

ARTIGO TÉCNICO

VARIAÇÃO TEMPORAL DO COMPORTAMENTO HIDROLÓGICO NA BACIA DO RIO DOURADOS NO PERÍODO DE 1973 A 2002¹

**SILVIO B. PEREIRA², TEODORICO ALVES SOBRINHO³, EUCLIDES FEDATTO⁴,
PAULA P. P. PEIXOTO⁵, RAQUEL BONACINA⁶**

RESUMO: A bacia do Rio Dourados localiza-se na sub-bacia do Rio Ivinhema que, por sua vez, se insere na Bacia Hidrográfica do Rio Paraná. A região é de grande potencial para o desenvolvimento agrícola e, com o crescimento da agricultura irrigada, o conhecimento das características hidrológicas dessa bacia é de grande importância para que o aproveitamento de suas águas possa ser otimizado com menor impacto ambiental. Neste trabalho, procedeu-se à análise do comportamento hidrológico na Bacia do Rio Dourados, tomando-se, para tanto, dados observados na estação Porto Wilma, situada próxima à foz da bacia. Foram obtidas a precipitação média anual, a vazão média anual, a vazão máxima anual, a vazão mínima anual de sete dias de duração, a vazão associada à permanência de 95% e o coeficiente de deságüe. Os resultados encontrados permitiram constatar variações pouco significativas para as vazões média e máxima e a tendência de diminuição com o tempo da vazão mínima com sete dias de duração e do coeficiente de deságüe. Associados às altas significâncias dessas variáveis hidrológicas, os resultados mostram a nítida interferência nas condições de escoamento do Rio Dourados durante os meses com menor incidência de precipitação.

PALAVRAS-CHAVE: disponibilidade hídrica, recursos hídricos, irrigação.

TEMPORARY VARIATION OF THE HYDROLOGICAL BEHAVIOR IN THE DOURADOS RIVER BASIN

ABSTRACT: The Dourados river basin is located in the sub-basin of the Ivinhema River, which is inserted in the Paraná River hydrological basin. This is an area of great potential for agricultural development. The increase of the irrigated agriculture and the knowledge of the basin's hydrological characteristics have a great importance for water user optimization and a minimum environmental impact. This paper presents an analysis of the hydrological behavior in the Dourados river basin, based on data collected in the Porto Wilma station. The variables analyzed were the average annual rainfall, the long-term mean annual stream flow, the maximum annual stream flow, the minimum annual seven-day stream flow, the stream flow associated with 95% of the duration and the outflow coefficient. The results revealed low significances for changes of the maximum and mean stream flow, and the tendency of decrease with the time of the minimum seven day duration stream flow and of the outflow coefficient. Associated to the high significances of those hydrological variables, the results show a clear interference in the Dourados river flow conditions during low precipitation months.

KEYWORDS: water availability, water resources, irrigation.

¹ Parte do projeto de pesquisa financiado pela FUNDECT - MS.

² Eng^o Agrônomo, Pesquisador, DCR - FUNDECT/CNPq, Faculdade de Ciências Agrárias, UFGD, Dourados - MS, Fone: (0XX67) 3411.3854, sbueno@ufgd.edu.br

³ Eng^o Agrícola, Prof. Doutor, UFMS, Campo Grande - MS, Fone: (0XX67) 3411.3841, talves@nin.ufms.br

⁴ Eng^o Agrícola, Prof. Doutor, Faculdade de Ciências Agrárias, UFGD, Dourados - MS, Fone: (0XX67) 3411.3838, efedatto@ufgd.edu.br

⁵ Eng^a Agrônomo, Prof^a. Doutora, Faculdade de Ciências Agrárias, UFGD, Dourados - MS, Fone: (0XX67) 3411.3878, paulapadovese@ufgd.edu.br

⁶ Graduando de Agronomia, Bolsista de Iniciação Científica, Faculdade de Ciências Agrárias, UFGD, Dourados - MS.

Recebido pelo Conselho Editorial em: 4-10-2006

Aprovado pelo Conselho Editorial em: 20-6-2007

INTRODUÇÃO

A Bacia do Rio Dourados situa-se ao sul do Mato Grosso do Sul, compreendida entre os paralelos 21°56'37" e 22°38'06" de latitude sul e os meridianos 53°59'57" e 55°57'26" de longitude oeste, ocupando área de aproximadamente 9.240 km². O principal pólo regional da bacia é a cidade de Dourados, com cerca de 165 mil habitantes, representando 47,8% do total da população inserida na bacia, que vem consolidando-se como importante centro de desenvolvimento econômico, em decorrência da expansão de sua fronteira agrícola (MATO GROSSO DO SUL, 2000).

Os solos argilosos, originados de sedimentos terciários ou de rochas basálticas, favorecidos, ainda, pelo relevo aplainado, propiciam as práticas de mecanização agrícola na região. O clima local caracteriza-se como quente e úmido no verão e ameno e seco no inverno, com possibilidade de ocorrência de geadas. A precipitação média anual é de 1.400 mm, e as temperaturas médias variam de 18 °C a 25 °C nos meses mais frios e mais quentes, respectivamente (PEIXOTO, 2002).

O Rio Dourados é de suma importância para o município de Dourados - MS, pois suas águas superficiais abastecem 75% da população urbana do município. Os principais usos da água do Rio Dourados são para abastecimento público, irrigação, dessedentação de animais e industrial (AYRES, 2000).

Alterações expressivas podem surgir nas condições de escoamento de um curso d'água em decorrência de captações realizadas ao longo de seu curso, construção de barragens ou mudanças expressivas nas condições de ocupação da bacia hidrográfica. Portanto, entender a dinâmica espacial e temporal da disponibilidade de água é de fundamental importância para o planejamento do uso do solo, de novas áreas irrigadas e da disponibilidade dos recursos hídricos na bacia (PEREIRA, 2004).

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).

A outorga é uma ferramenta indispensável de gestão dos recursos hídricos, pois permite aos gestores o controle quantitativo e qualitativo do uso da água, ao mesmo tempo em que garante ao usuário o aproveitamento de água em local específico de manancial hídrico, no qual a vazão, o tipo e o tempo de uso devem ser previamente definidos. A outorga assegura, portanto, o direito de uso da água de forma específica e intransferível.

Existem grandes diferenças nos critérios para outorga entre os estados federados em relação às águas superficiais (GARRIDO, 2003). A vazão a ser outorgada varia com o regime do rio e em função da legislação estadual. Para rios perenes, a outorga é usualmente feita com base na vazão mínima de sete dias de duração e período de retorno de 10 anos ($Q_{7,10}$) ou nas vazões mínimas associadas às permanências de 95% ($Q_{95\%}$) e 90% ($Q_{90\%}$), atribuindo-se valores percentuais às mesmas, ou seja, outorgando-se apenas parte desses valores de vazões mínimas.

Tendo em vista a importância da Bacia do Rio Dourados, procedeu-se, no presente trabalho, à análise da variação do comportamento hidrológico (precipitação média anual, vazão média anual, vazão máxima anual, vazão mínima anual com sete dias de duração, vazão associada à permanência de 95% e coeficiente de deságüe) da bacia, tomando-se, para tanto, dados observados na estação Porto Wilma, situada próxima à foz da bacia.

MATERIAL E MÉTODOS

Para a realização do estudo, analisaram-se os dados consistidos de 17 estações pluviométricas e de uma estação fluviométrica pertencentes à rede hidrometeorológica da Agência Nacional de Águas (ANA). A estação fluviométrica selecionada, denominada de Porto Wilma (64610000),

situa-se no Rio Dourados e apresenta área de drenagem de 8.887 km², representando 96,5% da bacia do Rio Dourados, refletindo, portanto, o próprio comportamento da bacia.

Na Tabela 1, estão apresentadas as estações pluviométricas utilizadas no estudo, bem como seus códigos e coordenadas geográficas em que se situam.

TABELA 1. Estações pluviométricas utilizadas no estudo, códigos e coordenadas geográficas.

Código	Estação	Latitude (S)	Longitude (W)
2154000	Aroeira	21°38'47"	54°25'27"
2154001	Porto Rio Brilhante	21°47'47"	54°37'21"
2154006	Retiro Guarujá	21°53'58"	54°03'19"
2253000	Ivinhema	22°22'59"	53°31'50"
2253015	Fazenda Jangada	22°32'42"	54°01'40"
2254000	Caarapo	22°37'27"	54°49'27"
2254001	Dourados	22°23'49"	54°47'30"
2254003	Glória de Dourados	22°24'18"	54°14'06"
2254004	Porto Wilma	22°04'28"	54°11'18"
2254005	Itapora	22°04'32"	54°47'00"
2255002	Antônio João	22°11'08"	55°56'30"
2255003	Bocaja	22°43'50"	55°14'26"
2255004	Itahum	22°05'17"	55°21'06"
2353048	Fazenda Vaca Branca	23°04'23"	53°49'10"
2354000	Naviraí	23°03'47"	54°12'01"
2354002	Flórida	22°58'13"	54°33'47"
2355000	Amambaí	23°05'57"	55°14'26"

Na Figura 1, estão apresentadas a bacia do Rio Dourados, a hidrografia (com destaque no Rio Dourados) e as localizações das estações fluviométrica e pluviométricas utilizadas no estudo.

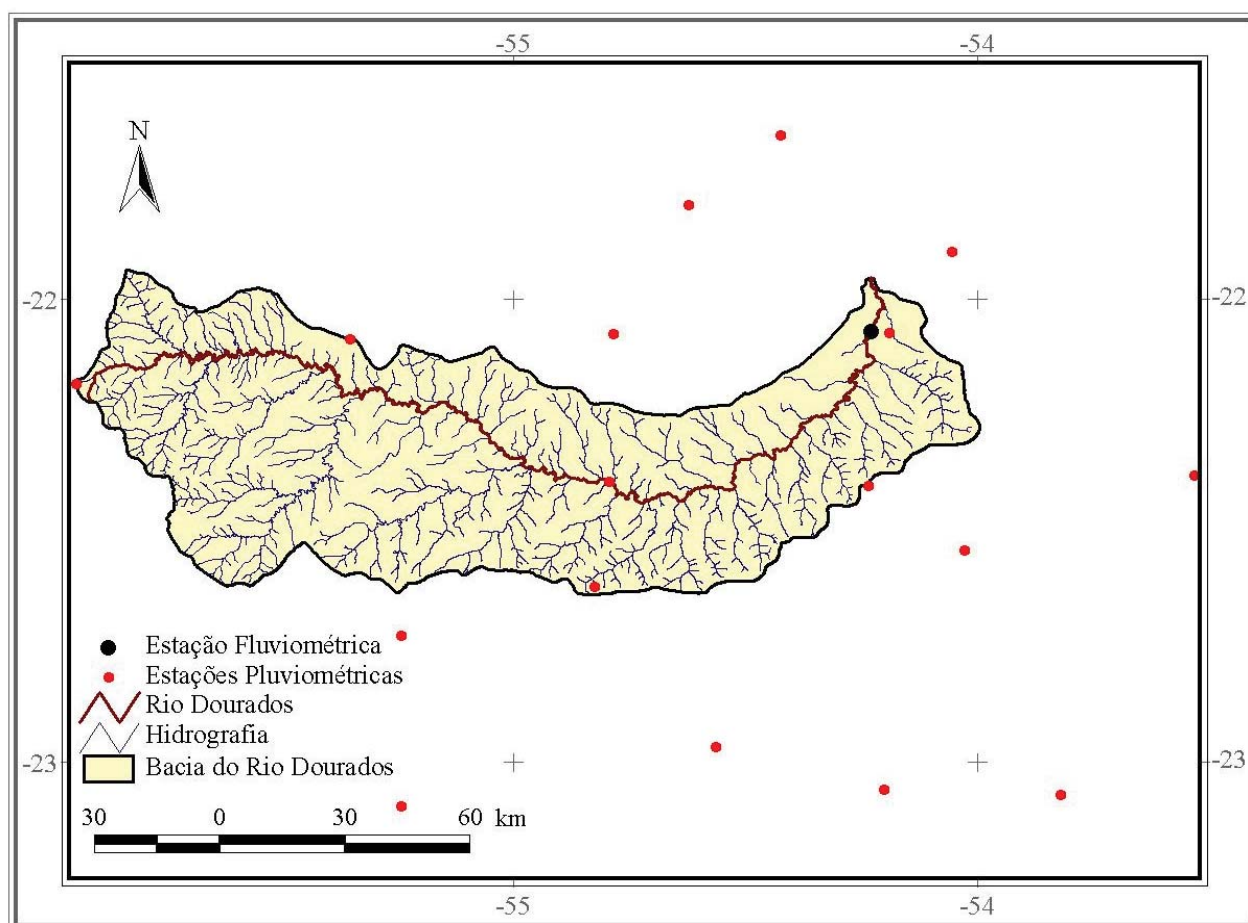


FIGURA 1. Bacia do Rio Dourados, hidrografia e estações fluviométrica e pluviométricas utilizadas.

Com base na análise dos dados disponíveis, optou-se por selecionar o período-base de 1973 a 2002 para a realização do estudo. Para o cálculo da precipitação média na área de drenagem da estação Porto Wilma, utilizou-se do método do Polígono de Thiessen, segundo EUCLYDES & FERREIRA (2002).

Pela análise dos dados consistidos, obteve-se a vazão média anual, a qual, quando dividida pela área de drenagem correspondente à estação fluviométrica considerada, deu origem à vazão específica média.

A vazão máxima anual utilizada foi a correspondente ao maior valor da vazão diária observada para cada ano considerado. As vazões utilizadas para a caracterização dos eventos mínimos foram a vazão mínima, com sete dias de duração (Q_7); a vazão mínima, com sete dias de duração e período de retorno de 10 anos ($Q_{7,10}$), e a vazão associada à permanência de 95% ($Q_{95\%}$), freqüentemente utilizadas em procedimentos de outorga de uso da água.

Para a obtenção da $Q_{7,10}$, foi empregado o programa RH 3.0 (EUCLYDES et al., 1999). A $Q_{95\%}$ foi obtida segundo a metodologia proposta por TUCCI (2000), a partir da análise da freqüência de ocorrência das vazões diárias, retratando a parcela de tempo que determinada vazão é igualada ou superada durante o período analisado.

Utilizou-se, também, do coeficiente de deságüe caracterizado pela relação entre o volume que escoou pela seção de deságüe considerada e o volume total precipitado, sendo esse obtido pela eq.(1):

$$C = \frac{V_{te}}{V_{tp}} \quad (1)$$

em que,

C - coeficiente de deságüe, adimensional;

V_{te} - volume escoado na seção de deságüe, m^3 , e

V_{tp} - volume total precipitado, m^3 .

De posse dos dados de precipitação, vazão média, vazão máxima anual, vazão mínima anual com sete dias de duração e coeficiente de deságüe, construíram-se gráficos representando, para cada uma das variáveis estudadas, a sua variação no período analisado.

Para cada gráfico, foi gerada uma linha de tendência, obtida por meio de análise de regressão linear simples [eq.(2)], mostrando a propensão de mudança das variáveis estudadas no período analisado.

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X \quad (2)$$

em que,

Y - variável dependente, precipitação ou vazão;

X - variável independente, ano, e

β_0, β_1 - parâmetros ajustados na regressão pelo método dos mínimos quadrados, adimensional.

Uma vez obtida a equação representativa da tendência de variação da variável considerada ao longo do tempo, foi calculada a variação absoluta (ΔAbs) pela expressão:

$$\Delta Abs = V_f - V_i \quad (3)$$

em que,

V_f - valor da variável estudada para o final do intervalo considerado, e

V_i - valor da variável estudada para o início do intervalo considerado.

A variação relativa (ΔRel) pertinente à variável considerada foi obtida pela eq.(4):

$$\Delta Rel = \frac{\Delta Abs}{V_i} 100 \quad (4)$$

Feito o ajuste da equação de regressão, foi também analisada a significância dos parâmetros da equação, a fim de avaliar a probabilidade de que esses sejam estatisticamente diferentes de zero, ou seja, de que a variação da variável dependente (precipitação ou vazão) seja decorrente da alteração atribuída à variável independente (ano).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analizando o mapa de isoietas relativo à precipitação média anual na bacia em estudo (Figura 2), pode-se verificar que a precipitação na região de cabeceira chega a atingir valores superiores a 1.700 mm, decrescendo em direção à foz, onde se verificam precipitações médias anuais inferiores a 1.300 mm. Essa redução equivale à variação da ordem de 28,6% para uma área de 8.887 km², evidenciando grande variação da precipitação na bacia.

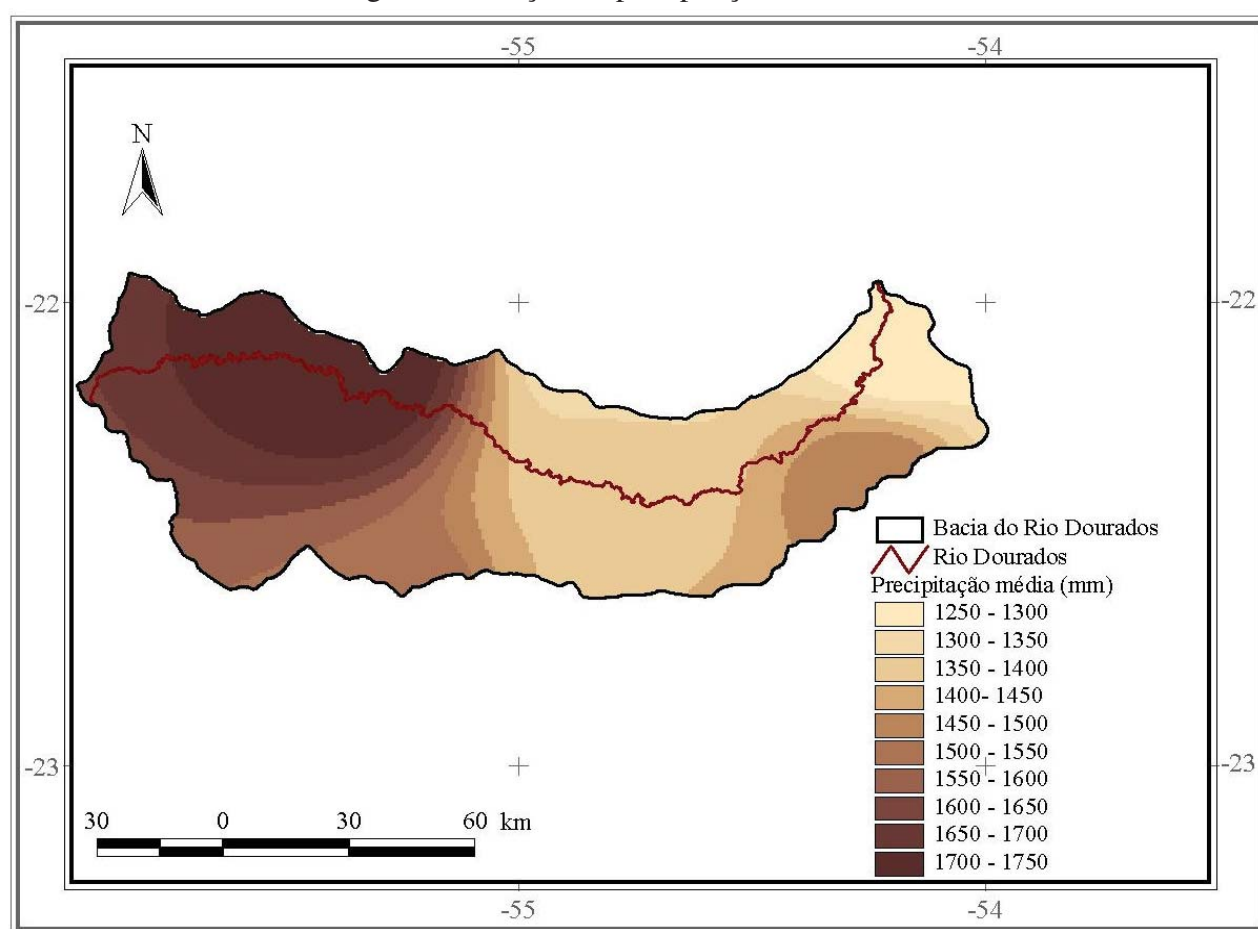


FIGURA 2. Distribuição espacial da precipitação média anual na Bacia do Rio Dourados, considerando o período de 1973 a 2002.

Na Figura 3, representa-se a distribuição da precipitação média mensal, verificando-se que o regime de precipitação apresenta oscilação unimodal, sendo de outubro a março os meses mais chuvosos, superiores a 150 mm, correspondendo a 66% do total anual precipitado na bacia. As precipitações médias mensais variaram desde valores inferior a 36 mm e superior a 186 mm, sendo a precipitação média anual na área de drenagem da bacia de 1.485 mm.

Na Figura 4, que apresenta a vazão média mensal para a Bacia do Rio Dourados, é possível também observar a defasagem temporal entre a precipitação e a vazão escoada no rio. Verifica-se que, enquanto a precipitação começa a aumentar em agosto, o aumento nas vazões médias mensais

somente começa a ser percebido a partir de setembro. Assim, as precipitações ocorridas nesse período são, em sua maioria, convertidas em aumento da umidade do solo e em evapotranspiração real, a qual, durante o período mais seco, permanece com valores abaixo da evapotranspiração de referência em virtude da restrição decorrente da baixa umidade do solo.

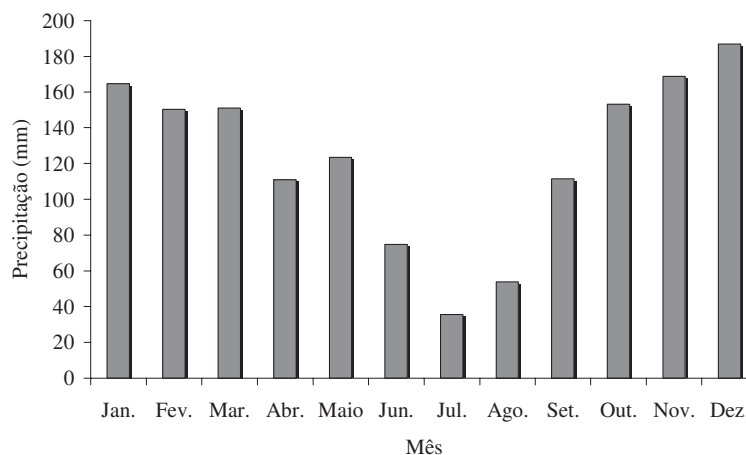


FIGURA 3. Precipitação média mensal na área de drenagem da Bacia do Rio Dourados, considerando o período de 1973 a 2002.

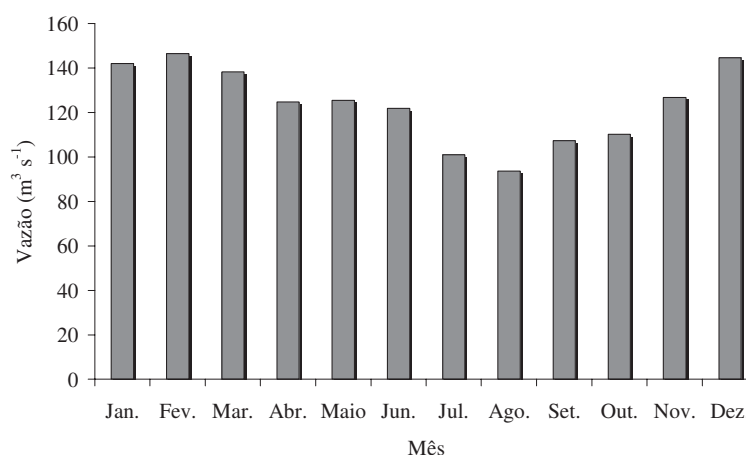


FIGURA 4. Vazão média mensal na área de drenagem da Bacia do Rio Dourados, considerando o período de 1973 a 2002.

A vazão média mensal, para a Bacia do Rio Dourados, variou de $93,5 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ (agosto) a $146,5 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ (fevereiro), sendo a vazão média anual de $123,4 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$. A vazão específica média de longa duração foi de $13,9 \text{ L s}^{-1} \text{ km}^{-2}$. Em novembro, dezembro e janeiro, meses com as maiores precipitações, as vazões são inferiores à encontrada em fevereiro, mês em que, devido à elevada umidade do solo e à grande recarga do lençol freático advindos das precipitações anteriores, há maior contribuição do escoamento subterrâneo e, principalmente, maior propensão para a ocorrência do escoamento superficial.

Associando os totais mensais de precipitação do mês anterior às vazões médias mensais, encontrou-se uma função exponencial que descreve a vazão média mensal na área de drenagem da Bacia do Rio Dourados, por meio da expressão:

$$Q_{m(i)} = 86,0 \exp(0,0028 P_{m(i-1)}) \quad (R^2 = 0,87) \quad (5)$$

em que,

$Q_{m(i)}$ - vazão média mensal referente ao mês (i), e

$P_{m(i-1)}$ - precipitação total mensal referente ao mês (i - 1).

As variações da precipitação média anual, da vazão média anual, da vazão máxima anual e da vazão mínima anual com sete dias de duração para a Bacia do Rio Dourados são representadas na Figura 5. Observa-se que a precipitação média anual apresenta tendência de aumento com o tempo (Figura 5a), sendo esse à taxa estimada (β_1) de $7,2 \text{ mm ano}^{-1}$. A variação absoluta (ΔAbs) foi de $210,1 \text{ mm}$, a variação relativa (ΔRel) foi de $15,2\%$ e a significância da variação (Sign) foi de $78,3\%$.

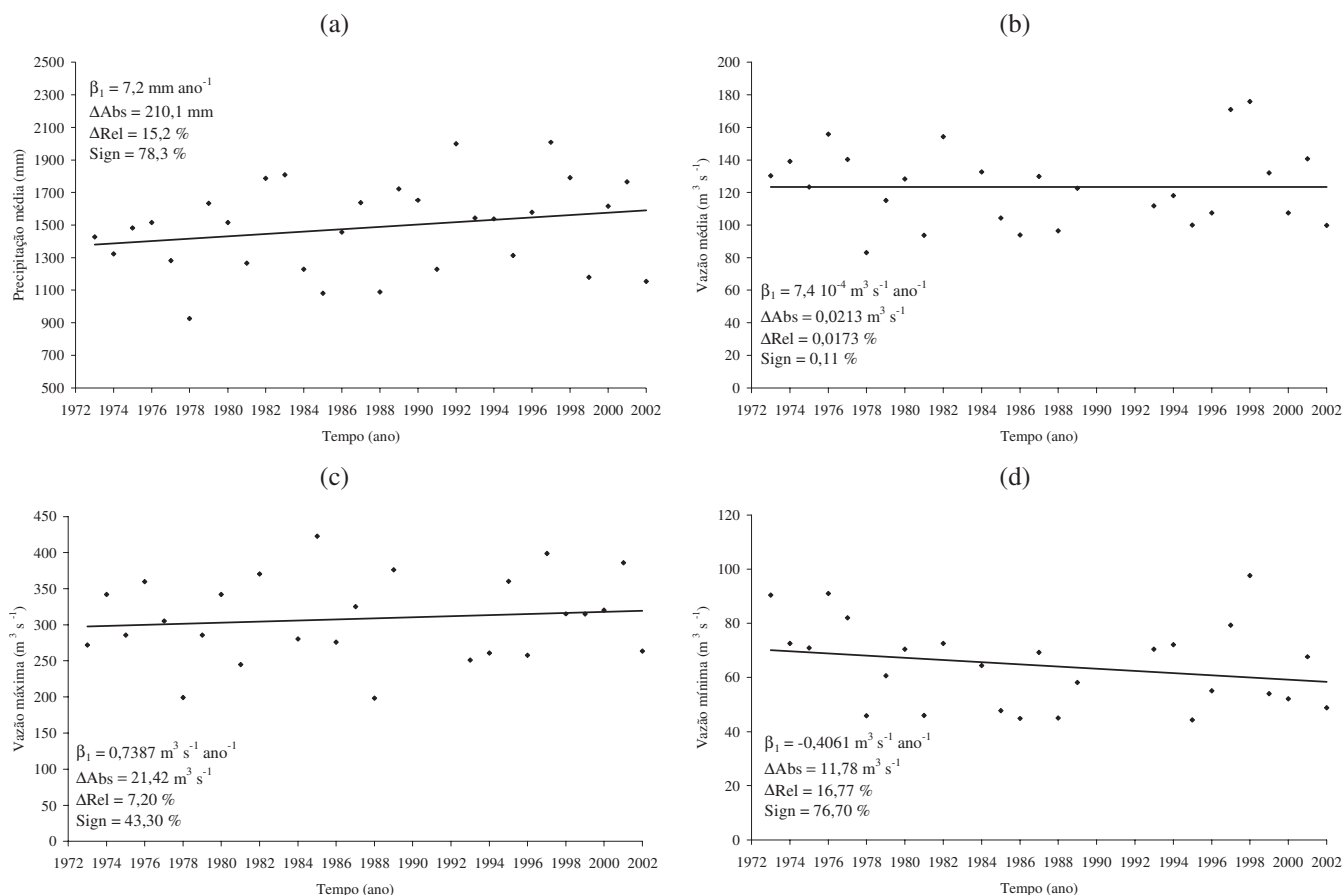


FIGURA 5. Precipitação média anual (a); vazão média anual (b); vazão máxima anual (c), e vazão mínima com sete dias de duração (d) durante o período de 1973 a 2002, para a Bacia do Rio Dourados.

Apesar do aumento observado na precipitação, o crescimento evidenciado na vazão média anual (Figura 5b) foi pequeno, com taxa de $7,4 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, sendo a significância para esse parâmetro muito baixa ($0,11\%$). A vazão máxima (Figura 5c), entretanto, teve tendência de crescimento de $0,74 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ ($\text{Sign} = 43,3\%$), decorrente do aumento evidenciado na precipitação média, nos meses mais chuvosos.

As significâncias associadas às variações da vazão média anual e da vazão máxima anual com o tempo foram inferiores a 50% , o que mostra a pequena significância dessas variações. O mesmo não se pode dizer em relação às variações da precipitação média anual e da vazão mínima anual com sete dias de duração (Figura 5d), sendo constatada tendência de decréscimo de $0,41 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ ($\Delta\text{Rel} = 16,8\%$; $\text{Sign} = 76,7\%$) para a vazão mínima.

A alta variação relativa e a elevada significância obtida para a vazão mínima com sete dias de duração são indicativos da interferência nas condições de escoamento do Rio Dourados nos meses com menor incidência de precipitação. Isso pode ser decorrente, dentre outros fatores, de uso consuntivo do crescimento da agricultura irrigada na região, a qual tem o seu máximo consumo de água exatamente no período seco, quando se detecta a maior interferência na vazão observada.

A vazão de permanência de 95% encontrada na foz do Rio Dourados foi de $60,0 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, significando que em 95% do tempo se espera encontrar vazão maior ou igual a essa, enquanto a vazão mínima de sete dias de duração e período de retorno de 10 anos foi de $44,7 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$. Comparando essas vazões mínimas, freqüentemente utilizadas em estudos de outorga de uso de água superficial, verifica-se que a $Q_{95\%}$ foi 34% superior em relação à $Q_{7,10}$.

Considerando o critério citado por GARRIDO (2003) como sendo o adotado em rios de domínio da União (correspondente a 70% da $Q_{95\%}$), observa-se que a vazão possível de ser atualmente outorgada, na Bacia do Rio Dourados, corresponde a $42,0 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$.

Apesar do aumento da precipitação média na bacia, o coeficiente de deságüe (Figura 6) apresentou tendência de decaimento ao longo do tempo, com decréscimo de $1,48 \cdot 10^{-3}$ ($\Delta\text{Rel} = 13,3\%$), sendo o valor médio anual da ordem de 30% do total precipitado convertido em escoamento na seção de deságüe. A variação do coeficiente de deságüe teve alta significância (82,2%) durante o período considerado, mostrando, mais uma vez, a alta interferência da retirada d'água do Rio Dourados na vazão média de longa duração. Esse fato justificaria a potencialidade que o uso de reservatórios de acumulação representaria para a agricultura irrigada na bacia.

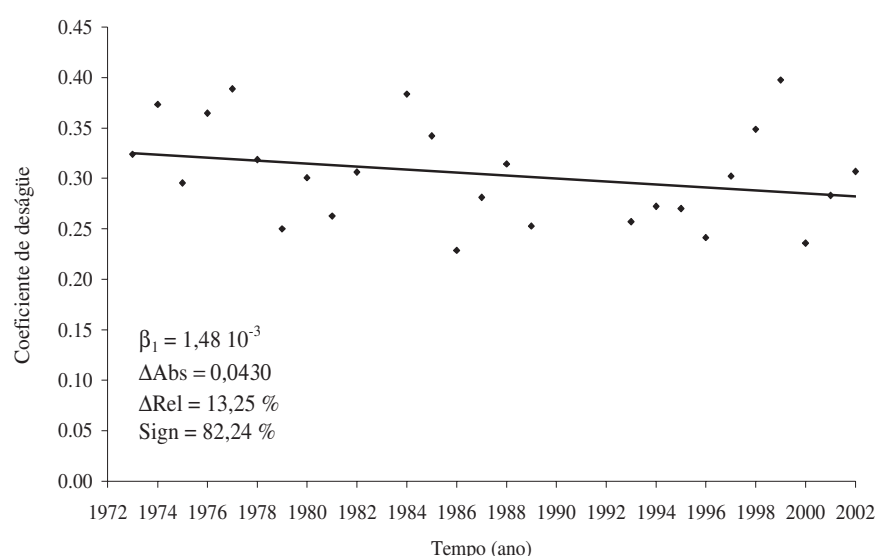


FIGURA 6. Coeficiente de deságüe (C) na Bacia do Rio Dourados relativo ao período de 1973 a 2002.

CONCLUSÕES

A precipitação média decresce da nascente para a foz na Bacia do Rio Dourados.

O regime de precipitação apresenta oscilação unimodal, sendo o período mais chuvoso o compreendido entre outubro e março.

As vazões médias mensais máximas são evidenciadas em fevereiro.

As significâncias associadas às variações da vazão média anual e vazão máxima anual com o tempo são pequenas.

A tendência de diminuição da vazão mínima com sete dias de duração e do coeficiente de deságüe com o tempo, associada às altas significâncias dessas variáveis hidrológicas mostram a nítida interferência nas condições de escoamento do Rio Dourados durante os meses com menor incidência de precipitação, decorrente, sobretudo, do crescimento do uso da agricultura irrigada na bacia.

REFERÊNCIAS

- AYRES, M.C.R. *Sistema de abastecimento de água potável no município de Dourados - MS: caracterização e análise*. 2000. 78 f. Dissertação (Mestrado Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2000.
- BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. *Política Nacional de Recursos Hídricos*. Brasília: MMA/SRH, 1997.
- EUCLYDES, H.P.; FERREIRA, P.A. *Sub-Bacias do Alto e Médio São Francisco*. Recursos Hídricos e Suporte Tecnológico a Projetos Hidroagrícolas. Viçosa: UFV/RURALMINAS, 2002. 258 p. (Boletim Técnico, n.6).
- EUCLYDES, H.P.; SOUSA, E.F.; FERREIRA, P.A.; RUBERT, A.V.; SANTOS, W.L. *RH 3.0 - Regionalização hidrológica: manual do programa*. Viçosa - MG: UFV/DEA; Brasília: MMA; Belo Horizonte: RURALMINAS, 1999. 126 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).
- MATO GROSSO DO SUL. Secretaria de Meio Ambiente. Fundação Estadual de Meio Ambiente Pantanal. Coordenadoria de Recursos Hídricos e Qualidade Ambiental. Divisão Centro de Controle Ambiental. *Microbacia hidrográfica do Rio Dourados: diagnóstico e implantação da rede básica de monitoramento da qualidade das águas*. Campo Grande, 2000. 78 p.
- PEIXOTO, P.P.P. *Bases para aproveitamento e gerenciamento de recursos hídricos na região de Dourados - MS*. 2002. 98 f. Tese (Doutorado em Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2002.
- PEREIRA, S.B. *Evaporação no lago de Sobradinho e disponibilidade hídrica no rio São Francisco*. 2004. 105 f. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos e Ambiental) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2004.
- TUCCI, C.E.M. (Org.). *Hidrologia: ciência e aplicação*. 2.ed. Porto Alegre: Ed. Universidade/ UFRGS/ABRH, 2000. 94 p.