊNDICE G

Quadro 1G – Valores médios das variáveis hidrológicas estudadas no período de 1970 a 2000: precipitação média anual (P), vazão média anual de longa duração (Q_{med}), vazão específica média de longa duração (Q_{esp}), vazão máxima (Q_{max}), vazão específica média de longa duração (Q_{espmax}), vazão mínima (Q_{min}), vazão específica média de longa duração (Q_{espmin}), vazão associada à permanência de 95% (Q_{95}) e coeficiente de deságüe

94

CÓDIGO	ESTAÇÃO	P (mm)	Q_{med} ($m^3 s^{-1}$)	Q_{esp} ($L s^{-1} km^2$)	Q_{max} ($m^3 s^{-1}$)	Q_{espmax} ($L s^{-1} km^2$)	Q_{min} ($m^3 s^{-1}$)	Q_{espmin} ($L s^{-1} km^2$)	Q_{95} ($m^3 s^{-1}$)	Coeficiente de Deságüe
42250000	F. Limoeiro	1.525,1	8,0	17,0	76,4	162,5	2,3	4,8	1,8	0,351
42251000	F. Córrego do ouro	1.524,2	28,1	15,3	132,1	71,8	8,1	4,4	6,0	0,314
42255000	F. Nolasco	1.469,2	3,3	12,9	37,8	146,9	0,9	3,5	0,7	0,291
42257000	B. do Escurinho	1.448,8	27,6	13,7	98,0	48,7	6,9	3,4	5,6	0,327
42395000	Santa Rosa	1.417,9	160,2	12,4	686,8	53,3	40,1	3,1	32,3	0,278
42435000	F. B. da Équa	1.322,1	17,8	11,1	74,0	46,4	3,5	2,2	1,7	0,272
42440000	F. Poções	1.465,8	9,6	18,1	101,7	190,9	2,0	3,7	1,5	0,410
42460000	Fazenda Limeira	1.345,7	58,2	15,2	238,5	73,7	22,8	5,9	19,0	0,365
42490000	Unai	1.342,4	74,1	14,1	402,8	76,7	23,4	4,5	19,1	0,336
42540000	Santo Antônio do Boqueirão	1.340,4	85,0	14,5	521,7	89,3	26,1	4,5	19,2	0,343
42545500	F. o Resfriado	1.342,5	8,8	12,6	110,9	157,6	1,9	2,8	1,5	0,290
42546000	Fazenda Santa Cruz	1.379,7	7,5	14,2	163,4	308,2	2,0	3,9	1,4	0,330
42600000	P. dos Poções	1.324,2	119,3	12,7	637,0	68,2	31,2	3,3	24,5	0,305
42750000	Caatinga	1.354,7	357,7	11,8	1652,0	54,6	86,2	2,9	67,3	0,277
42840000	Veredas	1.506,9	3,4	17,8	34,7	182,8	1,3	6,8	1,1	0,392
42850000	Cachoeira das Almas	1.368,2	61,9	14,2	541,5	124,5	10,3	2,4	7,1	0,330
42860000	Cachoeira do Paredão	1.332,4	68,5	12,1	695,8	118,3	8,8	1,5	8,1	0,293
42980000	Porto Alegre	1.333,0	478,0	11,9	2281,4	56,6	118,3	2,9	89,1	0,282